
ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК 631.48

СПЕЦИФИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ДЕРИВАТАХ ПОРОД ОСНОВНОГО СОСТАВА В ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

© 2026 г. А. Б. Гынинова^{1, *}, Н. Б. Бадмаев¹, Б. Д. Гынинова¹,
А. Ц. Мангатаев¹, М. О. Рампилов^{2, 3}

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия

²Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия

³Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия

*e-mail: ayur.gyninova@mail.ru

Поступила в редакцию 14.10.2025 г.

После доработки 12.12.2025 г.

Принята к публикации 23.12.2025 г.

Почвообразующие породы большинства почв Забайкалья представлены продуктами выветривания гранитоидов. Основные и средние породы в Забайкалье занимают около 20% территории. Особенности их выветривания, вовлечения в почвообразование и латеральный перенос в условиях влияния многолетней мерзлоты и глубокого промерзания имеют специфику, оказывающую большое влияние на свойства почв и формирование почвенного покрова. В связи с этим актуально установить особенности почвообразования на дериватах основных пород в регионе. В условиях влияния многолетней мерзлоты исследование почв на сиаалитной (элювиальной и аккумулятивной) корях выветривания метаэффузивов кембрия тяжелого гранулометрического состава показало, что на элювии в горнотаежных ландшафтах юга Витимского плоскогорья формируются дерново-криометаморфические почвы. Для них характерно накопление грубого гумуса, осветление подгумусового горизонта, лессиваж и криогенное агрегирование. В геохимически подчиненных межгорных понижениях формируется гумус мюллер, накапливается кальций, происходит перераспределения илистой фракции. Это приводит к образованию черноземов глубокоморозотных языковатых из-за наличия морозобойных трещин. На севере Селенгинского среднегорья продукты выветривания базальтов юры имеют песчано-пылеватый состав. Под криоксерофитными степными сообществами в условиях аридного климата и длительного промерзания происходит активное накопление гумуса, в подножии — аккумуляции карбонатов. На элювии формируются короткопрофильные литоземы криогумусовые, на прилегающей равнине — типичные криоаридные почвы с натечными карбонатными пленками в нижней части профиля.

Ключевые слова: почва, коренные породы, выветривание, метаморфизм, накопление пылеватых фракций, экологические ниши, криогенез, классификация почв

DOI: 10.7868/S2658697526020088

ВВЕДЕНИЕ

В условиях горно-котловинного рельефа Забайкалья геологическая основа и характер ее выветривания наряду с многочисленными факторами оказывают большое влияние на генезис и эволюцию почв, определяя особенности процессов почвообразования. Б.Б. Полюнов в Северной Монголии (1956) выделял остаточную (грубообломочную, карбонатную и сиаалитную) и аккумулятивную (хлоридно-сульфатную,

карбонатную и сиаалитную) коры выветривания. В.М. Корсунов и др. (2002) на территории Бурятии описали почвы на сиаалитном ортоэлювии и делювии коренных пород. Большое внимание специфике почвообразующих пород (почвоэлювию) уделяли при исследовании почв Сибири В.О. Таргульян (1971), И.А. Соколов (1973, 1978, 1997, 2004). Согласно С.В. Горячкину (2010) в Северной Евразии проблемы географии почв — это проблемы соотношения

биоклиматогенных и геогенных, связанных с субстратом и рельефом, признаков в почвенном покрове, т.е. биоклиматические закономерности накладываются как на пестрый, так и на однородный состав почвообразующих пород.

В связи с тем, что большая часть территории Саяно-Байкальской складчатой области сложена гранитными породами крупнейшего в мире Ангара-Витимского батолита (Литвиновский и др., 1993), в Забайкалье почвообразующие породы большинства почв, в основном, представлены продуктами выветривания гранитоидов, среди которых доминируют легкие суглинки и супеси (Ногина, 1964; Экологический ..., 2015). Внедрение в палеозое различного состава интрузий в многокилометровые протерозойские толщи морских осадков и продукты вулканических извержений обусловили образование на фоне гранитоидов основных и средних пород (Руженцев и др., 2012; Фишев и др., 2011).

В Западном Забайкалье основные элементы геоморфологического строения представлены Витимским плоскогорьем и Селенгинским среднегорьем (Флоренсов, Олюнин, 1965). Среднегорье представляет собой низкие горные гряды и цепи холмов, разделенные межгорными широкими и удлиненными мезозойскими (забайкальскими) впадинами. Рельеф Витимского плоскогорья представлен широкими увалами, чередующимися с межгорными понижениями, покрытыми делювиальными и озерными отложениями.

Согласно С.В. Горячкину и др. (2008) Забайкалье относится к горному региону с частой сменой различных типов “оксидно-железистой матрицы” и ороклиматической дифференциацией, что определяет сложную пространственную организацию почвенного покрова района исследований. В соответствии с вертикальной поясностью на юге Витимского плоскогорья на вершинах увалов, на продуктах выветривания гнейсов, гранитов, известняков, кристаллических сланцев, базальтов и палеобазальтов (Базаров, 1987). А.И. Куликовым и др. (1997) описаны мерзлотно-таежные почвы, а в межгорном понижении на делювии мерзлотно-лугово-черноземные почвы. На отложениях озерно-делювиального генезиса под остепненными лугами обнаружены вертисоли (Kovda et al., 2016), в днищах высохших озер, в понижениях рельефа и по периферии соленых озер описаны солонцы лугово-черноземные и лугово-черноземные засоленные почвы (Черноусенко, 2022). В южном Забайкалье, в нижней тайге на дериватах пород, представленных богатыми основаниями глинистыми сланцами, описаны дерново-таежные неоподзоленные почвы (Вторушин, 1982).

