

А.А. КОЗЛОВА*, И.А. БЕЛОЗЕРЦЕВА*., Д.Н. ЛОПАТИНА**

*Иркутский государственный университет,
664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия, allak2008@mail.ru, belozia@mail.ru

**Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, belozia@mail.ru, daryaneu@mail.ru

ПОЧВЫ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ: РАЗНООБРАЗИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Проведенные почвенные исследования на территории Южного Предбайкалья показали, что на разнообразии и пространственном распространении почвенного покрова на макро- и мезоуровне заметное влияние оказывают климат и рельеф. Сложное геологическое строение, разновозрастность и многообразие коренных пород, состав и степень выветрелости почвообразующих определили самобытность почв исследуемой территории. Например, развитие буроземов остаточно-карбонатных приурочено к местам выходов на поверхность кембрийских высококарбонатных пород. Организация почвенного покрова на микроуровне обусловлена палеокриогенным позднеплейстоценовым микрорельефом. Его бугристо-западинные формы способствовали дифференциации процессов почвообразования, что привело к усложнению почвенного покрова. Контрастные почвенные микрокомбинации представлены комплексами автоморфных, автономных почв на полигонах-буграх и полугидроморфных, гетерономных в криогенных клиновидных структурах (западинах). На полигонах-буграх профиль почв формируется в ненарушенной массе грунта, что соответствует постлитогенному типу почвообразования, а периодический снос почвенного материала указывает на денудационную модель педогенеза. В западинах почвообразование идет в переотложенном почвенном материале, наличие одного или нескольких погребенных гумусовых горизонтов отвечает синлитогенному типу почвообразования и аккумулятивно-осадочной (седиментационной) модели педогенеза. Результатом проведенных работ стало составление ландшафтной и почвенной карты Южного Предбайкалья с помощью программы Quantum-GIS путем интерполяции точек почвенного опробования с использованием методов ландшафтной индикации.

Ключевые слова: макро-, мезо- и микроуровень почвенного покрова, палеокриогенный позднеплейстоценовый микрорельеф, криогенные клиновидные структуры, постлитогенный и синлитогенный тип почвообразования, денудационная и седиментационная модель педогенеза.

А.А. KOZLOVA*, I.A. BELOZERTSEVA*., D.N. LOPATINA**

*Irkutsk State University,
664003, Irkutsk, ul. Karla Marksa, 1, Russia, allak2008@mail.ru, belozia@mail.ru
**V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, belozia@mail.ru, daryaneu@mail.ru

SOILS OF SOUTHERN CISBAIKALIA: DIVERSITY AND REGULARITIES OF SPATIAL DISTRIBUTION

Soil studies on the territory of the Southern Cisbaikalia have shown that climate and topography have a noticeable effect on the diversity and spatial distribution of soil cover at the macro- and meso-level. A complex geological structure, the uneven age and variety of bedrocks, and the composition and degree of weathering of the parent rocks determined the uniqueness of the soils of the study area. For example, the development of residual-carbonate burozems is confined to the places of outcrops of Cambrian high-carbonate rocks. The organization of the soil cover at the micro-level is due to the paleocryogenic Late Pleistocene microrelief. Its hilly-depressive forms contributed to the differentiation of soil formation processes, which led to the complication of soil cover. Contrasting soil microcombinations are represented by complexes of automorphic, autonomous soils on polygons-hillocks and semi-hydromorphic, heteronomous in cryogenic wedge-shaped structures (depressions). On the hillock polygons, the soil profile is formed in the undisturbed soil mass, which corresponds to the post-lithogenic type of soil formation, and the periodic removal of soil material indicates a denudation model of pedogenesis. In depressions, soil formation occurs in redeposited soil material; the presence of one or several buried humus horizons corresponds to the synlithogenic type of soil formation and the accumulative-sedimentary (sedimentation) model of pedogenesis. The result of this research was the compilation

of a landscape and soil map of Southern Cisbaikalia using the Quantum-GIS program by interpolating the points of soil sampling using landscape indication methods.

Keywords: *macro-, meso- and micro-levels of soil cover, paleocryogenic Late Pleistocene microrelief, cryogenic wedge-shaped structures, post-lithogenic and synlithogenic type of soil formation, denudation and sedimentation model of pedogenesis.*

ВВЕДЕНИЕ

Совокупность почв, составляющих почвенный покров, является обязательным и необходимым условием сохранения биологического разнообразия и устойчивости гео- и экосистем. Сформированная в результате воздействия факторов почвообразования почва представляет собой сложную, динамическую, самоорганизующуюся и саморазвивающуюся систему открытого типа, которая функционирует, осуществляя обмен информацией, веществом и энергией с другими системами — атмо-, лито-, гидро- и биосферой. Развитие почв разного типа связано с наличием определенных профилеобразующих процессов с различными скоростями их протекания, которые четко проявляются в денудационной, седиментационной и других моделях педогенеза [1, 2]. Усложнение почвенного покрова, как правило, приводит к естественному росту, а его упрощение, например при агропедогенезе, к резкому снижению биоразнообразия [3–5]. Наиболее активное освоение земель происходит на юге Восточной Сибири, в частности на территории Южного Предбайкалья. Поэтому изучение разнообразия почв, особенностей их развития и выявление закономерностей пространственного распространения в различных ландшафтах является актуальным как с теоретических, так и с практических позиций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве модельной выбрана территория Южного Предбайкалья с подтаежными, лесостепными, степными и сухостепными ландшафтами. Оно занимает юго-восточную часть Среднесибирского плоскогорья южной окраины Сибирской докембрийской платформы (52–54° с. ш., 102–105° в. д.). Регион имеет клинообразную форму, известную под названием Иркутского амфитеатра [6]. Он включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющие собой краевые прогибы Сибирской платформы, а также Приольхонское плато — тектонический блок, зажатый между Прибайкальским хребтом и Байкальской впадиной.

Ведущим фактором почвообразования выступает резко континентальный климат. Его формирование связано с положением региона в центре Азиатского материка, орографической изоляцией, большим влиянием Сибирского антициклона. Подтайга и лесостепь находятся под влиянием оптимально влажного климата с умеренно теплым летом и умеренно суровой малоснежной зимой, а степные участки — недостаточно влажного типа, с умеренно теплым летом, умеренно суровой и малоснежной зимой [6].

