

АГРОХИМИЯ И ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.481; 631.445
doi: 10.17223/19988591/50/1

Б.А. Смоленцев, Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Буроземы Кузнецкого Алатау, их свойства и разнообразие

Работа выполнена по государственному заданию
Института почвоведения и агрохимии СО РАН.

Приведены итоги изучения буроземов в пределах горного массива Кузнецкий Алатау (КА) в границах Кемеровской области. Согласно полученным данным, они представлены двумя типами почв: буроземы и буроземы грубогумусовые. Установлены классификационное разнообразие этих почв на уровне подтипа, рода и вида, а также морфологические свойства и диагностические признаки выделенных таксонов. Выявлены генетические особенности типов и подтипов буроземов типичных и буроземов грубогумусовых, а также некоторые закономерности их пространственного распределения по территории КА и их связь с факторами почвообразования. Показано влияние почвообразующих пород на состав и свойства буроземов. Получены аналитические данные, характеризующие их физические, химические и физико-химические свойства. Впервые для КА выделены буроземы темнопрофильные и дана их характеристика. Результаты исследования могут быть использованы для оценки состояния почв и проведения мониторинга почвенного покрова как важнейшего компонента ландшафтной среды Кузнецкого Алатау.

Ключевые слова: горные почвы; камбисоли; инсептисоли; гумидное почвообразование; Cambisols; Inseptsols.

Введение

Согласно Классификации и диагностике почв России [1, 2] буроземами являются почвы со структурно-метаморфическим горизонтом ВМ, имеющим гомогенную коричневую (бурую) окраску и хорошую агрегацию. Эти почвы имеют слабокислую или кислую реакцию среды, отличаются слабой дифференциацией профиля на горизонты и по гранулометрическому составу. На уровне самостоятельного почвенного типа буроземы (Braunerde) впервые были выделены в Западной Европе в 1905 г. Е. Рамманом [3]. Ареал этих почв вначале ограничивался широколиственными лесами равнинных областей Европы, затем был распространен на горные районы европейской части СССР с умеренно теплым климатом и лесными фитоценозами (Крым,

Кавказ) [4, 5], а также на Дальний Восток [6]. Позже появились публикации о формировании бурых лесных почв в горно-таежных районах Урала [7, 8], Западной и Восточной Сибири [9]. Последующие региональные исследования окончательно доказали распространение бурых лесных почв в горном окаймлении Западной Сибири [10–13]. Таким образом, географический ареал проявления буроземообразования, ограничиваемый вначале областями распространения широколиственных лесов, был значительно расширен и стал включать не только равнинные, но и горные территории с континентальным климатом и как лиственными, так и темнохвойными лесами.

В международной системе почвенной классификации WRB [14] почвы с бурым недифференцированным профилем относятся к реферативной группе Cambisols с диагностическим горизонтом cambic. Признаками почвообразования в них являются: формирование структуры, приповерхностное побурение исходной окраски, увеличение содержания ила и / или выщелачивание карбонатов [14]. Cambisols рассматриваются как относительно молодые почвы, возраст которых объясняется молодостью субстратов или медленной скоростью почвообразовательных процессов в холодном климате. В глобальном масштабе эти почвы распространены в широком спектре ландшафтов и обладают большим разнообразием свойств. Камбисоли занимают около 17% поверхности суши без учета ледникового покрова [15]. В национальных системах классификации почв аналогами центрального образа Cambisols являются Braunerden и Terrae fuscae (Германия), Sols bruns (Франция) и Tenosols (Австралия) [15]. В США подобные почвы ранее назывались Brown soils /Brown forest soils, а теперь переименованы в Inceptisols [16].

За период, прошедший со времени начала исследований буроземов азиатской части России, достигнуты определенные успехи. Однако географические регионы отличаются между собой сильной неравномерностью изученности. Так, за два десятилетия XXI в. много публикаций посвящено буроземам Дальнего Востока [17–25]. Наряду с общими вопросами генезиса и эволюции буроземов [17–20] выявлены некоторые региональные особенности свойств и признаков этих почв [21–23], для ряда территорий показана их полигенетичность [24]. Буроземы отражены и на цифровых региональных почвенных картах [25].

В последнее десятилетие активно исследуются буроземы Восточной Сибири и Забайкалья. В публикациях отмечено распространение буроземов и буроземов грубогумусовых в горно-таежном поясе Прибайкалья [26], Бурятии [27, 28], Забайкалья [29]. Исследуются также буроземы в Уральском регионе, так, установлено распространение различных типов буроземов (буроземов, буроземов грубогумусовых и темногумусовых) на Среднем Урале [30]. Доказано, что на Северном Урале буроземы характерны только для высокотравных типов леса [31]. В горно-таежном поясе Приполярного Урала выделены буроземы элювиированные [32]. Отмечено фрагмен-

тарное развитие буроземов глеевых в единичных экологических нишах в суровых климатических условиях Полярного Урала [33]. Что касается территории Западной Сибири, то сведения о буроземах за последнее десятилетие XXI в. немногочисленны [34–39] и не всегда содержат характеристики, соответствующие современным требованиям. Вместе с тем изучение буроземов, их свойств, генезиса, разнообразия и закономерностей пространственного распределения, является актуальным в различных регионах мира [40–46].

Буроземы Кузнецкого Алатау, описанные как бурые лесные почвы, впервые диагностировал и изучил Н.И. Ильиных [10] в границах Красноярского края. В Кемеровской области были выделены два основных ареала бурых лесных почв в пределах Кузнецкого Алатау (КА) [10, 13] и Горной Шории [12]. За последние более чем 40 лет новой информации о бурых лесных почвах КА опубликовано очень мало. Некоторые исследователи новейшего периода [34] считают горно-лесные бурые почвы своеобразным почвенным типом, характерным для хвойных лесов среднегорий Алтае-Саянской горной страны. По оценке этих авторов, на территории Кемеровской области площадь этих почв составляет 199,6 тыс. га, или 2,2% от общей площади ее почвенного покрова [34]. Однако эта работа не содержит новых аналитических данных о свойствах бурых лесных почв, и характеристика их дана на основе представлений, сложившихся в 70-е гг. XX в. Данная работа посвящена изучению буроземов Кузнецкого Алатау на базе современных диагностических принципов субстантивно-генетической классификации почв России, что в силу существующего пробела в изученности генезиса и географии буроземов КА актуально.

Материалы и методики исследования

Кузнецкий Алатау (КА) – это вытянутый в субмеридиональном направлении северный отрог Алтае-Саянской горной страны (рис. 1, А). В геоморфологическом отношении КА представляет собой совокупность средневисотных носящих глыбовый характер горных массивов, разобщенных сложной системой глубоких речных долин [47]. В основе всех его орографических подразделений лежат тектонические структуры. Климат КА в целом характеризуется как холодный гумидный [34].

Исследования проведены на территории Государственного природного заповедника «Кузнецкий Алатау» (Кемеровская область) в пределах горно-лесного и высокогорного высотных поясов, где буроземы занимают 67% площади. Пространственное размещение буроземов на исследованной территории показано на рис. 1, В. Почвообразующими породами для изученных почв являются бурые глины и тяжелые суглинки четвертичного возраста делювиального или делювиально-пролювиального происхождения [13].

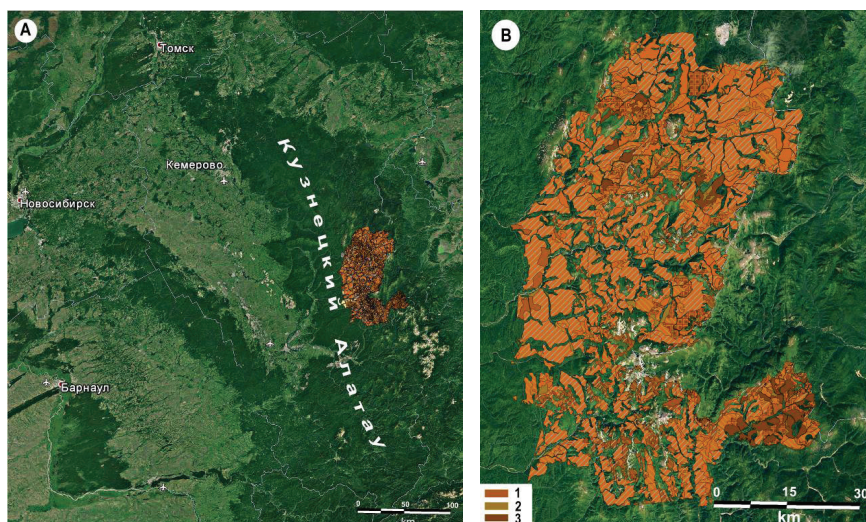


Рис. 1. Местоположение объекта исследований – *A*; *B* – пространственное размещение буроземов на исследуемой территории: 1 – буроземы типичные и их комбинации с буроземами других типов; 2 – буроземы глееватые; 3 – буроземы грубогумусовые

[Fig. 1. Research object location - *A*; *B* - Distribution of Cambisols in the study area:

1 - Dystric Endoleptic Cambisols; 2 - Eutric Gleyic Endoleptic Cambisols;

3 - Dystric Follic Endoleptic Cambisols]

По химическому составу почвообразующие породы некарбонатные и очень редко слабокарбонатные. Маршрутные исследования и заложение ключевых участков проведены в ходе полевых работ 2014–2016 гг. Для диагностики почв использована классификация почв России [1] и дополнение к ней [2]. Для аналитической характеристики почв выбраны 10 почвенных профилей (табл. 1), в образцах из которых выполнены анализы по общепринятым методам. Основные методы исследования – сравнительно-географический, профильно-генетический и сравнительно-аналитический. Показатели гумусного состояния почв оценивались по Гришиной и Орлову [48].