Процессы выветривания и метаморфизма пород в Забайкалье осложняются влиянием многолетней мерзлоты и длительного сезонного промерзания. Согласно В.Н. Конищеву (2013) специфика криогенного выветривания проявляется в том, что зерна кварца разрушаются до фракции 0.05–0.01 мм, а зерна полевых шпатов, не измененных процессами пелитизации, дробятся до размера 0.1–0.05 мм. При этом образуется мелкозем с доминированием указанных фракций. О том, что подобные отложения характерны для холодных климатических условий свидетельствуют работы Ж. Ванденберга и Г. Нагтерена (Величко и др., 2004; Vandenberghe and Nugteren, 2001). Роль криогенного фактора также проявляется в агрегировании почв (Gyninova et al., 2024; Van Vliet-Lanoë and Fox, 2018).

Специфика почвообразования на дериватах пород разного возраста в условиях влияния многолетней мерзлоты и глубокого длительного промерзания в Забайкалье требует внимания с точки зрения уточнения их классификационного положения. Ранее нами были представлены пространственная организация и общие параметры экологических ниш почвенного покрова юга Витимского плоскогорья и севера Селенгинского среднегорья (Бадмаев, Гынинова, 2023; Badmaev et al., 2021). Оценка влияния пестроты и неоднородности литологии данной территории, при резкой континентальности климата Забайкалья и широкого распространения сезонной и многолетней мерзлоты на своеобразие почвообразования, является актуальной.

Цель работы — выявить особенности строения и свойств почв на дериватах пород основного состава в условиях влияния криогенного фактора в Забайкалье.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются почвы южной части Витимского плоскогорья и севера Селенгинского среднегорья. Ключевые участки были заложены на расстоянии около 100 км друг от друга, приблизительно на одной широте. Плоскогорье характеризуется рельефом, представленным увалами с превышением <100 м, среднегорье представлено хребтами, вытянутыми в направлении ЮЗ-СВ, с превышением также в основном <100 м. Между ключевыми участками существует разница в высотных отметках примерно 200 м, которая определила принадлежность их разным высотным поясам. При движении от Витимского плоскогорья к Селенгинскому среднегорью лиственный тайга и луговые степи сменяются криоксерофитными степями, иногда с редкостойными сосняками на вершинах. В связи с этим ключевые участки

имеют весьма значимые отличия параметров экологических ниш (табл. 1).

На юге Витимского плоскогорья в зоне распространения многолетней мерзлоты находится ключевой участок “Дархитуй”. Территория характеризуется среднегодовой $t -4.1^{\circ}\text{C}$, $\Sigma_{\text{осадков}} 305$ мм/год, $K_{\text{увл}} 0.61$ (Жуков, 1960), а климат — как семиаридный на равнине и нормальный в горной тайге (Ковда, 1973). Участок “Булум” расположен на севере Селенгинского среднегорья, имеет среднегодовую $t -2.7^{\circ}\text{C}$, $\Sigma_{\text{осадков}} 210$ мм/год, $K_{\text{увл}} 0.39$, характеризуется глубиной промерзания ~ 3 м (Бадмаев и др., 2021),

климат относится к категории аридный. Каждый участок включает разрезы в привершинной части возвышенностей и на прилегающей равнине (рис. 1).

Анализ морфологического строения проведен в соответствии с методами, предлагаемыми Б.Г. Розановым (2004). Физико-химические свойства и химический состав определялись: рН потенциометрически, обменные катионы — раствором NaCl; гидролитическая кислотность — по Каппену (уксуснокислым натрием), обменные основания — комплексометрически; в карбонатных горизонтах определялись емкость

Таблица 1. Экологические ниши почв

Ключевой участок		“Дархитуй”		“Булум”	
№ разреза		3E	1E	5Хор	8Хор
Координаты	N	52°31'04.7"	52°30'53.0"	52°20'33"	52°20'33"
	E	111°26'02.3"	111°32'44.3"	110°15'55"	110°16'08"
Факторы почвообразования					
Положение в рельефе		Вершина	Подгорная равнина	Вершина	Подножие склона
Высота, м		1017	950	780	738
Крутизна, °		1–3	<1	<1	<1
Обломки пород в горизонтах С или D		Метаэффузивы, базальты, песчаники, сланцы		Трахибазальт, базальт с цеолитом	
Минералы мелкозема почвообразующей породы (из описания шлифов)		Глинистые минералы, кварц, полевые шпаты, слюда, магнетит, эпидот, вулканическое стекло, амфибол, карбонаты		Плагиоклаз (основной) оливин, магнетит, амфибол, вулканическое стекло, карбонаты, глинистые минералы (весьма мало)	
Возраст коренных пород, млн лет		Кембрий (505–540)		Юра (144–213)	
Почвообразующие породы		Элювий, тяжелый суглинок	Делювий, тяжелый суглинок	Элювий, щебнисто-дресвянистый пылевато-песчаный	Делювий, песчано-пылеватый
Ландшафтная фация		Элювиальная	Аккумулятивная	Элювиальная	Аккумулятивная
Среднегодовая t		-4.1°C		-2.7°C	
Годовая $\Sigma_{\text{осадков}}$, мм		305		210	
Испаряемость, мм		—	496.0	535.5	
$K_{\text{увл}}$		—	0.61	0.39	
Фация климата		Нормальная	Семиаридная	Аридная	
Мерзлотность почвы		Мерзлотная, глубоко протаивающая		Глубоко и длительно промерзающая	
Глубина, см		Протаивания, 270–300		Промерзания, 300–400	
Растительность		Лиственничник с березой	Луговая степь	Криоксерофитная степь	



Рис. 1. Расположение почвенных разрезов на территории Витимского плоскогорья и Селенгинского среднегорья. Геокриологическое районирование территории (а) и геологическое строение ключевых участков Дархитуй (б) и Булум (в).