Неоднородность климата связана с рельефом, так как именно он является основным перераспределителем тепла и влаги. Своеобразие механизмов местной циркуляции воздуха способствует формированию вертикальной поясности, котловинного эффекта и аридно-теневого зональности. Общая ориентация макросклонов хребтов на запад (северо-запад) и на восток (юго-восток), господствующий западный перенос воздушных масс усиливают роль экспозиционного фактора. Различия в количестве осадков усиливают тепловую дифференциацию склонов: на северных склонах их выпадает больше, чем на южных. Одновременно противоположно направленное воздействие увлажнения и термических факторов способствует формированию различных ландшафтов и почв на северных и южных склонах [7].

Южное Предбайкалье в геологическом отношении представляет собой платформу с докембрийским кристаллическим фундаментом, находящимся под мощным чехлом палеозойских и местами мезозойских отложений. Иркутско-Черемховская равнина сложена преимущественно юрскими песчано-глинистыми отложениями, представленными песчаниками, алевролитами, аргиллитами, конгломератами, углистыми сланцами с прослойками углей, которые перекрыты мощными четвертичными отложениями. Юрские породы сравнительно легко разрушаются, что придает мягкие очертания рельефу, обуславливает формирование обширных речных долин. Широкой полосой к юрским отложениям с юго-запада, юго-востока и севера прилегают песчано-мергельные породы нижнего и верхнего кембрия. Особенно широко кембрийские породы развиты в Предсаянье и Предбайкальской впадине. В Приольхонье небольшими контурами встречаются основные породы. Здесь распространены протерозойские отложения — песчаники, алевролиты, различные сланцы, гнейсы и туфы, а среди изверженных пород этого же возраста — граниты, граносиениты, порфиры, гранодиориты [6, 8].

Основной закономерностью пространственной дифференциации растительного покрова Южного Предбайкалья является высотная (вертикальная) поясность. Наблюдается совместное проявление котловинного эффекта и предгорной (аридно-теневой) зональности, с чем связано распространение подтаежных сосновых и лиственнично-сосновых бруснично-травяных и разнотравных лесов в пределах крупных отрицательных морфоструктур Иркутско-Черемховской равнины и в южной части Предбайкальской впадины. На нижней ступени вертикальной поясности на широких речных террасах пологого южного склона Лено-Ангарского плато распространены островные степи [9].

Преобладающей является бореальная растительность, которая распространена южнее подзоны южной тайги и образует подгорный (подтаежный) пояс в спектре высотных поясов Восточного Саяна. На территории Южного Предбайкалья встречается два типа степных ландшафтов: древние сухостепные и молодые лугово-степные. Они представлены южносибирскими формациями разнотравно-злаковых и злаковых степей [11], а в Приольхонье (Тажеранская степь) — сухой степью [8]. Степные ландшафты распространены только в пределах склонов речных долин, в понижениях рельефа [10].

Исследования выполнялись с применением сравнительного эколого-генетического [12] и субстантивно-генетического [13] подходов. Почвенно-географические работы на территории Южного Предбайкалья были проведены с 2005 по 2018 г. Заложено более 100 почвенных разрезов. На основании морфологических описаний и свойств почв проведена их диагностика, установлена классификационная принадлежность в соответствии с принципами, изложенными в [13].

Карта почвенного покрова Южного Предбайкалья составлена с помощью программы Quantum-GIS. Путем интерполяции точек почвенного опробования с использованием методов ландшафтной индикации был осуществлен переход от почвенных ключевых площадок к почвенным ареалам на карте. В качестве индикационных характеристик взяты морфометрические параметры рельефа, определяющие перераспределение тепла и влаги. Топографическая карта позволила учесть такие параметры, как форма поверхности (водоразделы, склоны разной экспозиции, высота над местным базисом эрозии и т. д.), также использовались космоснимки [14, 15], схема с ключевыми участками, полевое описание ключевых почвенных профилей. Созданная пространственная модель факторов почвообразования была сопоставлена с полевыми описаниями почвенных профилей разрезов.

Свойства почв изучены с помощью общепринятых в почвоведении и экологии классических и современных методов [16]. Определение элементного состава минеральной части проведено спектрографическим методом в аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск) с применением приборов ДФС-8 и ИСП-30 и рентгенофлуоресцентным методом (методом РФА) на рентгенофлуоресцентном спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия) лаборатории Института геохимии им. В.П. Виноградова СО РАН (Иркутск).

Радиоуглеродное датирование современных и погребенных гумусовых горизонтов западин проводилось в лаборатории радиоуглеродного датирования Института географии РАН (Москва) по углероду гуминовых кислот [17]. Элементный состав гуминовых кислот определяли на элементном анализаторе CHNS EA-1112 NEOLAB в лаборатории Института химии им. А.Е. Фаворского СО РАН (Иркутск).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Самобытное сочетание факторов почвообразования, а именно совместное проявление котловинного эффекта, высотной (вертикальной) поясности, предгорной (аридно-теневой) зональности, привело к развитию резко контрастных ландшафтов. Небольшие различия в теплообеспеченности и между генетически далекими почвами обусловлены их территориальной близостью. Региональной особенностью является низкий энергетический уровень почвообразования.

Согласно почвенному районированию территории бывшего СССР [18], почвенный покров региона отнесен к почвенному округу суббореального пояса, единственному, находящемуся внутри бореального. Почвенный покров региона, по [19], отнесен к предгорному и низкогорному округам и округу равнин. Преобладающими типами почв в округе равнин являются каштановые, петро-, лито-, карбопетро- и карболитоземы, серогумусовые, светлогумусовые и серые почвы. В округе В4 распространены дерново-подзолистые, подзолисто-глеевые, гумусово-гидроморфические, перегнойно-гидроморфические, торфяные эутрофные, черноземы, серые и темногумусовые почвы.

Проведенными почвенно-географическими исследованиями установлена приуроченность к вершинам водоразделов подтайги дерново-подзолистых почв (AY-EL-BEL-BT-C), буроземов оподзоленных (AYe-BM-C) и остаточно-карбонатных (AYca-BMca-Cca). На средних и нижних частях склонов в лесостепи формируются серые типичные (AY-AEL-BEL-BT-Cca), серые метаморфические (AY-AEL-

ВМ-Сса) почвы и черноземы глинисто-иллювиальные АУ-ВІ-Сса. Разнообразие почв на террасах рек (степь и сухая степь) представлено черноземами дисперсно-карбонатными (АУ-ВСА-Сса) и каштановыми (АЖ-ВМК-САТ-Сса) почвами.

Почвы лесостепей занимают 61 % от площади Южного Предбайкалья, почвы подтайги — 21 %, степи и сухой степи — 3 %, речных долин — 15 % (рис. 1, табл. 1).