В результате проведенных исследований выделены 2 типа буроземов и 9 подтипов (табл. 2). Типы диагностированы по характеру поверхностного горизонта: буроземы и буроземы грубогумусовые. Изученные буроземы КА расположены на склонах различной экспозиции и крутизны преимущественно под пихтовыми и кедрово-пихтовыми лесами, а также на границе горно-таежного и субальпийского поясов под пихтовым и кедровым редколесьем. Общая формула профиля буроземов АУ–ВМ–С, что соответствует типичному подтипу (рис. 2, *A*). Поверхностный горизонт в буроземах – серогумусовый (АУ). Он имеет бурую или буровато-серую окраску, мелкокомковатую структуру со значительным количеством копролитов. Мощность горизонта колеблется от 5 до 30 см, иногда по структуре он делится на подгорizontы. При обследовании выявлено 5 подтипов буроземов (табл. 2).

Таблица 1 [Table 1]

Характеристика объектов исследования
[Characteristics of the research objects]

№ разреза Координаты [Profile number and its coordinates]	Название почвы [Soil]	Абс. высота, м н.у.м. [Absolute height, m a.s.l]	Рельеф, уклон ° [Relief]	Фитоценоз [Phytocenosis]
<u>3</u> 54°56'43"N 88°21'48"E	Бурозем типичный [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	594	Склон южной экспозиции [South-facing slope], 11°	Лес пихтовый разнотравно-вейниковый [Fir forb and reed forest]
<u>37</u> 54°9'53"N 88°8'27"E	Бурозем типичный [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	433	Склон восточной экспозиции [East-facing slope], 5–7°	Лес березово-пихтовый разнотравно-папоротниковый [Birch-fir forb and fern forest]
<u>20</u> 54°54'47"N 88°23'54"E	Бурозем глинисто-иллювирированный [Dystric Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]	858	Склон юго-западной экспозиции [Southwest-facing slope], 17°	Лес кедрово-пихтовый мелкотравно-вейниковый [Cedar-fir small grass reed forest]
<u>65</u> 54°18'33"N 87°59'55"E	Бурозем элюви-рованный [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	518	Вершина хребта [Top of the ridge], 2–3°	Лес пихтовый разнотравно-папоротниковый [Fir forb and fern forest]
<u>121</u> 54°22'26"N 88°55'42"E	Бурозем глееватый [Eutric Gleyic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	871	Ложбина стока на западном склоне, верхняя часть [Run-off hollow on the western slope, the upper part], 2–3°	Луг крупнотравно-вейниковый [Tall grass reed meadow]
<u>114</u> 54°21'18"N 88°55'31"E	Бурозем темно-профильный [Eutric Endoleptic Cambisol (Profundihumic, Loamic)]	911	Вершина хребта [Top of the ridge], 3–4°	Лес пихтовый разреженный крупнотравный [Sparse tall grass fir forest]
<u>101</u> 54°20'46"N 88°23'58"E	Бурозем грубогумусовый типичный [Dystric Follic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	1216	Склон южной экспозиции [South-facing slope], 10°	Луг субальпийский крупнотравный [Subalpine tall grass meadow]
<u>104</u> 54°19'37"N 88°23'58"E	Бурозем грубогумусовый глееватый [Dystric Gleyic Follic Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]	1264	Склон южной экспозиции [South-facing slope], 10–11°	Луг субальпийский чемериочно-разнотравный [Subalpine hellebore-forb forest]
<u>107</u> 54°18'39"N 88°23'23"E	Бурозем грубогумусовый глинисто-иллювирированный [Dystric Follic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	999	Склон южной экспозиции [South-facing slope], 15°	Лес березово-пихтовый папоротниковый [Birch-fir fern forest]

Окончание табл. 1 [Table 1 (end)]

№ разреза Координаты [Profile number and its coordinates]	Название почвы [Soil]	Абс. высота, м н.у.м. [Absolute height, m a.s.l.]	Рельеф, уклон ° [Relief]	Фитоценоз [Phytocenosis]
97 54°19'48"N 88°25'13"E	Бурозем грубогумусовый элювиированный [Dystric Folie Endoleptic Cambisol (Humic, Loamic)]	1181	Вершина хребта, ровный участок [Top of the ridge, flat area], 1–2°	Луг субальпийский с березовым криволесьем [Subalpine forest with birch krummholz]

Результаты исследования и обсуждение

Элювиированные буроземы диагностированы по присутствию в нижней части гумусового горизонта осветленного материала в виде минеральных зерен, рассеянных в массе горизонта (белесая / пылеватая присыпка). Буроземы глинисто-иллювиированные выделены по наличию тонких фрагментарных глинистых и гумусово-глинистых пленок иллювиирования (кутан) по граням структурных отдельностей, ходам корней и трещинам. Этот признак свидетельствует о локальном перемещении илистой фракции в почвах. Глееватый подтип буроземов выделен по признакам перераспределения несиликатных оксидов железа в условиях периодического застойного увлажнения, что проявляется в виде сизоватых и охристо-ржавых пятен в средней и нижней частях профиля почвы. Буроземы глееватые (рис. 2, В) встречаются в верхних частях склоновых ложбин стока и на речных террасах под крупнотравно-лабазниковыми, чемеричными или крупнотравно-вейниковыми влажными лугами.

Таблица 2 [Table 2]

Таксономическая характеристика буроземов Кузнецкого Алатау
[Taxonomic characteristics of the Kuznetsk Alatau Cambisols]

Название типа и подтипа почвы [The name of the soil, WRB, 2014]	Формула профиля [Profile formula]
СТВОЛ ПОСТЛИТОГЕННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ [Postlithogenic soil formation]	
Отдел: Структурно-метаморфические почвы [Group: Structural-metamorphic soils]	
Тип: Буроземы (AY–BM–C) [Type: Cambisols (AY–BM–C)]	
Буроземы типичные [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	AY–BM–Cm
Буроземы элювиированные [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	AY–AYel–BM–C
Буроземы глинисто-иллювиированные [Dystric Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]	AY–BMi–Cm
Буроземы глееватые [Eutric Gleyic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	AY–(AY) BMg–Cg
Буроземы темнопрофильные [Eutric Endoleptic Cambisol (Profundihumic, Loamic)]	AYu–BMu–Cu

Окончание табл. 2 [Table 2 (end)]

Название типа и подтипа почвы [The name of the soil, WRB, 2014]	Формула профиля [Profile formula]
Тип: Буроземы грубогумусовые (АО–ВМ–С)	
Буроземы грубогумусовые типичные [Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]	АО–ВМ–С
Буроземы грубогумусовые элювиированные [Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Loamic)]	АО–АYeI– ВМ–Сm
Буроземы грубогумусовые глинисто-иллювиированные [Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Loamic)]	АО–ВМi–Сm
Буроземы грубогумусовые глееватые [Dystric Gleyic Folic Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]	АО–ВМg–Сg

Буроземы темнопрофильные (рис. 2, С) приурочены к делювиальным су-глинкам, содержащим продукты выветривания углеродосодержащих сланцев [47]. Эти породы содержат литогенное органическое вещество, которое неравномерно окрашивает профиль почв, в том числе и структурно-метаморфический горизонт ВМ, в серый цвет, что отличает буроземы темнопрофильные от буроокрашенных подтипов (см. рис. 2, С). Буроземы темнопрофильные, на наш взгляд, представляют особый интерес с научной точки зрения. Если остальные подтипы (глееватые, элювиированные) ранее выделялись на территории КА [10, 13, 34] и на соседних территориях, например в Горной Шории [12], то о темнопрофильном подтипе есть упоминание только в одной работе [35], однако его подробная характеристика, включающая аналитические данные, отсутствует.

Буроземы грубогумусовые встречаются на верхней границе горно-лесного пояса под кедровыми и пихтовыми редколесьями, однако основные их площади в КА приурочены к субальпийскому поясу. Поверхностный горизонт представлен грубогумусовым АО. Он имеет темно-бурю окраску (темнее, чем серогумусовый) и высокое содержание органического вещества (20–40%). Иногда грубогумусовый горизонт сочетается с серогумусовым, в этом случае АО является поверхностным, а АУ расположен под ним. В составе этого типа было выделено четыре подтипа: типичные, элювиированные, глинисто-иллювиированные, глееватые. В соответствии с критериями разделения на роды и виды [2] все изученные буроземы относятся к роду «ненасыщенные», а также выделены три вида по мощности гумусового горизонта (маломощные, среднемощные и мощные) и один вид по глубине и месту оглеения в профиле (профильно-оглеенный), характерный для глееватого подтипа. Таким образом, разнообразие буроземов изученной территории характеризуют два типа почв, девять подтипов, один род и четыре вида почв.