катионного обмена (ЕКО) по Бобко-Аскинази, CO_2 карбонатов объемным методом; С — по методу Тюрина с фотометрическим окончанием (Аринюшкина, 1961; Ринькис и др., 1987; Теория ..., 2006). Определение гранулометрического состава почвы проводили при помощи лазерного дифракционного анализатора размера частиц (Konert and Vandenberghe, 1997) без обработки диспергирующими реактивами. При определении классификационного положения почв руководствовались полевым определителем (Полевой ..., 2008).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфология. На участке “Дархитуй” заложены разрезы: р. 3Е в 10 км на запад от с. Сосново-Озерское в привершинной части горы Дархитуй под лиственничником и на прилегающей равнине под лугово-степной растительностью (р. 1Е) на территории стационара в с. Сосново-Озерское (рис. 2).

Превышение между разрезами составляет 67 м. Диагностика почвообразовательных процессов с привлечением микроморфологических исследований показала роль криогенного факто-

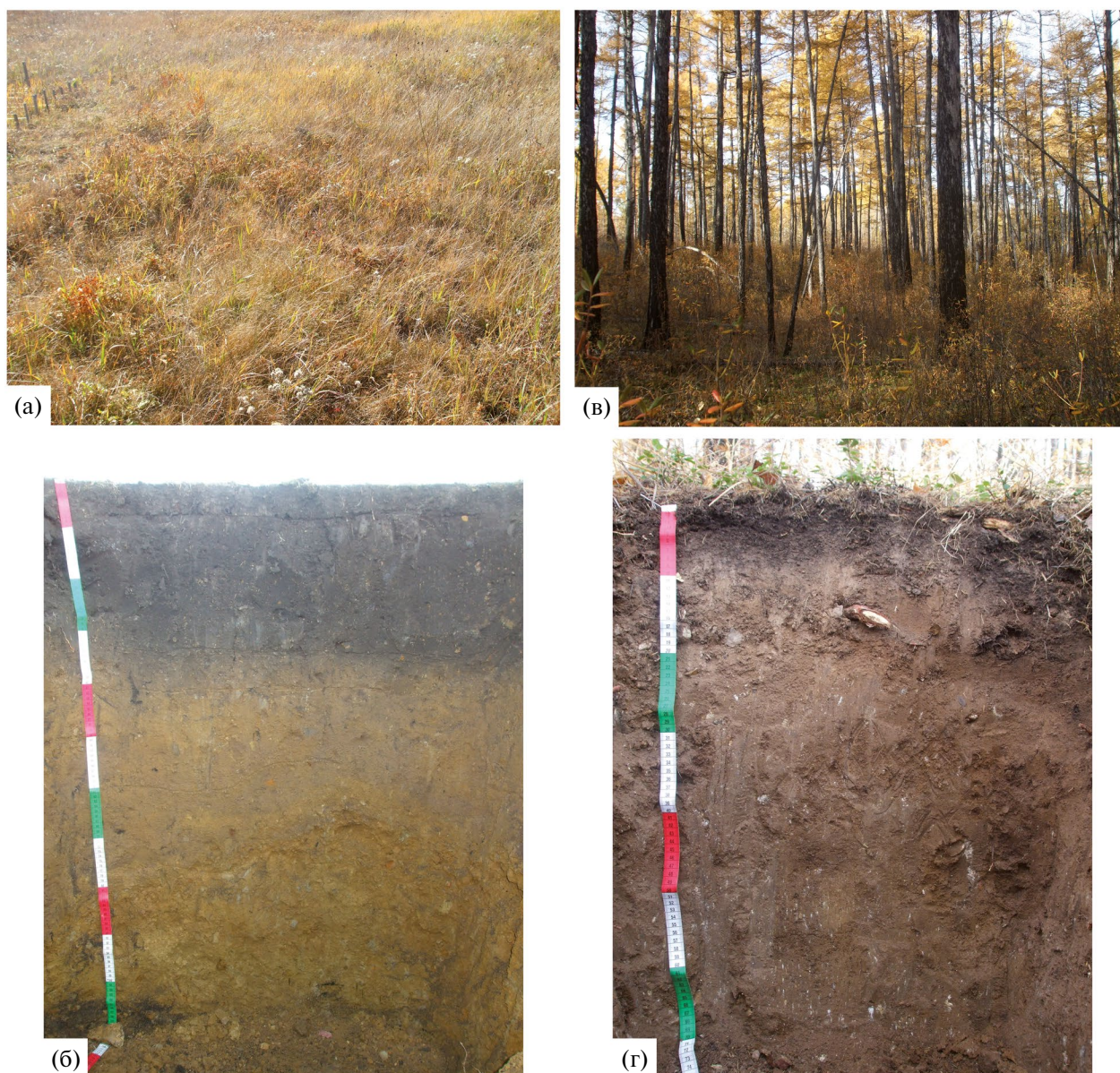


Рис. 2. Растительный покров и профили почв участка “Дархитуй”: (а) растительный покров предгорной равнины на р. 1Е; (б) профиль почвы р. 1Е; (в) растительный покров привершинной части возвышенности на р. 3Е; (г) профиль почвы р. 3Е.