Закономерности распределения почв на территории Южного Предбайкалья обусловлены как изменениями биоклиматических условий с запада на восток, так и увеличением абсолютной высоты местности [22]. В пределах горной тайги в юго-западной и северо-восточной частях Прибайкалья сформировались сочетания почв с элювиально-иллювиальным и недифференцированным профилями. Почвы таежных ландшафтов предгорий занимают средние и низкие местоположения с осадочными породами небольшой мощности. В верхней части таежного пояса с рыхлой толщей распространены подзолистые, дерново-подзолистые почвы, а на наиболее высокой части (более 1200 м) выделяются сочетания (торфяно-) подзолов (глеевых), (торфяно-) подбуров. На кислых силикатных отложениях доминируют сочетания дерново-подзолистых почв с подзолистыми.

Особенности литологического состава почвообразующих пород, представленных ниже- и верхнекембрийскими отложениями, способствуют формированию самобытных почв — буроземов остаточно-карбонатных (дерново-карбонатных почв). При сравнении ландшафтной и почвенной карт видно, что при одном типе растительности, представленном лесными и степными сообществами, идет четкая смена типов почв в северо-восточном направлении, связанная со сменой состава почвообразующих пород с юрских бескарбонатных или низкокарбонатных на кембрийские высококарбонатные.

На мезоуровне экспозиция склонов оказала заметное влияние на пространственное распределение почв. Наветренные северо-западные склоны, принимающие большее количество осадков, заняты дерново-подзолистыми, дерново-буро-подзолистыми, серыми типичными, черноземами глинисто-иллювиальными. На подветренных, менее увлажненных юго-восточных склонах распространены буроземы оподзоленные, серые метаморфические, черноземы дисперсно-карбонатные и каштановые почвы.

На разнообразие почв, особенности их строения и свойств, закономерности пространственного распределения значительно повлиял палеокриогенез [23]. Он проявляется в виде полигонально-блочного и бугристо-западинного микрорельефа, образование которого произошло в конце плейстоцена

a

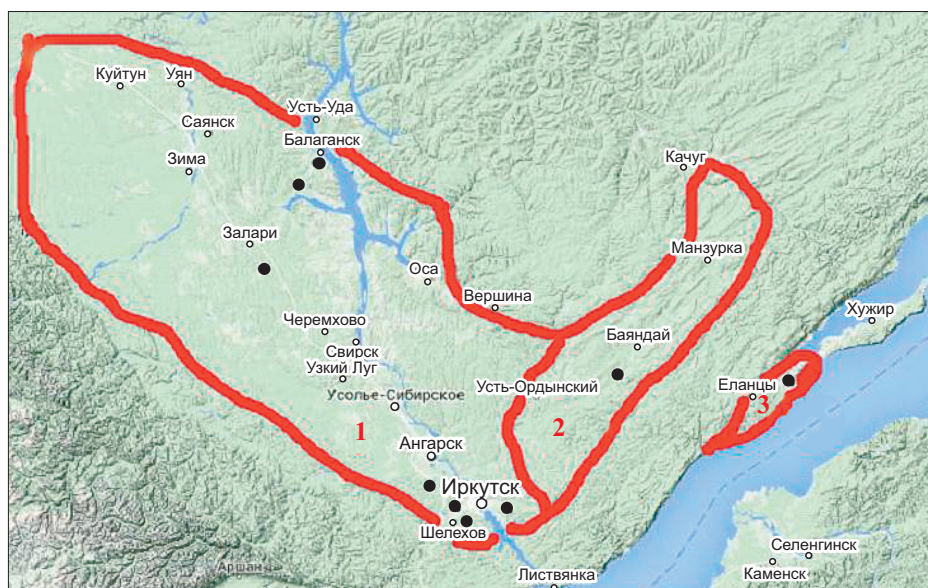
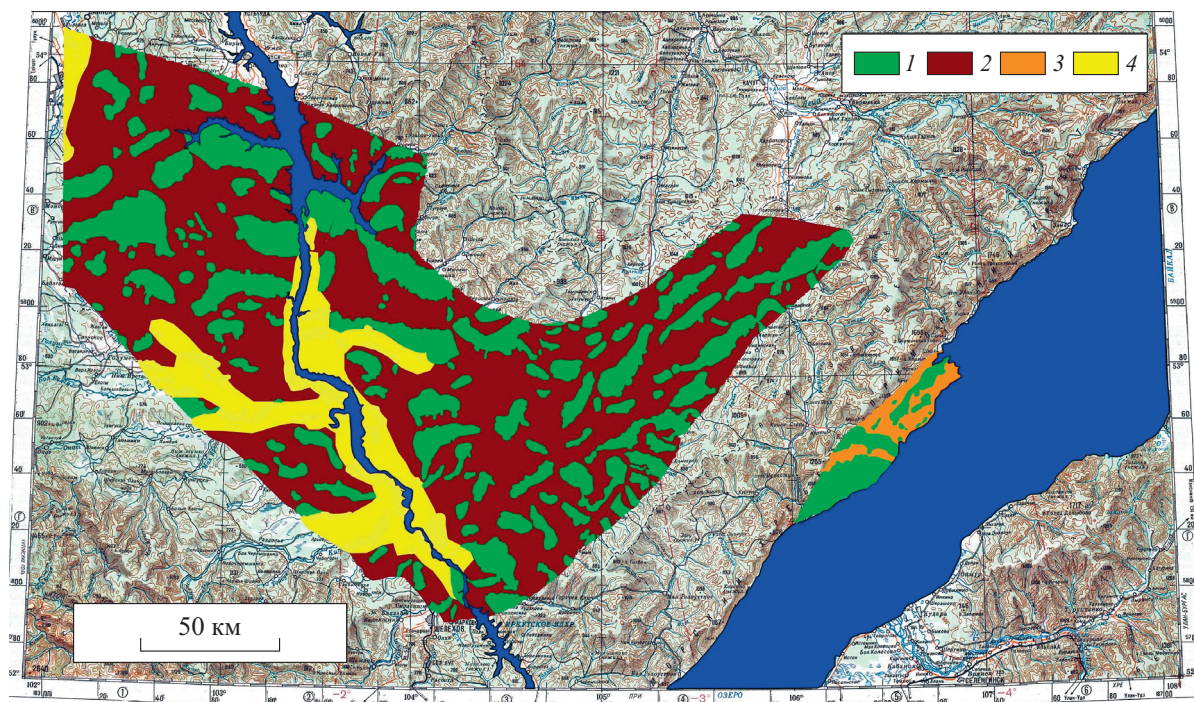


Рис. 1 (начало). Карта обследования, ландшафтов и почв Южного Предбайкалья.

a — космоснимок (<http://bestmaps.ru/map/google/terrain/7/53.503/104.739>) с нанесенными точками наблюдений закладки разрезов и отбора проб; *b* — ландшафтная карта региона. Ландшафты: 1 — средне- и низкогорно-таежные, подтаежные и южно-таежные светлохвойные, местами темнохвойные; 2 — южнотаежно-подтаежные лесостепные, местами остепненно-островные; 3 — предгорно-подгорные и пологосклоновые степные и сухостепные с редкой лиственницей; 4 — долинные равнинно-увалистые степные, лугово-степные с лугами, болотами, березняками и кустарниками. *b* — почвенная карта региона: 1–15 — см. табл. 1.