Изученные буроземы имеют слабо- и среднеразвитый профиль с мощностью мелкоземистой толщи 40–75 см. Степень скелетности верхних и средних горизонтов слабая (до 5%), в почвообразующей породе – средняя (15–20%). В профиле часто присутствуют одиночные камни размером до 20 см. Гранулометрический состав изученных почв менялся как в пределах

одного профиля, так и по территории КА в целом. Более тяжелый гранулометрический состав имеют буроземы типичные и темнопрофильные (табл. 3). Содержание илистой фракции невелико, и распределение ее по профилю неравномерное: минимальные значения приурочены к серогумусовому горизонту АУ, максимальные – к структурно-метаморфическому горизонту и к почвообразующей породе. Преобладающей фракцией во всех подтипах буроземов является фракция крупной пыли. По соотношению отдельных фракций в горизонтах профиля буроземы делятся на две группы. В одной отмечается преобладание крупной пыли и мелкого песка, в другой – только пылеватых фракций. Максимум содержания фракций ила и физической глины по профилю буроземов приурочен чаще всего к срединному горизонту ВМ.

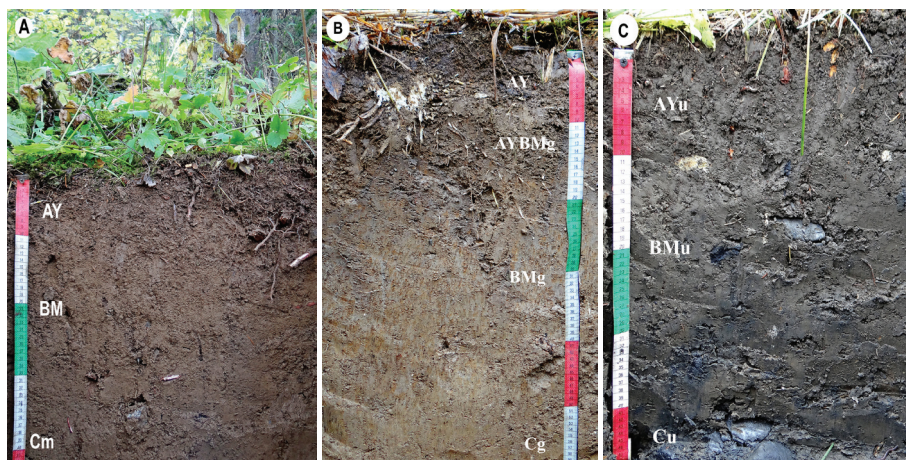


Рис. 2. Профили буроземов: А – бурозем типичный;

В – бурозем глееватый; С – бурозем темнопрофильный. Автор фото Б.А. Смоленцев

[Fig. 2. Cambisol profiles: A - Dystric Endoleptic Cambisols;

B - Eutric Gleyic Endoleptic Cambisols; C - Eutric Endoleptic Cambisol. Photo by Boris A Smolentsev]

Таблица 3 [Table 3]

Гранулометрический состав буроземов Кузнецкого Алатау

[Particle size distribution of the Kuznetsk Alatau Cambisols]

Гори- зонт [Horizon]	Глубина образца, см [Depth, cm]	Содержание фракций [Content of fractions], %						
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01–0,005	0,005– 0,001	<0,001	<0,01
мм								
Разрез 3. Бурозем типичный [Profile 3. Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AY	0–10	3,2	12,5	36,3	15,8	18,7	13,5	48,0
BM	25–35	4,1	9,9	33,8	8,1	22,7	21,4	52,2
Cm	40–50	4,6	11,8	21,0	10,2	13,8	38,6	62,6
Разрез 37. Бурозем типичный [Profile 37. Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AY	0–10	0,2	8,1	44,0	15,4	17,5	14,8	47,7
BM	20–30	0,2	5,1	42,0	16,6	19,3	16,8	52,7
BM	35–45	0,0	5,8	36,1	15,8	20,8	21,5	58,1
Cm	60–70	0,0	3,8	38,7	14,8	24,6	18,1	57,5

Окончание табл. 3 [Table 3 (end)]

Гори- зонт [Horizon]	Глубина образца, см [Depth, cm]	Содержание фракций [Content of fractions], %						
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01–0,005	0,005– 0,001	<0,001	<0,01
мм								
Разрез 20. Бурозем глинисто-иллювирированный [Profile 20. Dystric Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AY	0–8	12,2	19,9	34,0	13,1	15,0	5,8	33,9
BMi	15–25	13,1	14,9	30,8	10,8	18,0	12,4	41,2
Cm	30–40	14,3	12,8	28,4	10,8	18,6	15,1	44,5
Разрез 65. Бурозем элювирированный [Profile 65. Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AY	0–8	0,2	22,1	45,5	11,4	13,6	7,2	32,2
AYel	8–18	0,1	25,0	36,9	15,3	13,8	8,9	38,0
BM	30–40	0,2	4,7	43,7	14,8	21,3	15,3	51,4
C	60–70	0,3	12,2	32,9	15,9	23,0	15,7	54,6
Разрез 121. Бурозем глееватый [Profile 121. Eutric Gleyic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AY	0–10	8,0	29,4	34,3	7,5	13,2	7,6	28,3
AYBMg	10–18	10,4	20,0	31,3	12,3	15,9	10,1	38,3
BMg	30–40	14,2	15,4	29,1	12,1	14,4	14,8	41,3
Cg	60–70	20,0	28,8	22,3	6,8	10,8	11,3	28,9
Разрез 114. Бурозем темнопрофильный [Profile 114. Eutric Endoleptic Cambisol (Profundihumic, Loamic)]								
AYu	0–12	1,3	11,0	36,1	15,7	19,7	16,2	51,6
BMu	16–26	0,5	6,0	29,9	18,3	21,8	23,5	63,6
Cu	35–45	0,6	6,7	22,6	11,2	18,9	41,0	71,1
Разрез 101. Бурозем грубогумусовый типичный [Profile 101. Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AO	0–11	2,4	48,6	33,4	2,3	7,9	5,4	15,6
BM	16–26	3,4	24,0	35,5	11,4	18,6	7,1	37,1
C	40–50	4,3	21,6	34,0	11,0	19,4	9,7	40,1
Разрез 104. Бурозем грубогумусовый глееватый [Profile 104. Dystric Gleyic Folic Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AO	0–10	3,9	57,9	21,3	4,4	7,6	4,9	16,9
AO	10–20	5,4	26,9	36,9	10,8	14,1	5,9	30,8
BMg	30–40	5,2	11,6	31,1	14,0	18,0	20,2	52,2
Разрез 107. Бурозем грубогумусовый глинисто-иллювирированный [Profile 107. Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]								
AO	0–9	0,8	57,6	29,0	4,8	4,4	3,4	12,6
BMi	20–30	1,4	25,9	39,3	10,0	14,6	8,8	33,4
Cm	65–75	1,8	16,8	29,1	15,2	22,0	15,1	52,3
Разрез 97. Бурозем грубогумусовый элювирированный [Profile 97. Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Loamic)]								
AO	0–8	7,6	45,2	34,0	2,2	5,8	5,2	13,2
AYel	8–15	10,7	31,6	32,8	6,6	10,7	7,6	24,9
BM	35–45	18,3	27,5	22,1	11,4	12,7	8,0	32,1
Cm	50–60	16,0	27,5	26,3	8,5	14,0	7,7	30,2

Буроземы грубогумусовые характеризуются супесчаным гранулометрическим составом грубогумусового горизонта (см. табл. 3). Структурно-метаморфический горизонт более тяжелый, среднесуглинистый. Содержание физической глины ниже, чем в буроземах типичных, максимум приурочен к почвообразующей породе, имеющей признаки педогенной метаморфизации. Содержание илистой фракции ниже, чем в буроземах.