ра в формировании структуры почвенной массы минеральных горизонтов и позволили высказать предположение, что почвы привершинной части относятся к отделу криометаморфические, а в название почвы равнины включить квалификатор “мерзлотный” (Гынинова, Бадмаев, 2021).

Разрез 3Е вскрывает почву с профилем: АУао(0–5/6) — АУ(5/6–9) — АУе(9–14) — CRMi(14–32) — CRM(32–53) — BCcm(53–108) (см. рис. 2г). Горизонты характеризуются следующими диагностическими признаками: грубогумусность и буроватость в окраске аккумулятивного горизонта, осветление подгумусовой части профиля, тусклая бурая окраска (7.5YR 4/4), творожистость структуры и тяжелый гранулометрический состав горизонтов средней части

профиля и агрегированность почвообразующей породы. Эти признаки позволяют предположить принадлежность почвы к типу дерново-криометаморфических грубогумусированных, подтипу — оподзоленных (Полевой ..., 2008).

Разрез 1Е вскрывает профиль с горизонтами АУдерн(0–9) — АУ(9–24/25) — АУBI(24/25–38/45) — BI(38/45–65/75) — BCa(65/75–89/96) — BCca(89/96–150) — Cq(150–180) (см. рис. 2б). Среди диагностических признаков: темно-серая до черной окраски и оструктуренность аккумулятивного горизонта; ореховато-комковатая с тонкой кутаной структура горизонта BI; карбонатные пятна, слабое агрегирование и признаки надмерзлотного гидроморфизма в виде охристых примазок и пятен

в горизонтах ВСа, ВСс и Сq. Морфологическое строение почвы соответствует типу чернозем глинисто-иллювиальный квазиглееватый темно-языковатый глубокомерзлотный. Многолетняя мерзлота, несмотря на то, что за последние десятилетия опустилась примерно на 1 м, создает условия повышенной влажности и оказывает влияние на глинистый метаморфизм и гумификацию.

Участок “Булум” (рис. 3) расположен в 35 км на СВ от с. Хоринск по трассе Улан-Удэ—Багдарин. Заложены разрезы: р. 5Хор (см. рис. 3б) — в привершинной части сопки в отрогах хр. Зусы, р. 8Хор (см. рис. 3в) — в 5 км на СЗ от трассы, в подножии склона восточной экспозиции в 200 м от р. 5Хор.

Разрез 5Хор заложен на вершине с отметкой 780 м под криоксерофитной степной растительностью с проективным покрытием 30% (см. табл. 1). Профиль почвы состоит из горизонтов: АК(0–14) — АС(14–20/22) — R(>20/22) с общей мощностью 22 см. Криогумусовый горизонт имеет каштановый цвет (5YR 4/2), комковатую структуру, горизонт АС — серовато-светло-бурый (10YR 4/2), бесструктурный. Гранулометрический состав горизонтов супесчаный пылеватый. Подстилающая порода состоит из обломков базальтов и супесчаного заполнителя. Маломощность профиля и его строение позволяют определить принадлежность почвы к типу литозем криогумусовый.

Разрез 8Хор в подножии возвышенности на отметке 738 м под степной криоксерофитной растительностью с проективным покрытием около 80%

вскрывает профиль почвы с горизонтами АК(0–16) — АВ(16–28) — Врl(28–36) — ВСic(36–47) — R(>47). Горизонт АК легкосуглинистый, пылеватый, каштанового цвета (5YR 4/2), с порошисто-комковатой, скрепленной корнями структурой. Подгумусовый горизонт АВ супесчаный, серовато-бурый (5YR 5/2), плотный, с комковатой с призматичностью структурой и волнистой с кармановидными затеками границей. Горизонт Врl супесчаный, серовато-палевый (10YR 5/3), с включениями щебня, с серыми пятнами сапролита, плотный, структура не выражена. ВСic — супесчаный серовато-желтый с серыми пятнами от срезов сапролита (10YR 4/4), плотный, без признаков агрегирования, с большим количеством дресвы и щебня. На поверхности щебня глинисто-железистые и карбонатные натечные пленки, вскипающие под воздействием HCl. R — щебнистый: сапролит серо-сизого цвета с бурым супесчано-дресвянистым заполнителем (10YR 4/2).

Однако признаки криогумусовости аккумулятивного горизонта палевые тона в окраске подгумусового горизонта, отсутствии признаков агрегированности горизонтов Врl и ВСic и карбонатные пленки в нижней части профиля позволяют предположить, что исследованная почва по набору генетических горизонтов более близка типу криоаридных типичных отдела палево-метаморфических почв (Бронникова и др., 2022).

Физико-химические свойства. В р. 3Е содержание органического вещества поверхностного горизонта и гумуса в горизонте АУ высокие, что обуславливает и высокую ЕКО (табл. 2).