(сартанское время) при значительной аридизации климата на фоне сильного похолодания. Перигляциальные условия способствовали первоначальной разбивке поверхности на полигоны и трещины, заполненные жильным льдом, который затем в голоцене полностью вытаял. Образовавшиеся пустоты (трещины-западины) заполнялись в лесной зоне малогумусированным материалом обрушив-

б



б

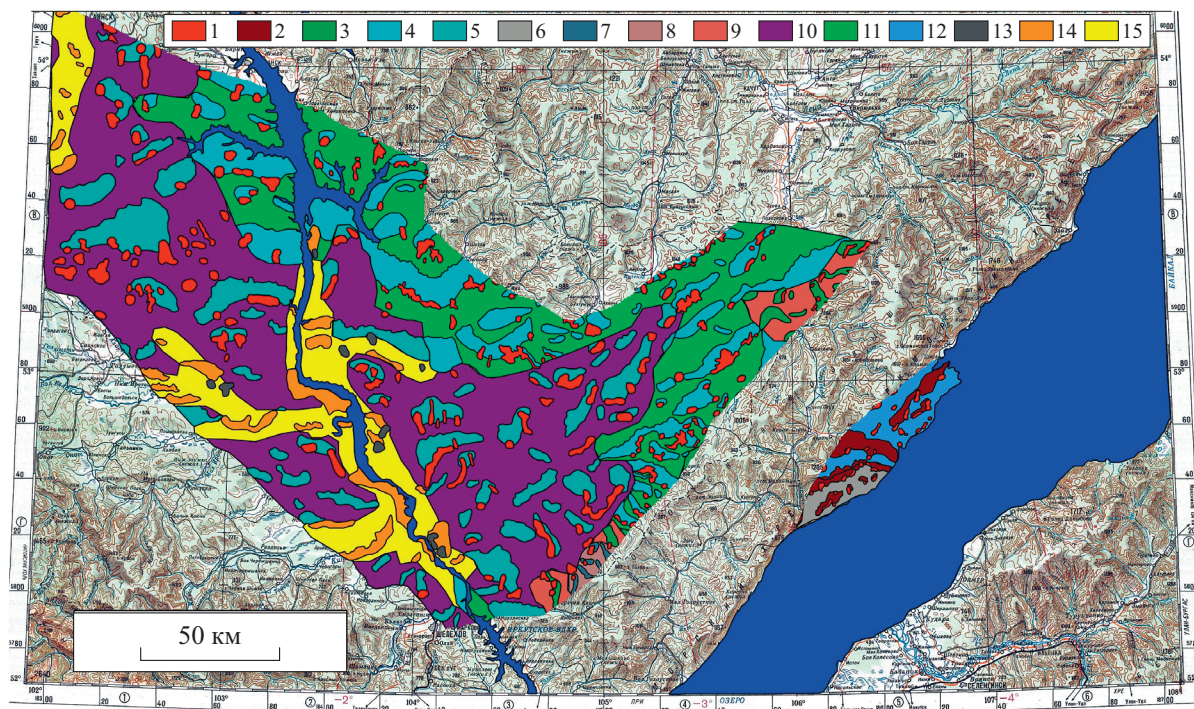


Рис. 1 (окончание).

Таблица 1

Основные факторы почвообразования Южного Предбайкалья

Номер контура	Почвы	Основные факторы почвообразования					% от общей площади	Общая площадь
		годовая температура воздуха, °С	осадки за год, мм	рельеф	горные породы, высота над ур. моря, м	растительность		
Почвы подтайги								
1	Дерново-подзолистые, в том числе остаточно-карбонатные, дерново-(торфяно)-подзолы	-2,8	415	Водораздел	(у,ц)PR ₁ , V, R, E, J, 600—1745	Средне- и низкогорные пихтово-кедровые мелкотравно-зеленомошные, листовничные ерничково-багульниковые и горнокотловинные подтаежные, южнотаежные сосновые и листовнично-сосновые кустарничково(бруснично)-травяные (зеленомошные)	2,4	20,6
2	Торфяно-подзолистые, в том числе остаточно-карбонатные и глееватые, торфяно-подзолы, торфяно-подбурь			Склон северной экспозиции	(у,ц)PR ₁ , R, 600—1250	Низко- и среднеторные сосновые и листовнично-сосновые кустарничково-травяные (зеленомошные) с фрагментами коренных темнохвойных древостоев	1,3	
3	Дерново-подзолистые, дерново-подбурь, дерново-подзолистые остаточно-карбонатные				V, 600—1000	Подтаежные, горнокотловинные и низкогорные сосновые и листовнично-сосновые кустарничково-травяные, местами остепненные	0,8	
4	Подзолистые грубогумусовые, дерново-подзолистые, буроземы остаточно-карбонатные	-3,2	383		E, 700—1000	Подтаежные, местами низкогорные сосновые и листовнично-сосновые бруснично-травяные и травяные, иногда остепненные	8	
5	Торфяно-подбурь, дерново-подзолистые				J, 600—800	Подтаежные сосновые и листовнично-сосновые бруснично-травяные	7,8	
6	Буроземы грубогумусовые, буроземы оподзоленные	-2,4	486	Склон южной экспозиции	уPR ₁ , 700—1000	Южнотаежные и низкогорные сосновые и листовнично-сосновые бруснично-травяные, местами кедровые кустарничково-зеленомошные	0,3	
Почвы лесостепи								
7	Серые, дерново-буро-подзолистые, дерново-подзолистые	-2,1	434	Склон северной экспозиции	R, 700—1000	Лесостепные сочетания сосново-березовых и березово-осиновых разнотравных лесов с фрагментами злаково-разнотравных степей	1,1	61,2
8	Серые метаморфические, темно-серые, темногумусовые остаточно-карбонатные	-1,1	489	Склон южной экспозиции	R, 700—1000	Лесостепные сосново-березовые разнотравные леса	1,8	