Изученные почвы характеризуются кислой реакцией среды во всех горизонтах профиля: pH водной суспензии изменяется в пределах от 3,9 до 7,1,

рН солевой суспензии – от 3,2 до 6,2 (табл. 4). Слабокислую и нейтральную реакцию имеют буроземы типичные и буроземы темнопрофильные, в формировании литогенной матрицы которых принимали участие углеродосодержащие сланцы. Буроземы грубогумусовые – сильно кислые. В их профиле максимально кислым является грубогумусовый горизонт (рН_{сол.} 3,2–3,4). Минимальными значениями суммы обменных оснований характеризуются все буроземы грубогумусовые. В буроземах, в зависимости от подтипа, сумма обменных оснований заметно отличается: максимальные ее значения обнаружены в глееватом и типичном подтипах (Р. 3), средние – в темнопрофильном. Остальные подтипы имеют низкую или очень низкую сумму обменных оснований. Для большинства изученных почв максимальные значения суммы приурочены к поверхностному горизонту и уменьшаются вниз по профилю. Исключением является разрез № 3 бурозема типичного, в котором максимальные значения обменных оснований наблюдаются в структурно-метаморфическом горизонте и метаморфизованной почвообразующей породе, что, на наш взгляд, имеет литогенную причину. Литогенную природу имеет также преобладание поглощенного магния над кальцием в нижней части профиля бурозема темнопрофильного (см. табл. 4). Подобное явление отмечалось ранее для буроземов Урала [8]. Величина гидролитической кислотности значительно варьирует. Максимальные ее значения характерны для грубогумусового горизонта и для буроземов грубогумусовых в целом (см. табл. 4). Низкие значения гидролитической кислотности зафиксированы в буроземах темнопрофильных. Обменная кислотность обусловлена алюминием, максимальные ее значения также обнаружены в буроземах грубогумусовых. По степени насыщенности основаниями изученные почвы делятся на три группы. Минимальные значения встречаются в грубогумусовых буроземах (см. табл. 4), они являются сильно ненасыщенными. Буроземы темнопрофильные и буроземы глееватые характеризуются как слабоненасыщенные. Остальные изученные почвы относятся к категории ненасыщенных.

Содержание углерода органических соединений (Сорг), определенное по методу Тюрина, в верхнем горизонте буроземов низкое и среднее, распределение его по профилю постепенно убывающее. Подтип буроземов темнопрофильных характеризуется повышенным содержанием Сорг в срединном горизонте и почвообразующей породе. Верхний горизонт буроземов грубогумусовых содержит 20–40% органического вещества, определенного как потеря при прокаливании. Обнаружено также, что содержание Сорг (2,2–4,7%) в срединном горизонте этих почв больше, чем в буроземах типичных.

Особенности генезиса изученных почв проявляются также в групповом и фракционном составе почвенного органического вещества (рис. 3). Тип гумуса в них чаще всего гуматно-фульватный и фульватный, что обусловлено высоким содержанием фульвокислот (ФК).

Таблица 4 [Table 4]

Физико-химические свойства свойства буроземов Кузнецкого Алатау
[Chemical properties of the Kuznetsk Alatau Cambisols]

Горизонт [Horizon]	Глубина образца, см [Depth, cm]	pH		C _{org} , %	Обменные основания [Exchangeable cations]		Обменная кислотность [Exchangeable acidity]		Hr*	Сте- пень насы- щен- но- сти [Base satura- tion] %		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺				
		H ₂ O _{water}	KCl _{salt}		мг-экв на 100 г почвы [mmol/100 g]							
Разрез 3. Бурозем типичный [Profile 3. Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AY	0–10	5,3	4,2	4,2	12,5	3,2	–	–	43,8	26		
AYBM	10–20	5,4	3,9	1,8	8,3	2,7	–	–	27,6	23		
BM	25–35	6,6	5,5	1,2	19,2	9,2	–	–	12,6	69		
Cm	40–50	7,1	6,2	0,4	21,2	10,6	–	–	7,4	81		
Разрез 37. Бурозем типичный [Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AY	0–10	4,3	3,4	4,9	2,8	0,8	0,3	5,3	23,6	13		
AYBM	12–20	4,5	3,5	2,6	0,7	0,2	0,5	4,9	20,5	4		
BM	35–45	4,5	3,7	1,0	1,3	0,4	0,2	5,2	17,2	9		
Cm	60–70	4,6	3,6	0,4	0,8	0,2	0,2	3,8	16,1	6		
Разрез 20. Бурозем глинисто-иллювирированный [Profile 20. Dystric Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AY	0–8	4,7	3,7	4,0	4,0	0,5	0,2	3,0	32,8	12		
BMi	15–25	4,8	3,7	2,7	2,9	0,3	0,2	3,4	28,9	10		
Cm	30–40	5,0	4,6	1,0	2,0	0,2	0,1	1,6	21,5	9		
Разрез 65. Бурозем элювирированный [Profile 65. Dystric Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AY	0–8	4,6	3,5	5,2	6,5	0,2	0,4	1,5	24,2	22		
AYel	8–18	4,7	3,5	3,2	3,2	1,6	0,3	2,5	24,5	16		
BM	30–40	4,7	3,6	1,4	1,0	0,9	0,3	1,8	21,2	8		
C	60–70	4,8	3,6	0,8	2,9	0,4	0,2	0,4	19,9	14		
Разрез 121. Бурозем глееватый [Profile 121. Eutric Gleyic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AY	0–10	5,1	4,0	3,6	14,3	3,6	–	–	13,1	58		
AYBMg	10–18	5,2	3,8	2,3	9,9	2,6	–	–	10,0	55		
BMg	30–40	5,8	3,8	0,2	10,1	2,7	–	–	3,7	78		
Cg	60–70	5,9	3,7	0,1	11,2	2,9	–	–	3,5	80		
Разрез 114. Бурозем темнопрофильный [Profile 114. Eutric Endoleptic Cambisol (Profundihumic, Loamic)]												
AYu	0–12	5,6	4,8	3,5	11,7	4,6	–	–	6,8	70		
BMu	16–26	6,3	5,2	2,1	4,2	6,7	–	–	3,7	75		
Cu	35–45	6,7	5,6	1,3	5,4	10,0	–	–	2,6	85		
Разрез 101. Бурозем грубогумусовый типичный [Profile 101. Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AO	0–11	4,0	3,2	34,9**	1,5	0,8	0,8	6,7	42,4	5		
BM	16–26	4,5	3,7	4,7	0,2	0,2	0,3	5,5	21,9	2		
C	40–50	4,4	3,7	2,6	0,1	0,1	0,3	5,3	19,9	1		
Разрез 104. Бурозем грубогумусовый глееватый [Profile 104. Dystric Gleyic Folic Epileptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AO	0–10	4,1	3,3	30,5**	1,3	0,6	0,2	2,6	31,5	6		
AO	10–20	4,3	3,5	20,8**	0,5	0,3	0,4	6,0	26,4	3		
BMg	30–40	4,1	3,5	3,2	0,2	0,2	3,0	5,5	22,4	2		
Разрез 107. Бурозем грубогумусовый глинисто-иллювирированный [Profile 107. Dystric Folic Endoleptic Cambisol (Humic, Siltic)]												
AO	0–9	3,9	3,3	40,2**	1,6	0,7	0,6	2,8	57,3	4		
BMi	20–30	4,3	3,8	3,8	0,5	0,2	0,1	3,2	23,6	3		
Cm	65–75	4,3	3,9	1,7	0,1	0,1	0,1	4,6	16,1	1		

Окончание табл. 4 [Table 4 (end)]

Горизонт [Horizon]	Глубина образца, см [Depth, cm]	pH		C ^{орг} %	Обменные основания [Exchangeable cations]		Обменная кислотность [Exchangeable acidity]		Нг*	Сте- пень насы- щен- но- сти [Base satura- tion], %	
		H ₂ O _{water}	KCl _{salt}		Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺			
					мг-экв на 100 г почвы [mmol/100 g]						
Разрез 97. Бурозем грубогумусовый элювиированный [Profile 97. Dystric Folie Endoleptic Cambisol (Humic, Loamic)]											
АО	0–8	4,1	3,4	19,7	0,6	0,5	0,7	7,5	44,6	2	
AYel	8–15	4,6	3,9	4,8	0,1	0,1	0,3	3,6	21,9	1	
BM	35–45	4,8	4,3	2,2	0,2	0,1	0,1	1,7	14,5	2	
Cm	50–60	4,9	4,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,7	10,7	3	

Примечание. * – гидролитическая кислотность [extractable acidity]; ** – потеря при прокаливании [loss on ignition]; «–» – не определяли [not defined]; C_{орг} – содержание органического углерода [organic carbon].

В почвах преобладают фракции свободных как гуминовых (ГК1), так и фульвокислот (ФК1а+ФК1). Доля гуминовых кислот, связанных с кальцием (ГК2), очень мала или они отсутствуют. Содержание фракции фульвокислот, связанных с фракцией 2 гуминовых кислот (ФК2), значительно варьирует. Максимум их содержания отмечен в буроземах темнопрофильных, формирующихся на породах, имеющих в своем составе продукты выветривания известняков. Содержание гуминовых и фульвокислот, связанных с глинистым веществом и устойчивыми полуторными окислами (ГК3 и ФК3), среднее и варьирует не так сильно, как другие фракции. Доля негидролиземого остатка (НО) в составе гумуса зависит от типа и подтипа почв. Самое высокое содержание НО отмечено в буроземе темнопрофильном (60–75%), в остальных почвах количество НО низкое и среднее. Высокое содержание НО в буроземах темнопрофильных обусловлено примесью литогенного органического вещества, имеющего в своем составе высокое содержание НО. Степень гумификации органического вещества почв в основном средняя в верхних горизонтах и слабая и очень слабая в нижних: содержание ГК составляет в гумусовых горизонтах 22–28%, в срединных горизонтах – 5–19%.