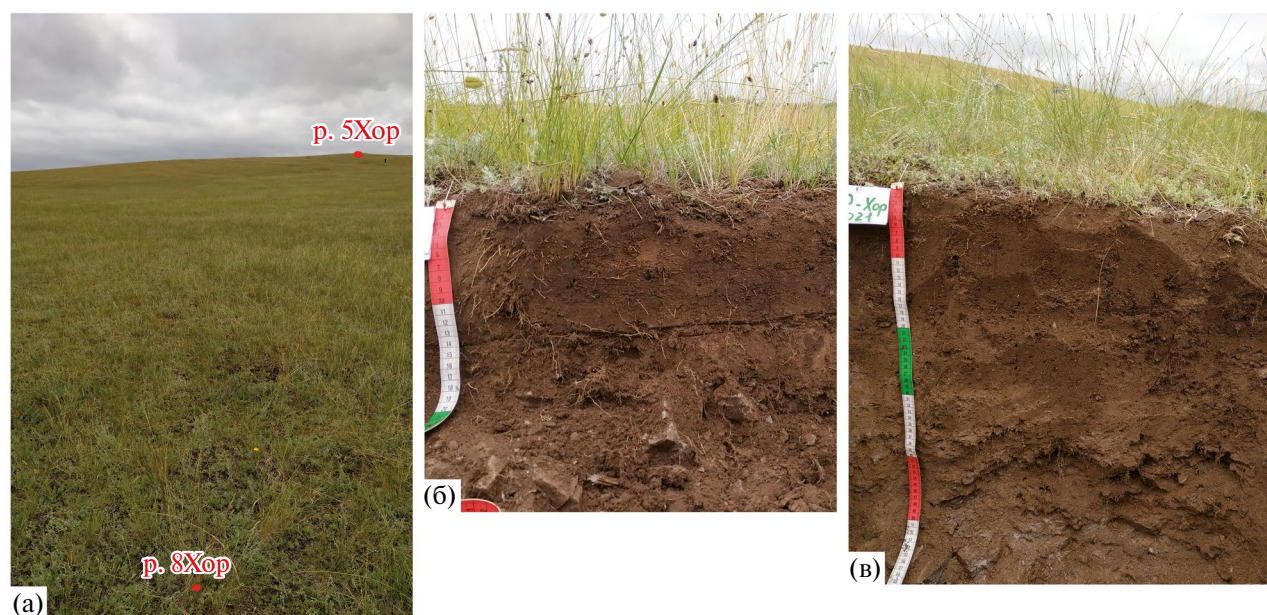


Рис. 3. Растительный покров и профили почв участка “Булум”: (а) растительный покров участка “Булум” с указанием местоположения почвенных разрезов; (б) профиль почвы в привершинной части холма, р. 5Хор; (в) профиль почвы в подножии склона, р. 8Хор.

Таблица 2. Физико-химические свойства почв

Горизонт, глубина (см)	pH		Гумус общ., %	Обменные кт		Н ⁺ гидр.	ЕКО	СНО
				Ca ²⁺	Mg ²⁺			
	H ₂ O	KCl		смоль(экв)/кг почвы				
Дерново-криометаморфическая грубогумусированная оподзоленная, р. 3Е								
АО 0—5/6	6.5	6.5	23.85*	30.00	11.25	35.9	67.15	53.46
АУ 5—9	6.0	5.3	6.33	19.00	7.00	3.82	29.82	87.19
АУе 9—14	6.0	4.7	1.59	10.20	4.41	2.62	17.23	84.79
СRMi 14—32	6.1	4.5	0.81	11.25	8.75	2.11	22.11	90.46
CRM 32—53	6.2	4.5	0.83	13.10	8.75	2.16	24.01	91.00
BCcrm 53—108	6.2	4.5	0.84	12.10	8.53	2.16	22.79	90.52
Чернозем глинисто-иллювиальный квазиглееватый темно-языковатый глубокомерзлотный, р. 1Е								
АУ дерн 0—9	6.9	6.66	11.36	31.4	16.6	5.25	53.25	90.14
АУ 9—24/25	7.1	6.58	8.58	29.0	14.5	5.68	49.18	88.45
АUBI 24—38/45	7.2	6.5	4.90	21.8	18.7	4.37	44.87	90.26
BI 38/45—65/75	7.6	—	1.29	19.5	13.4	0.70	33.60	—
BCA 65/75—89/96	8.9	—	0.84	—	—	—	28.52	2.34**
Cq 89/96—180	7.9	—	0.38	—	—	—	36.6	—
Литозем криогумусовый, р. 5Хор								
АК 0—14	7.3	—	4.60	24.00	10.00	—	34.00	0.19**
АС 14—20/22	7.2	—	3.69	24.20	9.09	—	33.29	0.28**
Криоаридная типичная, р. 8Хор								
АК 0—16	7.0	—	3.09	16.66	6.06	—	22.72	—
АВ 16—28	7.3	—	1.74	19.70	6.06	—	25.76	0.28**
ВрI 28—36	7.4	—	1.67	20.68	6.70	—	27.38	0.37**
Cic 36—60	7.9	—	1.55	27.59	6.90	—	34.49	0.28**

Примечания: * — органическое вещество, %; ** — CO₂ карбонатов, %; СНО — степень насыщенности основаниями; ЕКО — емкость катионного обмена.

Гумусово-аккумулятивные горизонты, несмотря на формирование под таежной растительностью, под влиянием биогенной аккумуляции щелочно-земельных катионов имеют близкую к нейтральной и слабокислую реакции среды. Все горизонты почвы, за исключением таежной подстилки, насыщены основаниями. Причиной слабой выраженности признаков таежного почвообразования может быть также промерзание, когда при кристаллизации воды растворенные вещества концентрируются в талой части и частично выпадают в осадок (Савич и др., 2020). Признаки подзолообразования проявляются лишь в снижении pH_{сол}, ЕКО в осветленном подгумусовом горизонте. В минеральных горизонтах pH_{сол} < 5,

очевидно, в связи с формированием и нисходящей миграцией кислых форм гумуса, при этом ЕКО, благодаря тяжелому гранулометрическому составу, остается высокой.