9	Темно-серые метаморфические, темногумусовые остаточно-карбонатные	-2,7	380		V, 600—1000	Лесостепные, местами горно-лесостепные сосново-березовые и березово-осиновые разнотравные леса с фрагментами злаково-разнотравных и кустарничковых степей	3,1
10	Темногумусовые, черноземы глинисто-иллювиальные (гидрометаморфизованные)				J, 600—800	Лесостепные сосново-березовые разнотравные леса, разнотравные злаковые степи и остепненные луга	32,9
11	Темно-серые, серые, темногумусовые остаточно-карбонатные				E, 700—1000	Луговые ковыльно-разнотравные и злаково-полынные степи с фрагментами сосново-березовых лесов	22,3
Почвы степи и сухой степи, речных долин							
12	Серогумусовые, каштановые, каштановидные	-4,1	260	Лошинно-грядловый рельеф северо-восточной экспозиции	PR ₁ , 800—1250	Низко- и среднеторные листовнично-сосновые остепненные леса с фрагментами мелколдерновинно-злаковых степей	3,4
13	Аллювиальные торфяно-минеральные и торфяно-глеевые, аллювиальные перегнойно-глеевые и темногумусовые (глеевые)	-3,6	395	Выполоченные поверхности долин рек (низкие поймы)	Q, <500	Заболоченные и кустарничковые луга, кустарниково-моховые пойменные леса	0,9
14	Слоисто-аллювиальные гумусовые, аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые			Пологие склоны северной экспозиции долин рек (высокие поймы, террасы)	Q, 500—700	Смешанные пойменные леса, разнотравно-злаковые луга, иногда заболоченные	3,1
15	Аллювиальные гумусовые, темногумусовые метаморфизованные, перегнойно-темногумусовые, черноземы дисперсно-карбонатные			Пологие склоны южной экспозиции долин рек (высокие поймы, террасы)	Q, 500—700	Светлохвойные и березовые травяно-кустарничковые леса, остепненные луга	10,8

Примечание. Горные породы: PR₁ – нижний протерозой (гнейсы, мраморы, кварциты, амфиболиты, железистые кварциты, доломиты, эффузивы, песчаники, сланцы); uPR₁ – нижний протерозой (граниты, гранодиориты, граносиениты, пегматиты, гранит-порфиры, гнейсограниты); uPR₁ – нижний протерозой (диабазы, габбро-диабазы, габбро-диориты); R – рифей (сланцы, песчаники, конгломераты, известняки, доломиты, мергели, кварциты, гнейсы); V – венд (известняки, доломиты, алевролиты, песчаники, аргиллиты, мергели, конгломераты); E – кембрий (песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки, конгломераты, медистые песчаники, гипсы, каменные соли); J – юра (песчаники, алевролиты, конгломераты, угли, брекчии, каолиниты); Q – голоцен, четвертичные отложения (галечники, пески, суглинки, илы и другие аллювиально-делювиальные отложения).

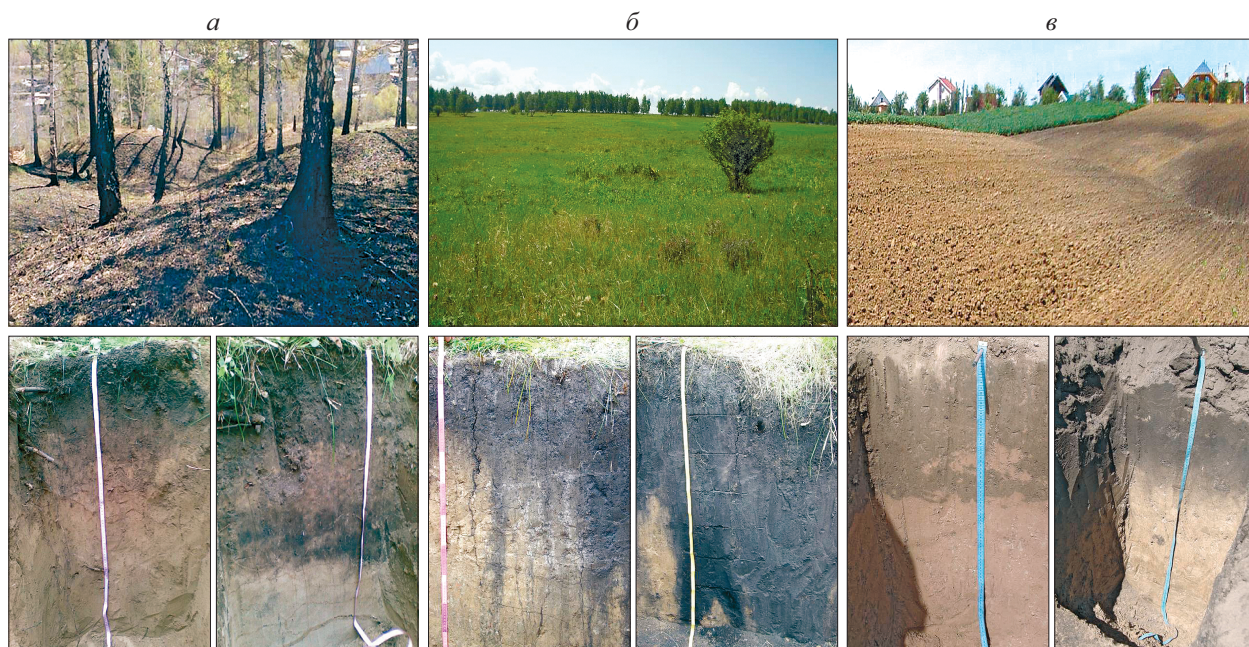


Рис. 2. Проявления бугристо-западинного рельефа на территории Южного Предбайкалья.

а — в лесу (разрезы почв на бугре и в западине); *б* — в степи (разрезы почв на бугре и в западине); *в* — на пашне (разрезы почв на бугре и в западине).

шихся стенок трещин, а в степной — гумусированным материалом верхних горизонтов высокогумусных почв полигонов-бугров. Бугры представляют собой полигоны (блоки) ненарушенного строения высотой до 3,5 м и диаметром в поперечнике — 10–20 м (рис. 2).

Почвы, развитые на полигонах-буграх, являются автоморфными и автономными, представляют собой различные «зональные» типы в зависимости от ландшафта. В результате эрозии и дефляции с их поверхности сносится почвенный, как правило тонкодисперсный, гумусированный материал в трещины-западины, что отвечает денудационной модели педогенеза.