Дифференциация буроземов КА на типовом уровне, различие их основных педогенных свойств проявляется в морфологических и физико-химических характеристиках и вызвано разницей гидротермических условий, которые в свою очередь обусловлены абсолютной высотой местности. Пространственная приуроченность буроземов грубогумусовых к субальпийскому поясу означает, что их педогенез происходит на большей абсолютной высоте, по сравнению с типом буроземов, в более холодных и влажных условиях. Это определяет их специфические признаки и свойства, в частности, формирование грубогумусового горизонта вследствие неполной гумифика-

ции растительных остатков. Подтиповые характеристики отражают наличие процессов перемещения вещества в профиле (иллювирирование глины), влияние грунтовых вод и специфику почвообразующих пород.

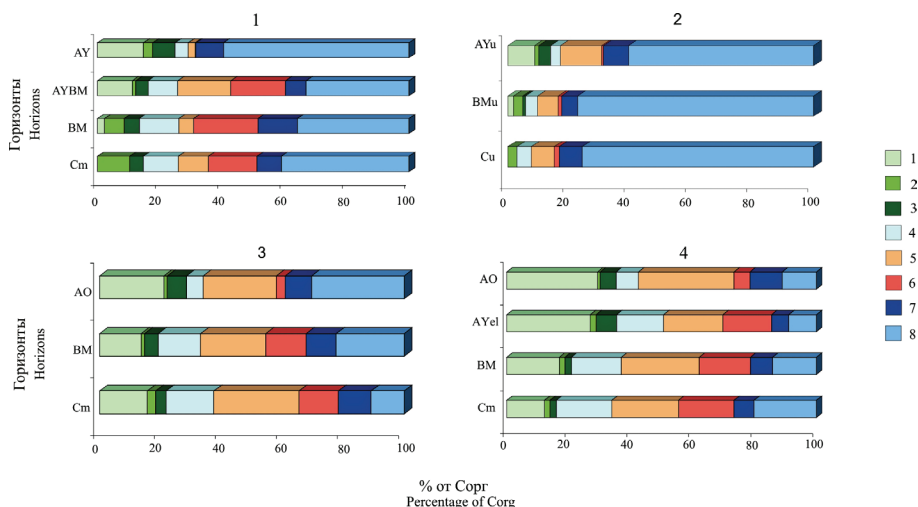


Рис. 3. Групповой и фракционный состав гумуса буроземов Кузнецкого Алатау. Почвы: 1 – бурозем типичный (Р. 37); 2 – бурозем темнопрофильный (Р. 114); 3 – бурозем грубогумусовый типичный (Р. 101); 4 – бурозем грубогумусовый элювиированный (Р. 97). Условные обозначения: 1 – ГК1; 2 – ГК2; 3 – ГК3; 4 – ФК1а; 5 – ФК1; 6 – ФК2; 7 – ФК3; 8 – НО (негидролиземый остаток).

Расшифровка условных обозначений в тексте

[Fig. 3. The group and fractional composition of the humus of the Kuznetsk Alatau Cambisols. Soils: 1 - Dystric Endoleptic Cambisol; 2 - Eutric Endoleptic Cambisol (Profundihumic, Loamic); 3 - Dystric Folic Endoleptic Cambisol; 4 - Dystric Folic Endoleptic Cambisol (eluvial). Legend: humic acids (HA); fulvic acids (FA): 1 - HA1; 2 - HA; 3 - HA3; 4 - FA1a; 5 - FA1; 6 - FA2; 7 - FA3; 8 - Non-hydrolysable residue]

Выявленные особенности гранулометрического состава буроземов и буроземов грубогумусовых во многом связаны с влиянием почвообразующих пород на соотношение отдельных фракций. Вклад педогенеза проявляется в распределении фракций ила и физической глины по профилю. Оно подтверждает процесс оглинивания, происходящий в средней части профиля, где отмечается максимум содержания этих фракций: в горизонте BM и в породе Cm, имеющей признаки педогенной метаморфизации. Более легкий гранулометрический состав буроземов грубогумусовых обусловлен, с одной стороны, особенностями почвообразующих пород, в которых высока доля мелкого песка и крупной пыли, с другой – условиями трансформации минеральной массы. Буроземы грубогумусовые приурочены к местоположениям с более высокими гипсометрическими отметками, для которых характерны более холодные условия, вследствие чего процесс оглинивания протекает менее интенсивно, чем в буроземах.

Для физико-химических свойств выявлены следующие закономерности. Почвы более высоких (по абсолютной высоте), а значит, и более гумидных местоположений (тип буроземы грубогумусовые) отличаются большей кислотностью, чем почвы более низких. Характер изменения с глубиной суммы обменных оснований и степени насыщенности основаниями в типе буроземов определяется особенностями почвообразующих пород, а в буроземах грубогумусовых он одинаков во всех разрезах. В обоих типах буроземов распределение поглощенных оснований свидетельствует об их биогенной аккумуляции в гумусовом горизонте. Приповерхностный аккумулятивный пик в буроземах грубогумусовых значительно меньше, как и величина суммы обменных оснований.

Особенности генезиса изученных почв проявляются также в групповом и фракционном составе почвенного органического вещества. Различия углеродного статуса между типами буроземов обусловлены различием гидротермических условий их местоположений, которые определяют характер трансформации растительного опада: полная гумификация или образование грубого гумуса.

Выводы

1. В соответствии с современными представлениями на территории КА в границах Кемеровской области выделено два типа буроземов: буроземы типичные и буроземы грубогумусовые.

2. Использование субстантивно-генетической классификации почв России для условий КА показало, что она в полной мере подходит для описания особенностей разнообразия и морфологического облика буроземов.

3. Разнообразие буроземов КА характеризуют девять подтипов, один род и четыре вида. Впервые на территории КА выделен темнопрофильный подтип буроземов.

4. Установлены закономерности распределения буроземов по изученной территории. Тип буроземы формируется повсеместно в пределах горно-таежного пояса под хвойными лесами на склонах гор различной экспозиции. Буроземы темнопрофильные приурочены к делювиальным суглинкам с примесью элово-делювия углеродосодержащих сланцев. Буроземы грубогумусовые встречаются в субальпийском поясе под луговой растительностью и под хвойным редколесьем.

5. Наличие двух типов буроземов в КА связано с различием их гидротермических режимов и влиянием вертикальной дифференциации климатических условий.

6. Особенности некоторых свойств буроземов КА имеют литогенную природу и связаны с пространственной неоднородностью литогенного фактора, другие обусловлены климатическим фактором.

Литература

1. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
2. Полевой определитель почв России. М. : Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
3. Ramman E. Bodenkunde. Berlin : Springer, 1905. XII. 263 p.
4. Прасолов Л.И. Горно-лесные почвы Кавказа // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М. : Изд-во АН СССР. 1947. Т. 25. С. 5–28.
5. Зонн С.В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. 336 с.
6. Ливеровский Ю.А. К географии и генезису бурых лесных почв // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева АН СССР. 1948. Т. 27. С. 109–132.
7. Фирсова В.П. К вопросу о распределении и свойствах бурых лесных почв на Урале // Лес и почва. Красноярск : Изд-во СО АН СССР, 1968. С. 200–204.
8. Фирсова В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья. М. : Наука, 1977. 176 с.
9. Герасимов И.П. Самобытность генетических типов почв Сибири // Сибирский географический сборник. № 2. М. : Изд-во АН СССР. 1963. С. 7–27.
10. Ильиных Н.И. Почвы Кузнецкого Алатау (в пределах Красноярского края). Красноярск : Краснояр. кн. изд-во, 1970. 166 с.
11. Почвы Горно-Алтайской автономной области / под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск : Наука, 1973. 352 с.
12. Таранов С.А. Экологические и генетические особенности почв лесного пояса Горной Шории // Лесные почвы горного окаймления юго-востока Западной Сибири (Восточный Алтай, Горная Шория, Салаир). Новосибирск : Наука, 1974. С. 75–132.
13. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск : Наука, 1975. 300 с.
14. IUSS Working Group WRB. 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. № 106. Rome, 2015. 192 p.
15. Chesworth W., Camps A.M., Macías F., Spaargaren O., Spaargaren O. Cambisols // Encyclopedia of Soil Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series / ed. by W. Chesworth. Dordrecht : Springer, 2008.
16. Soil Survey Staff. Illustrated guide to soil taxonomy, version 1.1. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center. Lincoln. Nebraska, 2015. 372 p.
17. Караваева Н.А., Прокопчук В.Ф. Формирование почв с бурым профилем на севере Приамурья и Сахалина // Почвоведение. 2004. № 9. С. 1029–1039.
18. Качинский В.Л., Геннадиев А.Н. Почвенные катены в бассейнах рек Бурея и Селемджа (Приамурье) // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2010. № 4. С. 34–39.
19. Семаль В.А. Свойства почв южной части Сихотэ-Алиня (на примере Уссурийского заповедника) // Почвоведение. 2010. № 3. С. 303–312.
20. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Генезис и эволюция приокеанических буроземов (на примере япономорского побережья). Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 2002. 292 с.
21. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Буроземы архипелага Римского-Корсакова // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2014. № 2. С. 123–143.
22. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Влияние растительности на гумусообразование и морфологическое строение приокеанических буроземов юго-восточной части Приморья // Почвоведение. 2015. № 4. С. 387–396. doi: [10.7868/S0032180X15040085](https://doi.org/10.7868/S0032180X15040085)