Равнинная почва (р. 1Е), формирующаяся на переотложенных продуктах выветривания метаэффузивов, имеет нейтральную реакцию в поверхностных горизонтах, а в средней и нижней частях профиля, в зоне аккумуляции карбонатов, — щелочную. Содержание гумуса и поглощательная способность высокие, снижаются вниз по профилю постепенно.

На участке “Булум” в привершинной почве (р. 5Хор) свойства гумусового и подгумусового горизонтов отличаются мало. Содержание гуму-

са и ЕКО относительно высокие, реакция среды слабощелочная. Карбонатность возрастает вниз по профилю. Равнинная почва (р. 8Хор) отличается нейтральной реакцией в аккумулятивном горизонте, но вниз по профилю она сменяется на слабощелочную и щелочную. Содержание гумуса резко снижается в подгумусовом горизонте и далее остается практически постоянной, а обменный Са и поглощательная способность возрастают вниз по профилю. Максимум CO_2 карбонатов приурочен к горизонту Вр1. Указанные свойства являются ярким свидетельством большой роли почвообразующей породы в формировании многих свойств почвы, которые только усиливаются под влиянием криоаридности климата.

Гранулометрический состав почв. Тяжелый гранулометрический состав почвообразующей породы и почвы привершинной части возвышенности участка “Дархитуй” (табл. 3) обнаруживает сиаалитность коры выветривания, обязанный геологической истории. Содержание илистой фракции возрастает вниз по профилю от 9.6 до 20.9% с резким увеличением в горизонте CRMi и достигает наибольшего значения в почвообразующей породе свидетельствует о развитии процесса лессиважа наряду с оподзоливанием.

Почва равнины также имеет тяжелый гранулометрический состав с возрастающим к горизонту Vi содержанием ила от 7.6 до 24.6%, обнаруживающим лессиваж и возможность отнесения почвы к глинисто-иллювиальным. На глубине около 1 м содержание всех фракций резко изменяется в результате того, что делювиальный нанос подстилается озерными отложениями.

Согласно исследованиям ряда ученых (Белоусова, 2006; Соколов, 1978, 1997; Таргульян, 1971; Фридланд, 1955) образование почвообразующей породы является фоновой функцией выветривания, которое находится в зависимости от климата, генезиса и состава пород. И.А. Соколов (2004) выделяет гумидный, аридный, ледниково-перигляциальный, криогенный, вулканогенно-осадочный, гидротермальный типы экзогенеза. В зависимости от доминирования типа экзогенеза “геодерма” подразделяется на гумидно-тропический, ледниково-перигляциальный, аридный, криогенный и вулканогенный секторы. И при этом автор отмечает, что триада факторы—процессы—свойства образуют особенно сложные закономерности формирования “геодермы” в пограничных областях. Исследуемая территория состоит из пограничных фрагментов как в отношении пород, так и климата и выделить строго определенные типы экзогенеза для исследуемой территории сложно. Можно лишь

отметить, что в современный период на участке “Дархитуй” юга Витимского плоскогорья гумидный тип экзогенеза вулканогенных пород сочетается с криогенным фактором (см. табл. 1). Возможно, следует выделять гумидно-криогенный сектор с дерново-криометаморфическими почвами и семиаридный — с черноземами.

Гранулометрический состав почв участка “Булум” севера Селенгинского среднегорья обнаруживает дефицит илистой и доминирование песчаных и пылеватых фракций, что является причиной бесструктурности почвообразующей породы и почвенной массы. Высокое содержание фракций пыли в почвах криоаридных условий может быть обусловлено не только физическим выветриванием, но и микроагрегацией тонкодисперсных частиц, цементированием их железом и последующей его кристаллизацией в период весенне-раннелетнего иссушения и прогревания (Макеев, 2019; Савич и др., 2020; Соколов и др., 2006). Перераспределения по профилю фракций гранулометрического состава не наблюдается, что согласуется с данными Н.И. Белоусовой (2006), свидетельствующих о том, что в условиях аридного континентального климата, образующийся при выветривании мелкозем малоподвижен, а состав его в значительной степени отражает состав коренных пород. Ярко выраженное образование и накопление песчаных и пылеватых фракций с доминированием последних обязано аридному континентальному климату с широкой амплитудой и частотой перехода через нулевой рубеж температур. В связи с этим, возможно, следует выделять криоаридный сектор с одноименными почвами.

Валовой химический состав. Данные валового химического анализа (табл. 4) показывают, что почвообразующая порода почвы привершинной части участка “Дархитуй” (р. 3Е), представленная продуктами выветривания эффузивов кембрия с редкими включениями щебня метаэффузивов, базальта, песчаника, сланцев, имеет кислый состав (SiO_2 — 68.50%), что может быть обусловлено возрастом и формированием сиаалитной коры выветривания. В процессе почвообразования происходит вынос из верхней части профиля Fe и Al, в меньшей степени — Mg, Mn и Ti. При этом относительно накапливается Si. Биогенные элементы — Ca, Mn, K, Na, P накапливаются в гумусовом горизонте и выносятся из подгумусового осветленного горизонта вниз по профилю.