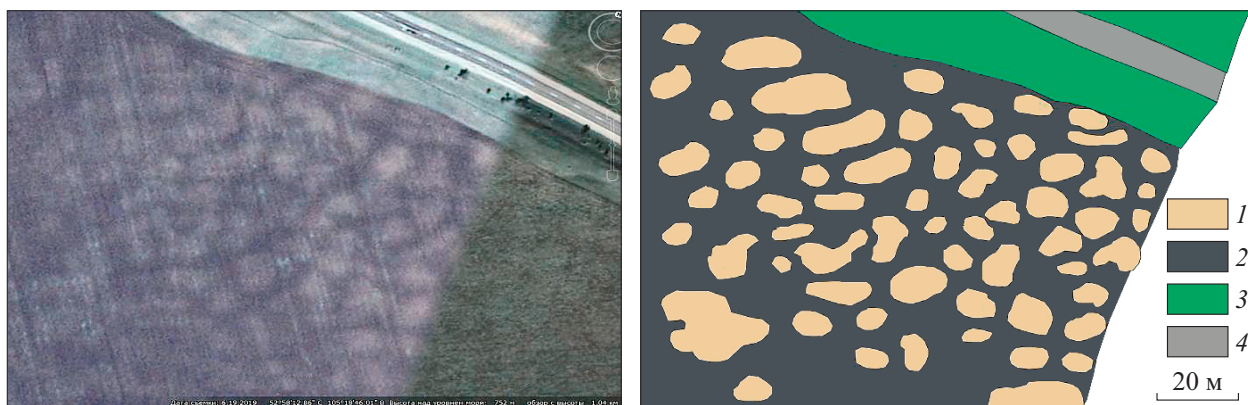


Рис. 3. Почвы целинного, распашанного и залежного участка в 10 км на восток от с. Ользоны (Баяндаевский район).

а — космоснимок Google Earth (52,58° с. ш., 105,18° в. д., высота над ур. моря — 752 м, обзор с высоты — 1,04 км); *б* — почвы: 1 — бугров (агрозоемы темные глинисто-иллювиальные); 2 — западин (агрозотоземы темногогумусовый, темногогумусовые на погребенной почве); 3 — остепненных участков придорожной полосы (черноземы глинисто-иллювиальные на буграх и стратоземы темногогумусовые, темногогумусовые на погребенной почве в западинах) и залежей (агрочерноземы глинисто-иллювиальные постагрогенные на буграх и агрозотоземы темногогумусовые постагрогенные в западинах); 4 — под дорогой.

Почвы, сформированные в условиях трещин-западин, полугидроморфные и гетерономные находятся в непосредственной близости от почв бугров на расстоянии от 10 до 40 м. Они резко отличаются генезисом, эволюцией, свойствами от почв полигонов-бугров, находятся с ними в генетико-геохимическом сопряжении, их образование соответствует аккумулятивно-осадочной (седиментационной) модели педогенеза. Поэтому, по [13], большинство почв трещин-западин отнесено к стволу синлитогенных почв, отделу и типу стратоземов темногумусовых (AU-RU-D), стратоземов серогумусовых (AY-RY-[ABC]) и темногумусовых (AU-RU-[A-B-A-C]) на погребенной почве. Часть их профиля представлена гумусированной стратифицированной толщей серо-, темно- или светлогумусового горизонтов мощностью более 40 см, погребенных какой-либо почвой или минеральным субстратом.

Дифференциация процессов почвообразования на микроуровне почвенного покрова — блоках (буграх) и межблочных понижениях (западинах) — проявилась в виде полихронных регулярно-циклических трещинных комплексов [24] (рис. 3). При исследовании свойств почв установлено их несоответствие современному растительному покрову, что вызвано различной скоростью эволюции почв и растительности. Потепление климата, его колебания в голоцене способствовали смещению площади лесных и степных ландшафтов [25], что отразилось на современном состоянии, сложности почвенного покрова, особенностях строения и свойствах почв (табл. 2).

Таблица 2

Химические, физические и физико-химические свойства некоторых почв полигонов-бугров подтайги и лесостепи

Название почвы	Горизонт, глубина, см	pH H ₂ O	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Na ⁺	CaCO ₃ , %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Fe _c /Fe _{nc}	Гранулометрический состав, %	
				мг-экв/100 г почвы						<0,001 мм	<0,01 мм	
Почвы полигонов-бугров подтайги												
Дерново-подзолистая	AY 0–5	5,9	4,40	31,0	8,2	26,7	—	—	6,71	2,92	24	44
	EL 5–15	6,3	1,00	20,2	5,0	14,8	—	—	5,88	2,17	20	41
	BEL15–54	6,5	0,50	19,3	7,7	7,1	—	—	6,50	2,43	30	48
	BT 54–75	6,9	0,29	21,6	9,2	5,6	—	—	6,44	4,16	35	55
	C 75–100	6,7	0,10	13,4	8,9	3,6	—	—	7,37	5,53	10	31
Бурозем оподзоленный	AYe 0–15	6,5	10,1	28,3	6,1	8,0	—	—	8,07	3,35	17	35
	BM 15–94	6,4	0,74	17,8	6,4	5,2	—	—	6,81	4,26	23	45
	C 94–120	6,4	0,55	20,5	7,4	3,3	—	—	6,00	4,26	30	54
Бурозем типичный остаточно-карбонатный	AYca 0–38	7,9	4,59	19,3	3,1	—	1,1	4,0	7,92	2,19	19	36
	BMca 38–77	8,5	0,72	12,4	5,9	—	1,3	18,0	7,46	2,59	17	33
	Cca77–130	8,2	0,66	8,5	8,6	—	1,6	12,0	7,69	2,50	19	32
Почвы полигонов-бугров лесостепи												
Серая типичная	AY 0–20	6,5	3,7	10,9	5,2	5,2	—	0	8,21	3,29	10	21
	AEL 20–30	6,5	0,74	9,5	3,0	2,1	—	0	8,29	1,28	12	20
	BEL 30–50	6,2	0,21	7,3	3,7	1,7	—	0	9,23	1,65	11	14
	BT 50–70	6,5	0,12	3,1	2,4	1,2	—	0	8,21	5,03	17	21
	Cca 70–115	8,2	0,22	2,5	3,2	—	—	1,5	5,44	5,04	6	10
Серая метаморфическая	AY 0–16	6,4	3,90	34,0	4,6	5,9	—	0	7,47	1,56	11	24
	AEL 16–30	6,0	3,30	17,6	8,2	1,9	—	0	7,33	2,29	12	24
	BM 30–78	6,7	0,38	18,3	12,4	1,2	—	0	6,50	2,11	12	24
	Cca 78–130	8,6	0,21	24,5	13,2	—	—	5,0	6,53	2,48	12	31
Чернозем глинисто-иллювиальный	AU 0–40	6,2	4,64	28,3	5,4	—	—	0	6,33	9,00	20	43
	BI 40–75	6,5	0,91	22,1	6,6	—	—	0	6,33	11,5	25	45
	Cca 75–120	7,9	0,62	24,9	11,0	—	—	1,0	6,28	10,1	21	42
Почвы криогенных клиновидных тел (западин) лесостепи												
Стратозем серогумусовый на погребенной почве	AY 0–15	6,0	4,40	13,5	5,8	12,5	—	—	5,70	1,50	15	29
	RY 0–37	5,9	2,33	14,5	4,5	10,6	—	—	5,78	1,50	14	28
	[A] 37–70	5,8	5,53	15,1	3,7	8,6	—	—	6,93	1,56	14	33
	[B] 70–90	5,8	0,49	11,1	3,2	8,1	—	—	6,81	1,56	15	38
	[C] 90–125	5,8	0,48	10,6	3,8	6,0	—	—	6,67	1,86	9	19