23. Костенков Н.М., Жарикова Е.А. Почвы прибрежной территории юго-западной части Приморья // Почвоведение. 2018. № 2. С. 141–154. doi: [10.7868/S0032180X18020028](https://doi.org/10.7868/S0032180X18020028)
24. Пшеничников Б.Ф., Зубахо Е.Г., Ханалин Е.В., Пшеничникова Н.Ф., Лящевская М.С. Полигенетические буроземы полуострова Муравьев-Амурский: строение, свойства, генезис // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2012. № 2 (162). С. 25–34.
25. Бугаец А.Н., Пшеничникова Н.Ф., Терешкина А.А., Краснопеов С.М., Гарцман Б.И., Голодная О.М., Ознобихин В.И. Цифровая почвенная карта бассейна р. Уссури // Почвоведение. 2017. № 8. С. 936–945. doi: [10.7868/S0032180X17080032](https://doi.org/10.7868/S0032180X17080032)
26. Цыбжитов Ц.Х., Корсунов В.М. Цыбикдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б.-М.Н., Хубракова Б.Ц., Давыдова Т.В., Цыбжитов А.Ц., Андреева М.Н. География и генетические особенности таежных почв Центральной зоны Байкальской природной территории // Почвоведение. 2006. № 10. С. 1165–1177.
27. Балсанова Л.Д., Гынинова А.Б., Цыбикдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б.-М.Н., Шахматова Е.Ю. Генетические особенности почв бассейна озера Котокельское (Восточное Прибайкалье) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 781–789. doi: [10.7868/S0032180X14070041](https://doi.org/10.7868/S0032180X14070041)
28. Цыбикдоржиев Ц.Ц., Ходоева С.О., Гончиков Б.-М.Н. Структура и оценка почвенного покрова Прибайкалья Бурятии (на примере Кабанского района) // Почвоведение. 2012. № 4. С. 398–407.
29. Сымпилова Д.П., Бадмаев Н.Б. Почвообразование в ландшафтах контакта тайги и степи Селенгинского среднегорья (Западное Забайкалье) // Почвоведение. 2019. № 2. С. 140–151. doi: [10.1134/S0032180X1902014X](https://doi.org/10.1134/S0032180X1902014X)
30. Самофалова И.А., Лузянина О.А. Почвы заповедника «Басеги» и их классификация // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 50–60.
31. Семиколенных А.А., Бовкунов А.Д., Алейников А.А. Почвы и почвенный покров таежного пояса Северного Урала (верховья реки Печора) // Почвоведение. 2013. № 8. С. 911–923. doi: [10.7868/S0032180X1308008X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1308008X)
32. Дымов А.А., Жангуров Е.В., Страцев В.В. Почвы северной части Приполярного Урала: морфология, физико-химические свойства, запасы углерода и азота // Почвоведение. 2013. № 5. С. 507–516. doi: [10.7868/S0032180X1305002X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1305002X)
33. Дымов А.А., Жангуров Е.В. Морфолого-генетические особенности почв кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) // Почвоведение. 2011. № 5. С. 515–524.
34. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 477 с.
35. Лойко С.В., Гераско Л.И., Кулижский С.П., Амелин И.И., Истигечев Г.И. Строение почвенного покрова северной части ареала черновой тайги юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2015. № 4. С. 410–423. doi: [10.7868/S0032180X15040061](https://doi.org/10.7868/S0032180X15040061)
36. Смоленцева Е.Н. Структурно-метаморфические почвы Государственного природного заповедника «Кузнецкий Алатау» // Труды Тигирекского заповедника. 2015. С. 167–172.
37. Смоленцев Б.А. Почвенный покров Государственного природного заповедника «Кузнецкий Алатау» // Труды Тигирекского заповедника. 2015. С. 162–166.
38. Конарбаева Г.А., Смоленцев Б.А. Влияние физико-химических свойств буроземов и литоземов Кузнецкого Алатау на распределение в них йода // Агрохимия. 2016. № 12. С. 34–41.
39. Смоленцев Б.А., Смоленцева Е.Н. Состав и структура почвенного покрова территорий гумидного сектора Кузнецкого Алатау // Почвы в биосфере : сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Новосибирск, 2018. С. 111–115.

40. Heinze S., Ludwig B., Piepho H.-P., Mikutta R., Don A., Wordell-Dietrich P., Helfrich M., Hertel D., Leuschner C., Kirfel K., Kandeler E., Preusser S., Guggenberger G., Leinemann T., Marschner B. Factors controlling the variability of organic matter in the top- and subsoil of a sandy Dystric Cambisol under beech forest // *Geoderma*. 2018. Vol. 311. PP. 37–44. doi: [org/10.1016/j.geoderma.2017.09.028](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.028)
41. Świtoniak M., Mroczek P., Bednarek R.. Luvisols or Cambisols? Micromorphological study of soil truncation in young morainic landscapes — Case study: Brodnica and Chełmno Lake Districts (North Poland) // *Catena*. 2016. Vol. 137. PP. 583–595. doi: [10.1016/j.catena.2014.09.005](https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.005)
42. Vormstein S., Kaiser M., Piepho H., Joergensen R.G., Ludwig B. Effects of fine root characteristics of beech on carbon turnover in the topsoil and subsoil of a sandy Cambisol // *Eur J Soil Sci*. 2017. № 68. PP. 177–188. doi: [10.1111/ejss.12410](https://doi.org/10.1111/ejss.12410)
43. Villars T.R., Bailey S.W. Ross D.S. Four Soil Orders on a Vermont Mountaintop - One-Third of the World's Soil Orders in a 2500-Square-Meter Research Plot // *Soil Horizons*. 2015. Vol. 56. PP. 1–5. doi: [10.2136/sh15-06-0013](https://doi.org/10.2136/sh15-06-0013)
44. Životića L.B., Radmanović S.B., Gajić B.A., Mrvić V., Đorđević A.R. Classification and spatial distribution of soils in the foot and toe slopes of mountain Vukan, East-Central Serbia // *Catena*. 2017. Vol. 159. PP. 70–83. doi: [10.1016/j.catena.2017.08.003](https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.08.003)
45. Malinova L. Cambisols Classification in “Central Balkan” National Park // *Bulgarian Journal of Soil Science*. 2016. Vol. 1. PP. 20–25. doi: [10.5281/zenodo.2579012](https://doi.org/10.5281/zenodo.2579012)
46. Khresat S. Formation and properties of Inceptisols (Cambisols) of major agricultural rainfed areas in Jordan // *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2005. № 51(1). PP. 15–23. doi: [10.1080/03650340400026545](https://doi.org/10.1080/03650340400026545)
47. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45. Новокузнецк / Объяснительная записка. СПб. : Картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. 665 с.
48. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // *Проблемы почвоведения*. М. : Наука, 1978. С. 42–47.

*Поступила в редакцию 04.04.2020 г.; повторно 07.05.2020 г.;
принята 15.05.2020 г.; опубликована 19.06.2020 г.*

Авторский коллектив:

Смоленцев Борис Анатольевич – канд. биол. наук, зав. лабораторией географии и генезиса почв, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Россия, 630090, Новосибирск 90, просп. Академика Лаврентьева, 8/2).

E-mail: pedolog@ngs.ru

Смоленцева Елена Николаевна – н.с. лаборатории географии и генезиса почв, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Россия, 630090, Новосибирск 90, просп. Академика Лаврентьева, 8/2).

E-mail: parabraunerde@rambler.ru

Для цитирования: Смоленцев Б.А., Смоленцева Е.Н. Буроземы Кузнецкого Алатау, их свойства и разнообразие // *Вестн. Том. гос. ун-та. Биология*. 2020. № 50. С. 6–27. doi: [10.17223/19988591/50/1](https://doi.org/10.17223/19988591/50/1)

For citation: Smolentsev BA, Smolentseva EN. Cambisols of the Kuznetsk Alatau, their properties and diversity. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2020;50:6-27. doi: [10.17223/19988591/50/1](https://doi.org/10.17223/19988591/50/1) In Russian, English Summary

Boris A. Smolentsev, Elena N. Smolentseva

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

Cambisols of the Kuznetsk Alatau, their properties and diversity

In the last decade, Cambisols of Eastern Siberia and Transbaikalia, in the Ural region, have been actively studied, whereas the data on Cambisols of the mountains of the south of Western Siberia over the last decade of the XXIth century are insufficient and incomplete. However, the study of cambisols, their properties, genesis, diversity and patterns of spatial distribution is still very important. This research is devoted to the study of the Kuznetsk Alatau Cambisols on the basis of modern diagnostic principles of the substantive-genetic classification of Russian soils and WRB. In this paper, there is a brief overview of the history of studying Cambisols in the Kuznetsk Alatau and the surrounding area. An analogue of Cambisols in the Russian classification is Burozems.