На прилегающей равнине (р. 1Е) валовой состав переотложенных продуктов выветривания существенно изменился. В результате привноса с окружающих возвышенностей в геохимически

Таблица 3. Гранулометрический состав почв

Горизонт, глубина (см)	Содержание фракций (мм), %: размер частиц в мм								песок : пыль : ил
	1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	1–0.05 песок	0.05–0.001 пыль
Дерново-криометаморфическая грубогумусированная оподзоленная, р. 3Е									
AY 5–9	30.9	13.8	35.1	9.3	9.3	9.6	28.3	44.7	53.7
AYe 9–14	32.2	17.3	26.4	10.2	11.2	13.7	35.0	49.5	47.8
CRMi 14–32	31.9	13.2	23.5	12.3	8.5	18.3	39.1	45.1	44.3
CRM 32–53	35.3	12.9	23.3	10.3	9.7	18.2	38.2	48.2	43.3
BCcm 53–108	39.2	11.6	17.6	10.2	10.5	20.9	43.7	50.8	38.3
Чернозем глинисто-иллювиальный квазиглееватый темно-языковатый глубокомерзлотный, р. 1Е									
AU дерн 0–9	12.2	9.2	53.3	9.2	8.4	7.6	25.2	21.5	71.0
AU 9–24/25	20.1	15.0	33.7	8.3	12.5	10.4	31.2	35.1	54.5
AUBI 24–38/45	27.4	5.0	24.3	13.6	14.0	15.7	43.3	32.4	51.9
BI 38/45–65/75	17.5	13.7	16.9	10.3	16.9	24.7	51.9	31.2	44.1
BCA 65/75–89/96	4.4	8.2	33.0	14.4	19.0	21.0	54.4	12.7	66.3
Cq 89/96–180	0.1	26.9	42.0	12.2	9.8	9.0	31.0	27.0	64.1
Литозем криогумусовый, р. 5Хор									
AK 0–14	1.4	45.6	42.9	3.7	4.8	1.6	10.1	47.0	51.4
B 14–20/22	2.0	41.5	48.0	3.0	4.0	1.4	8.4	43.5	55.0
Криоаридная типичная, р. 8Хор									
AK 0–16	0.1	42.2	42.8	5.6	7.3	2.0	14.9	42.3	55.7
Bpl 16–28	3.7	42.6	39.9	4.8	7.1	1.9	13.8	46.3	51.8
BC 28–36	4.4	49.7	34.2	4.2	5.8	1.7	11.7	54.1	44.2
Cic 36–60	2.7	46.0	35.9	5.5	7.9	2.0	15.4	48.7	49.3

Таблица 4. Валовой химический состав почв (% на прокаленную бескарбонатную навеску)

Горизонт, глубина (см)	ППП*	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
Дерново-криометаморфическая грубогумусированная оподзоленная, р. 3Е											
А0 0–5/6	24.84	69.32	14.77	4.78	0.51	0.90	2.01	1.00	3.78	2.18	0.31
АУ 5–9	16.09	70.55	14.66	4.48	0.42	0.89	1.56	0.92	3.92	2.30	0.24
АУе 9–14	6.07	71.65	14.80	4.46	0.12	0.90	1.08	0.85	3.82	2.37	0.17
СRMi 14–32	5.82	69.76	15.82	5.49	0.10	0.83	0.97	1.06	3.82	2.10	0.12
СRM 32–53	5.93	68.46	16.16	5.85	0.22	0.87	1.02	1.12	3.83	2.14	0.12
ВСсгг 53–108	5.99	68.50	16.17	6.03	0.21	0.87	1.01	1.12	3.84	2.16	0.12
Чернозем глинисто-иллювиальный квазиглееватый темно-языковатый глубокомерзлотный, р. 1Е											
АУ дерн 0–9	22.18	68.81	15.01	5.23	0.16	0.88	1.71	1.33	3.86	2.38	0.28
АУ 9–24/25	16.15	68.90	15.43	5.43	0.14	0.79	1.51	1.44	3.62	2.31	0.22
АУВ1 24–38/45	10.03	69.63	15.62	5.27	0.08	0.83	1.23	1.38	3.52	2.46	0.15
В1 38/45–65/75	6.70	68.91	16.16	5.52	0.09	0.83	1.18	1.74	3.45	2.49	0.11
ВСА 65/75–89/96	9.57	64.72	18.21	8.15	0.13	0.88	1.28	2.98	2.94	2.26	0.13
Сq 89/96–180	8.31	64.04	17.93	8.99	0.16	0.84	0.68	3.74	2.19	1.51	0.19
Литозем криогумусовый, р. 5Хор											
АК 0–14	9.91	48.63	17.06	14.41	0.23	3.16	6.76	2.98	2.67	3.11	1.66
АС 14–20/22	9.64	47.37	17.39	15.27	0.25	3.20	7.08	3.18	2.56	3.13	1.73
Криоаридная типичная, р. 8Хор											
АК 0–16	7.97	54.87	17.49	10.5	0.18	2.5	4.63	1.78	3.26	3.67	1.23
Вр1 16–28	6.10	55.22	17.37	10.01	0.16	2.43	5.11	1.99	3.01	3.98	1.25
ВС 28–36	5.07	52.40	16.79	11.02	0.17	2.59	6.69	2.75	2.92	4.01	1.72
С1с 36–60	5.95	52.78	17.34	10.41	0.13	2.54	6.43	2.69	2.87	3.93	1.72

Примечание: * ППП — потеря при прокаливании.