Примечание. Здесь и в табл. 3: прочерк — показатель не определялся.

Консервативные свойства (элементный и гранулометрический состав минеральной части) отражают предшествующие стадии развития почв и соответствуют былой растительности, под влиянием которой мог сформироваться дифференцированный по подзолисто-му типу профиль дерново-подзолистых почв, буроземов оподзоленных и серых почв.

Сухость и суровость климата, основной состав почвообразующих пород обуславливают слабость проявления, низкие темпы процессов выветривания, почвообразования и оподзоливания в исследуемых почвах подтайги и лесостепи, что является причиной невысокой кислотности верхних горизонтов, заметного подщелачивания нижних. Заторможенность процессов выветривания и почвообразования подтверждается значениями показателя степени выветрелости почвенной массы Fe_c/Fe_{nc} [26]: чем меньше это отношение, тем выше степень выраженности процессов выветривания.

Значительное влияние на почвообразование оказывает длительное нахождение почв в мерзлом состоянии. Криогенез способствует уменьшению химического стока, снижению растворимости многих элементов, обогащению их легко- и труднорастворимыми солями. Он является причиной слабо-

Таблица 3

Химические, физические и физико-химические свойства некоторых почв полигонов-бугров степи и сухой степи, криогенных клиновидных тел (западин)

Название почвы	Горизонт, глубина, см	pH H ₂ O	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Na ⁺	CaCO ₃ , %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Fe _c /Fe _{nc}	Гранулометрический состав, %	
				мг-экв / 100 г почвы							<0,001 мм	<0,01 мм
Почвы полигонов-бугров степи и сухой степи												
Чернозем дисперсно-карбонатный	AU 0–49	8,1	4,34	20,3	7,6	–	0,60	0,4	7,64	5,67	16	32
	BCa 49–122	9,0	1,24	9,4	12,1	–	1,64	8,0	7,64	6,69	21	37
	Cca 122–130	9,6	0,59	0,0	18,0	–	3,48	24,0	7,58	9,00	21	29
Каштановая типичная	AJ 0–20	7,9	3,83	8,3	0,0	–	0,46	0,1	8,77	7,33	10	15
	BMK 20–50	8,5	1,95	4,6	3,0	–	0,84	3,0	6,76	6,14	14	21
	CAT 84–124	8,4	0,19	5,3	5,0	–	1,83	3,9	6,70	11,5	14	18
	Cca 124–150	8,6	0,21	3,4	3,9	–	1,60	3,4	6,83	13,3	12	17
Почвы криогенных клиновидных тел (западин) степи												
Стратозем темногумусовый	AU 0–30	5,4	7,41	30,4	6,2	–	–	0	6,33	9,00	24	43
	RU 30–120	5,5	7,52	31,3	11,7	–	–	0	6,33	11,50	29	45
	D 120–130	5,6	9,71	27,0	10,4	–	–	0	6,28	10,11	28	44

Таблица 4

Результаты радиоуглеродного датирования гуминовых кислот современных и погребенных гумусовых горизонтов криогенных клиновидных тел (западин) – стратоземов [27]

Название почвы	Лабораторный номер	Горизонт, глубина, см	Радиоуглеродный возраст, ¹⁴ C л. н.	Интервал калиброванного возраста, л. н.
Стратозем серогумусовый на погребенной почве	ИГАН-3214	A(RY) 0–37	1960 ± 50	1867 BP – 1952 BP 1959 BP – 1972 BP 1977 BP – 1986 BP
	ИГАН-3215	A(A) 37–70	4260 ± 60	4650 BP – 4671 BP 4701 BP – 4759 BP 4944 BP – 4948 BP
Стратозем темногумусовый	ИГАН-3219	Ad(AU) 0–30	2510 ± 40	2497 BP – 2597 BP 2612 BP – 2638 BP 2687 BP – 2720 BP
	ИГАН-3217	A(AU) 13–30	2720 ± 50	2768 BP – 2854 BP
	ИГАН-3220	A(RU) 30–68	6030 ± 70	6759 BP – 2597 BP 6784 BP – 6966 BP

кислой, нейтральной или слабощелочной реакции среды, повышенного содержания гумуса, обменных оснований, заторможенности процессов выветривания и почвообразования, снижения биологической активности почв, разложения органического вещества.

В почвах степей, как и лесных ландшафтов, значительные количества гумуса и обменных оснований сконцентрированы в небольшом по мощности (0–50 см) гумусовом горизонте (табл. 3).

Высокое содержание корней в верхней части профиля, резкое его падение с глубиной из-за низких температур внизу профиля является региональной спецификой почв. Повышенная концентрация магния обусловлена особенностью минералогического и химического состава почвообразующих пород региона.

Большинство почв криогенных клиновидных тел трещин-западин имеют в своем профиле погребенные гумусовые горизонты (табл. 4).

В лесных почвах наблюдается залегание более светлого горизонта между современным и погребенным, в степи — идет нарастание интенсивности окраски вниз по профилю. Радиоуглеродные датировки, свойства гумуса, элементный состав гуминовых кислот указывают на формирование дневных гумусовых горизонтов в современную фазу почвообразования, а погребенных — в более теплое атлантическое время, характеризующееся развитием высокотравной мезофильной растительности и высокогумусных почв [27].

Установлено, что формирование почвенного покрова в целом идет по определенному генетическому коду, заложенному в ходе эволюции природной среды. Палеогеографические условия, определившие разнообразие почв, их пространственное распределение, специфику почвообразования, являются своеобразным фундаментом (матрицей).