The research was conducted in the territory of Kuznetsk Alatau State Nature Reserve (Kemerovo region) within the mountain-forest and high-altitude zones where Cambisols occupy 67% of the area. Fig. 1B shows the spatial distribution of Cambisols in the studied territory. The parent rocks for the studied soils are brown clays and heavy loams of the Quaternary Period of deluvial and deluvial-proluvial origin. According to chemical composition, the parent rocks are non-carbonate and very rarely low carbonate. Field studies were carried out in 2014-2016. For soil diagnostics, we used the Russian Soil Classification (Shishov LL et al., 2004; *Field guide of soils in Russia*, 2008) and *International Soil Classification WRB*. For the analytical characteristics of soils, we selected 10 soil profiles (See Table 1), whose samples were analyzed. The main research methods were comparative-geographical, profile-genetic and comparative-analytical. The indicators of the humus state of soils were estimated according to Grishina and Orlov (1978).

As a result of the studies, we found out that Burozems (Cambisols) diversity is characterized by two types of soil, nine subtypes, one genus and four species. The types were distinguished by the nature of the surface horizon: Burozem and Burozem raw humic. The subsurface structural-metamorphic (Cambic) horizon and the surface horizon are diagnostic horizons for them: grey humic and raw humic. These types of soils are part of the structural-metamorphic section, which belongs to the post-lithogenic order. Burozem and Burozem raw humic correspond to RSG of WRB: Dystric Cambisols and Folic Cambisols, respectively. The following soil subtypes found in the territory of the Kuznetsk Alatau have been allocated: ordinary, eluvial, clay-illuvial, gleyey and darkprofilic (Eutric Cambisols (Profundihumic)). It is dedicated to the soil parent material containing weathering products of carbonaceous slates and limestones. These sediments contain lithogenic organic substance which tinctures the soil profile in gray including the structural-metamorphic (Cambic) horizon. This feature distinguishes them from the brown colored subtypes. The regularities of Cambisols distribution across the studied territory have been revealed. Eutric Cambisols formed everywhere within the mountain-taiga zone under the fir forest on the slopes of different exposition. Folic Cambisols are found mainly in the high-mountain region under the tundra vegetation as well as under the fir and cedar pine open woodland. The influence of the soil parent material manifests itself in Eutric Cambisols (Profundihumic), which are attributed to the sediments containing weathering products of carbonaceous shales and limestones. Cambisols are characterized by acidic reaction in the soil horizons. Folic Cambisols are more acidic soils. They are characterized by higher values of

hydrolytic and exchangeable acidity and low base saturation. Eutric Cambisols (Profundihumic) have low acidity and high base saturation because of the influence of parent rock bases. Exchangeable acidity in all studied soils was caused by exchangeable aluminum. Pedogenic accumulation of organic carbon in the upper horizons of the soil profile is typical of Cambisols. Humus type is predominantly fulvate. Also, the humus is characterized by low contents of humic and fulvic acids associated with calcium. Eutric Cambisols (Profundihumic) have a high content of nonhydrolyzable residue in humin, which is caused by the lithogenic properties of the organic matter.

The paper contains 3 Figures, 4 Tables and 48 References.

Key words: burozems; mountain soils; humid pedogenesis; Cambisols; Inceptisols.

Funding: This work was supported by the government assignment of the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

The Authors declare no conflict of interest.

References

1. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Russian Soil Classification System]. Smolensk: Oykumena Publ.; 2004. 342 p. In Russian
2. *Polevoy opredelitel' pochv Rossii* [Field guide of soils in Russia]. Khitrov NB, editor. Moscow: Pochvennyy institut im V.V. Dokuchaeva Publ.; 2008. 182 p. Available at: http://soils.narod.ru/download/field_guide_int.pdf (accessed 07.05.2020). In Russian
3. Ramman E. Bodenkunde. T. XII. Berlin: Springer Publ.; 1905. 263 p.
4. Prasolov LI, Sokolov NI. Gorno-lesnye pochvy Kavkaza [Mountain forest soils of the Caucasus]. *Trudy Pochvennogo instituta imeni VV Dokuchaeva = Transactions of the Dokuchaev Soil Institut.* 1947;25:5-28. In Russian
5. Zonn SV. Gorno-lesnye pochvy Severo-Zapadnogo Kavkaza [Mountain-forest soils of the North-West Caucasus]. Moscow-Leningrad: Academy of Sciences of the Soviet Union Publ.; 1950. 336 p. In Russian
6. Liverovskii YuA. K geografii i genezisu buryh lesnyh pochv [On the geography and genesis of brown forest soils]. *Trudy Pochvennogo instituta imeni VV Dokuchaeva = Transactions of the Dokuchaev Soil Institut.* 1948;27:109-132. In Russian
7. Firsova VP. K voprosu o raspredelenii i svoystvah buryh lesnyh pochv na Urale [On the distribution and properties of brown forest soils in the Urals]. In: *Les i pochvi*. Trudy Vsesoyuznoy nauchnoy konferentsii po lesnomu pochvovedeniyu [Forest and soils. Proceedings (Krasnoyarsk, Russia, 15-19 July, 1965)]. Krasnoyarsk: Nauka, Siberian Branch AS USSR Publ.; 1968. pp. 200-204. In Russian
8. Firsova VP. Pochvy tayezhnoy zony Urala i Zaural'ya [Soils of the taiga zone of the Urals and Trans-Urals]. Moscow: Nauka Publ.; 1977. 176 p. In Russian
9. Gerasimov IP. Samobytnost' geneticheskikh tipov pochv Sibiri [Originality of genetic types of soils in Siberia]. *Sibirskiy geograficheskiy sbornik.* 1963;2:7-27. In Russian
10. Il'inyh NI. Pochvy Kuznetskogo Alatau [Soils of the Kuznetsk Alatau]. Krasnoyarsk: Krasnoyarskoe knizhnoe Publ.; 1970. 166 p. In Russian
11. Kovalev RV, Khmelev VA, Volkovinsten VI. Pochvy Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti [Soils of Gorno-Altai Autonomous Region]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1973. 357 p. In Russian
12. Taranov SA. Ekologicheskie i geneticheskie osobennosti pochv lesnogo poyasa Gornoy Shorii [Ecological and genetic features of soils of the forest belt of the Mountain Shoria]. In: *Lesnye pochvy gornogo okaymlyeniya yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri* [Forest soils of mountain fringing in the southeast of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1974. pp. 75-132. In Russian

13. Trofimov SS. Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kemerovskoy oblasti [Soil ecology and soil resources of Kemerovo region]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1975. 300 p. In Russian
14. IUSS Working Group WRB. *World Reference Base of Soil Resources 2014, update 2015*. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports No. 106. Rome: FAO; 2015. 192 p.
15. Chesworth W, Camps AM, Macías F, Spaargaren O, Spaargaren O. Cambisols. In: *Encyclopedia of Soil Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Chesworth W, editor. Dordrecht: Springer Publ.; 2008. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3995-9_85
16. *Soil Survey Staff*. 2015. *Illustrated guide to soil taxonomy, version 2*. U.S. Nebraska, Lincoln: Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center; 2015. 372 p.
17. aravaeva NA, Prokopchuk VF. Genesis of brown forest soils in the North of Amur region and Sakhalin. *Eurasian Soil Science*. 2004;37(9):901-910.
18. Kachinsky VL, Gennadiyev AN. Pochvennye kateny v basseynakh rek Bureya i Selezmdzha (Priamur'ye) [Soil catenas in the basins of Bureya and Selezmdzha rivers (the Amur River region)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya = Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*. 2010;4:34-39. In Russian
19. Semal' VA. Properties of soils in Southern Sikhote-Alin using the example of the Ussuri reserve. *Eurasian Soil Science*. 2010;43(3):278-286. doi: [10.1134/S1064229310030051](https://doi.org/10.1134/S1064229310030051)
20. Pshenichnikov BF, Pshenichnikova NF. Genezis i evolyutsiya priokeanicheskikh burozemov (na primere yaponomorskogo poberezh'ya) [Genesis and evolution of maritime burozems (at the example of the Japanese Sea coast). Monograph]. Vladivostok: Dal'nevostochnyy Federal'nyy Univ. Publ.; 2002. 292 p. In Russian
21. Pshenichnikov BF, Pshenichnikova NF. Burozemy arhipelaga Rimskogo-Korsakova [Burozems of Rimsky-Korsakov Archipelago]. *Biota i sreda zapovednikov Dal'nego Vostoka = Biodiversity and Environment of Far East Reserves*. 2014;2:123-143. In Russian
22. Pshenichnikov BF, Pshenichnikova NF. The impact of vegetation on humus formation and morphology of brown forest soils in coastal areas of the southeastern part of Russian far east. *Eurasian Soil Science*. 2015;48(4):337-346. doi: [10.7868/S0032180X15040085](https://doi.org/10.7868/S0032180X15040085).
23. Kostenkov NM, Zharikova EA. Soils of the Southwestern Part of the Pacific Coast of Russia. *Eurasian Soil Science*. 2018;51(2):140-152. doi: [10.1134/S1064229318020059](https://doi.org/10.1134/S1064229318020059)
24. Pshenichnikov BF, Zubakho EG, Khanapin EV, Pshenichnikova NF, Lyashchevskaya MS. Poligeneticheskiye burozemy poluostrova Murav'ev-Amurskiy: stroenie, svoystva, genezis [Polygenetic brown soils of the Muravyov-Amursky Peninsula: Structure, properties, genesis]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk = Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2012;2(162):25-34. In Russian
25. Bugaets AN, Pshenichnikova NF, Tereshkina AA, Krasnopeev SM, Gartsman BI, Golodnaya OM, Oznobikhin VI. Digital soil map of the Ussuri River basin. *Eurasian Soil Science*. 2017;50(8):907-916. doi: [10.1134/S1064229317080038](https://doi.org/10.1134/S1064229317080038)
26. Tsybzhitov TsKh, Korsunov VM, Tsybikdorzhiev TsTs, Gonchikov B-MN, Khubrakova BTs, Davydova TV, Tsybzhitov ATs, Andreeva MN. Genetic specificity and geography of taiga soils in the central part of the Baikal region. *Eurasian Soil Science*. 2006;39(10):1049-1061. doi: [10.1134/S1064229306100024](https://doi.org/10.1134/S1064229306100024)
27. Balsanova LD, Gyninova VB, Tsybikdorzhiev TT, Gonchikov B-MN, Shakhmatova EY. Genetic features of soils in the basin of Lake Kotokel, the Transbaikal region. *Eurasian Soil Science*. 2014;47(7):641-649. doi: [10.1134/S1064229314070047](https://doi.org/10.1134/S1064229314070047)
28. Tsybikdorzhiev TT, Khodoeva SO, Gonchikov B-MN. Soil cover patterns and land assessment in the Baikal region of Buryatia using the example of the Kabansk district. *Eurasian Soil Science*. 2012;45(4):348-356. doi: [10.1134/S1064229312040151](https://doi.org/10.1134/S1064229312040151)