ВЫВОДЫ

1. Спецификой почвообразования исследуемой территории является высокая инерционность изменений свойств почв при смене биоклиматических условий. Профиль большинства типов почв региона, занимающих повышенные элементы рельефа от макро- до микроуровня, сформировался за счет наложения одних горизонтов на другие с последующим их преобразованием или консервацией.

2. На макроуровне совместное влияние котловинного эффекта и аридно-теневой формы вертикальной зональности способствовало развитию резкоконтрастных ландшафтов в Южном Предбайкалье. Вершины водоразделов заняты подтайгой, средние и нижние части склонов — лесостепью, террасы рек — настоящей и сухой степью. Низкие влаго- и теплообеспеченность обуславливают территориальное соседство почв, сильно различающихся по строению и свойствам.

3. В почвенном покрове региона представлены почвы текстурно-дифференцированного (дерново-подзолистые, буроземы оподзоленные, серые типичные), структурно-метаморфического (буроземы остаточного-карбонатные, серые метаморфические), гумусово-аккумулятивного (черноземы глинисто-иллювиальные и дисперсно-карбонатные) и аккумулятивно-карбонатного (каштановые) отделов постлитогенного ствола.

4. Решающую роль в пространственном распределении почв на мезоуровне играет экспозиция склонов: наветренные северо-западные склоны заняты дерново-подзолистыми, дерново-буро-подзолистыми, серыми типичными, черноземами глинисто-иллювиальными; подветренные юго-восточные — буроземами оподзоленными, серыми метаморфическими, черноземами дисперсно-карбонатными, каштановыми почвами.

5. Бугристо-западинный палеокриогенный микрорельеф обуславливает микроуровень почвенного покрова, состоящего из контрастных почвенных микрокомбинаций. Он, как правило, представлен комплексами автоморфных, автономных, деградированных почв на полигонах-буграх и полугидроморфных, гетерономных, аккумулятивных — в криогенных клиновидных структурах (западинах). Происходит значительное усложнение почвенного покрова, увеличивается его почвенное разнообразие.

6. Образование почв полигонов-бугров идет в ненарушенной массе грунта, что отвечает постлитогенному типу почвообразования. В результате эрозии и дефляции происходил постоянный снос почвенного материала в западины в соответствии с денудационной моделью педогенеза.

7. Формирование криогенных клиновидных тел в западинах идет в переотложенном почвенном материале, снесенном с соседних полигонов-бугров, что указывает на синлитогенный тип почвообразования. Наличие одного или нескольких погребенных гумусовых горизонтов с резко отличными от современных (дневных) гумусовых горизонтов свойствами отражает аккумулятивно-осадочную (седиментационную) модель педогенеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. — М.: Наука, 2005. — 223 с.
2. Таргульян В.О. Теория педогенеза и эволюции почв. — М.: ГЕОС, 2019. — 296 с.
3. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Отв. ред. Г.В. Добровольский, И.Ю. Чернов. — М.: Товарищество научных изданий «КМК», 2011. — 273 с.
4. Красильников П.В., Герасимова М.И., Голованов Д.Л., Коношкова М.В., Сидорова В.А., Сорокин А.С. Почвенное разнообразие и его значение в контексте современной географии почв // Почвоведение. — 2018. — № 1. — С. 3–16.
5. Toomanian N. Pedodiversity and landforms // Pedodiversity. — Boca Raton: CRC Press, 2013. — P. 133–152.
6. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития / Отв. ред. А.Р. Батуев. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — 90 с.
7. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. — Новосибирск: Наука, 1988. — 175 с.
8. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район / Ред. А.Н. Антипов. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — 147 с.
9. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М., Наумова А.М., Руденко Г.В. Иркутская область (природные условия административных районов). — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 1993. — 304 с.
10. Коновалова Т.И. Ландшафты. Физико-географическое районирование // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2017. — С. 84–89.
11. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П. Картографическое изучение биоты. — Иркутск: Облмашинформ, 2002. — 160 с.
12. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. — Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. — 288 с.
13. Классификация и диагностика почв России / Авт.-сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 324 с.
14. Landsat Look Viewer. Access mode [Электронный ресурс]. — <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html> (дата обращения 22.08.2019).
15. SRTM Tile Grabber. Access mode [Электронный ресурс]. — <http://dwtkns.com/srtm/> (дата обращения 5.09.2019).
16. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. — М.: ГЕОС, 2006. — 400 с.
17. Чичагова О.А., Хохлова О.С., Зазовская Э.П., Горячкин С.В. Радиоуглеродный анализ и проблемы памяти почв // Память почв. Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008. — С. 182–203.
18. Карта почвенно-географического районирования СССР (для высших учебных заведений) м-б 1:8 000 000 / Под ред. Г.В. Добровольского, Н.Н. Розова, И.С. Урусевской. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 1 л.
19. Белозерцева И.А. Почвенный покров // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2017. — С. 50–55.
20. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Белозерцева И.А., Гынинова А.Б., Сороковой А.А., Убугунов В.Л. Почвы бассейна оз. Байкал: итоги исследования за 1980–2017 гг. // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 4. — С. 76–87.
21. Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Бадмаев Н.Б., Убугунов В.Л., Доржготов Д., Батхшиг О., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.Н., Цыбирдоржиев Ц.Д.-Ц., Сороковой А.А. Карта «Почвы бассейна озера Байкал». М-б 1:2 500 000. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015 [Электронный ресурс]. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=24268323> (дата обращения 05.09.2019).
22. Семёнов Ю.М., Смоленцев Б.А., Десяткин Р.В., Семёнова Л.Н., Белозерцева И.А. Почвенный покров // Природа. Серия монографий «География Сибири в начале XXI века». — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — Т. 2. — С. 206–231.
23. Воробьева Г.А. Эволюция почв предгорий и низкогорий юга Средней Сибири в голоцене // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. — М.: ГЕОС, 2015. — С. 686–703.
24. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. — М.: Мысль, 1972. — 423 с.
25. Белов А.В., Соколова Л.П. Геоботаническое прогнозирование в системе экологической оптимизации природопользования в Байкальской Сибири // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 1. — С. 45–54.
26. Зонн С.В. Железо в почвах. — М.: Наука, 1982. — 207 с.
27. Козлова А.А., Кузьмин В.А., Зазовская Э.П. Почвы палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. — 2013. — № 10. — С. 1181–1192.

Поступила в редакцию 21.10.2019

После доработки 20.02.2020

Принята к публикации 25.09.2020