29. Sympilova DP, Badmaev NB. Soil Formation in the Taiga-Steppe Ecotone of the Selenga Mountains, Western Transbaikal Region. *Eurasian Soil Science*. 2019;52(2):122-132. doi: [10.1134/S1064229319020145](https://doi.org/10.1134/S1064229319020145)
30. Samofalova IA, Luzyanina OA. Pochvy zapovednika «Basegi» i ih klassifikatsiya [Classification of soils of the Nature Reserve Basegi]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2014;1(5):50-60. In Russian
31. Semikolennykh AA, Bovkunov AD, Aleinikov AA. Soils and the soil cover of the taiga zone in the northern Urals (upper reaches of the Pechora River). *Eurasian Soil Science*. 2013;46(8):821-832. doi: [10.1134/S1064229313080085](https://doi.org/10.1134/S1064229313080085)
32. Dymov AA, Zhangurov EV, Startsev VV. Soils of the northern part of the Subpolar Urals: Morphology, physicochemical properties, and carbon and nitrogen pools. *Eurasian Soil Science*. 2013;46(5):459-467. doi: [10.1134/S1064229313050025](https://doi.org/10.1134/S1064229313050025)
33. Dymov AA, Zhangurov EV. Morphological-genetic characterization of soils on the Enganepe Ridge. *Eurasian Soil Science*. 2011;44(5):471-479. doi: [10.1134/S1064229311050048](https://doi.org/10.1134/S1064229311050048)
34. Khmelev VA, Tanasienko AA. Pochvennyye resursy Kemerovskoy oblasti i osnovy ih ratsional'nogo ispol'zovaniya [Soil resources of Kemerovo region and the basics of its rational use]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 2013. 477 p. In Russian
35. Loiko SV, Geras'ko LI, Kulizhskii SP, Amelin II, Istigechev GI. Soil cover patterns in the northern part of the area of aspen-fir taiga in the southeast of Western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2015;48(4):359-372. doi: [10.7868/S0032180X15040061](https://doi.org/10.7868/S0032180X15040061)
36. Smolentseva EN. Strukturno-metamorficheskie pochvy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Kuznetskiy Alatau» [Structural-metamorphic soils of strict Nature Reserve Kuznetsky Alatau]. *Trudy Tigirekского zapovednika = Proceedings of Tigirek State Nature Reserve*. 2015;7:167-172. In Russian
37. Smolentsev BA. Pochvennyy pokrov Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Kuznetskiy Alatau» [Soil cover of strict Nature Reserve Kuznetsky Alatau]. *Trudy Tigirekского zapovednika = Proceedings of Tigirek State Nature Reserve*. 2015;7:162-166. In Russian
38. Konarbaeva GA, Smolentsev BA. Vliyanie fiziko-khimicheskikh svoystv burozemov i litozemov Kuznetskogo Alatau na raspredeleniye v nih yoda [The Impact of physicochemical properties of brown forest soils and lithozems of the Kuznetsk Alatau on the distribution of iodine]. *Agrokhimiya = Agrochemistry*. 2016;12:34-41. In Russian
39. Smolentsev BA, Smolentseva EN. Sostav i struktura pochvennogo pokrova territoriy gumidnogo sektora Kuznetskogo Alatau [Components and structure of the soil cover in the territories with humid climate of Kuznetsky Alatau]. In: *Pochvy v biosphere. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Soils in the Biosphere. Proceedings. All-Russian Sci. Conf. with Int. Part. (Novosibirsk, Russia, 10-14 September, 2018)]*. Syso AI, editor. Tomsk: Tomsk State Univ. Publ.; 2018. Pt. I. pp. 111-115. In Russian
40. Heinze S, Ludwig B, Piepho H-P, Mikutta R, Don A, Wordell-Dietrich P, Helfrich M, Hertel D, Leuschner C, Kirfel K, Kandeler E, Preusser S, Guggenberger G, Leinemann T, Marschner B. Factors controlling the variability of organic matter in the top- and subsoil of a sandy Dystric Cambisol under beech forest. *Geoderma*. 2018;311:37-44. doi: [10.1016/j.geoderma.2017.09.028](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.028)
41. Świtoniał M, Mroczek P, Bednarek R. Luvisols or Cambisols? Micromorphological study of soil truncation in young morainic landscapes – Case study: Brodnica and Chełmno Lake Districts (North Poland). *Catena*. 2016;137:583-595. doi: [10.1016/j.catena.2014.09.005](https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.005)
42. Vormstein S, Kaiser M, Piepho H, Joergensen RG, Ludwig B. Effects of fine root characteristics of beech on carbon turnover in the topsoil and subsoil of a sandy Cambisol. *Eur J Soil Sci*. 2017;68(2):177-188. doi: [10.1111/ejss.12410](https://doi.org/10.1111/ejss.12410)

43. Villars TR, Bailey SW, Ross DS. Four Soil Orders on a Vermont Mountaintop—One-Third of the World's Soil Orders in a 2500-Square-Meter Research Plot. *Soil Horizons*. 2015;56(6):1-5. doi: [10.2136/sh15-06-0013](https://doi.org/10.2136/sh15-06-0013)
44. Životić LB, Radmanović SB, Gajić BA, Mrvić VV, Đorđević AR. Classification and spatial distribution of soils in the foot and toe slopes of mountain Vukan, East-Central Serbia. *Catena*. 2017;159:70-83. doi: [10.1016/j.catena.2017.08.003](https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.08.003)
45. Malinova L. Cambisols Classification in “Central Balkan” National Park. *Bulgarian J Soil Science*. 2016;1:20-25. doi: [10.5281/zenodo.2579012](https://doi.org/10.5281/zenodo.2579012)
46. Khresat S. Formation and properties of Inceptisols (Cambisols) of major agricultural rainfed areas in Jordan. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2005;51(1):15-23. doi: [10.2136/sh15-06-0013](https://doi.org/10.2136/sh15-06-0013)
47. Babin GA, Yur'ev AA, Bychkov AI. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Seriya Altaye-Sayanskaya. List N-45. Novokuznetsk / Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Series Altai-Sayan. Sheet N-45. Novokuznetsk / Explanatory Note]. St. Petersburg: Cartographic Factory VSEGEI. 2007. 665 p. In Russian [Electronic resource]. Available at: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=a7ee65b901e07807c69b51e77b3ff1f6> (access 08.05.2020)
48. Grishina LA, Orlov DS. Sistema pokazateley gumusnogo sostoyaniya pochv [The system of indicators of soil humus status]. In: *Problemy pochvovedeniya* [Problems of Soil Science]. Moscow: Nauka Publ.; 1978;42-47. In Russian

*Received 04 April 2020; Revised 07 May 2020;
Accepted 15 May 2020; Published 19 June 2020.*

Author info:

Smolentsev Boris A, Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Soil Geography and Genesis, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 8/2 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk 90630090, Russian Federation.

E-mail: pedolog@ngs.ru

Smolentseva Elena N, Researcher, Laboratory of Soil Geography and Genesis, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 8/2 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk 90630090, Russian Federation.

E-mail: parabraunerde@rambler.ru