подчиненные ландшафты Fe, Al, Ca, Mg, Ti доля Si в почвообразующей породе относительно уменьшилось на 4%. Эти же элементы выносятся из верхней части профиля почвы в нижнюю часть. Такие элементы как Na, K, Mn, P, Ca накапливаются в верхней части профиля биогенно и, по всей вероятности, с восходящим током влаги в засушливые периоды.

Резко отличается по химическому составу почва на продуктах выветривания базальтов юры. Почвообразующая порода и почва имеют основной состав. Более высокое содержание Fe, Ca, Mg, Mn, Na, Ti и P по сравнению с почвами участка “Дархитуй” связано с составом коренных пород, минералогическим составом продуктов выветривания, криоаридностью климата. Криоаридность климата обуславливает перемещение влаги и растворов к поверхности при испарительном режиме влажности в летний период и движением влаги к фронту промерзания в холодный период (Макеев, 2019).

Сравнение данных валового химического состава почвы элювия и прилегающей равнины обнаруживают аккумуляцию в почвах геохимически подчиненного участка Si, Na и K. Очевидно, неагрегированные частицы мелкого песка и пыли, состоящие преимущественно из Si, а также Na- и K- полевые шпаты относительно активно переносятся вниз по склону.

Такие элементы, как Fe, Mg, Mn, Ti и P находятся в составе минералов, малоподвижных в аридных условиях и остаются в автоморфной части ландшафта. Перераспределение веществ в пределах почвенного профиля выражено слабо в связи с непромывным режимом влажности, закреплением при выпадении в осадок при промерзании. Отчетливый вынос в нижнюю часть профиля характерен только для Ca и Mg, в связи с чем, почвообразующая и подстилающая порода равнинной почвы карбонатны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование почв, формирующихся на дериватах основных пород на юге Витимского плоскогорья и на севере Селенгинского среднегорья в Западном Забайкалье, показало, что, несмотря на то, что территории исследования расположены примерно на одной широте, климатические параметры имеют кардинальные отличия. Параметры ключевого участка “Дархитуй”, расположенного на отметках 950–1017 м на многолетней мерзлоте, позволяют отнести климат к фациям “нормальная” и “семиаридная” со сменой ландшафтов от таежных до лугово-степных. Параметры климата ключевого участка “Булум”, заложенного на высоте 738–780 м определяют принадлежность территории к фации “аридная”

с формированием криоксерофитных степных ландшафтов с глубокопромерзающими почвами.

Почвообразующие породы ключевого участка на юге Витимского плоскогорья, представляют собой продукты выветривания основных вулканогенно-пирокластических метаэффузивов, базальтов, сланцев и песчаников кембрия и имеют тяжелосуглинистый состав. Почвообразующие породы севера Селенгинского среднегорья представлены основными эффузивами базальтового ряда и осадочными породами юрского периода, продукты выветривания которых представлены аккумуляциями пылеватых и мелкопесчаных фракций.

Различия климата и литогенной основы, обуславливающие специфику параметров экологических ниш ключевых участков и принадлежность их к разным типам экзогенеза, определяются различием высотных отметок (примерно на 200 м) и различием возраста и состава коренных пород.

На возвышенностях юга Витимского плоскогорья на под лиственничной тайгой формируются дерновые криометаморфические грубогумусированные слабоподзоленные почвы, в которых периодическое смыкание сезонной и многолетней мерзлоты способствует оструктуриванию почвенной массы и почвообразующей породы. Свойства продуктов выветривания пород несколько нивелируют кислотный тип таежного почвообразования, о чем свидетельствует насыщенность почв основаниями.

На прилегающей равнине карбонатность и тяжелый гранулометрический состав почвообразующей породы и накопление гумуса определяют высокую ЕКО, близкую к нейтральной и щелочную реакции среды, насыщенность основаниями и высокую степень оструктуренности. Таежный тип почвообразования определяет некоторое оподзоливание и развитие процесса лессиважа. Указанные процессы обуславливают формирование черноземов глинисто-иллювиальных квазиглеевых темно-языковатых глубокомерзлотных.

В аридных условиях на севере Селенгинского среднегорья характерной чертой процессов выветривания и почвообразования является накопление пылеватых и мелкопесчаных фракций. В привершинных частях сопков на продуктах выветривания основных пород юрского периода под криоксерофитными степями формируются литоземы криогумусовые с признаками криоаридных почв. Они характеризуются относительно высоким содержанием гумуса и ЕКО, слабощелочной реакцией среды, накоплением кальция и слабой агрегированностью. На прилегающей равнине, на переотложенных продуктах

выветривания этих же пород под степной растительностью формируются криоаридные натечно-карбонатные почвы. Почвы характеризуются слабой агрегированностью, накоплением Si в результате эрозионного переноса неагрегированного материала и некоторой геохимической аккумуляцией Na и K.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме “Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологий рационального использования и охраны” (121030100228-4).

FUNDING

This work was carried out within the framework of the state assignment on the topic “Evolutionary-Genetic, Biogeochemical and Production Functions of Soils of the Baikal Region as a Component of the Biosphere, Assessment of Their Resource Potential and Development of Technologies for Their Rational Use and Protection” (121030100228-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 492 с.
- Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Цыбенков Ю.Б. Климатические ареалы и распределение полей в координатах системы “почва—климат” по территории южной границы криолитозоны Забайкалья // Вестн. Бурят. гос. ун-та. Биология, география. 2021. № 2. С. 3–14.
<https://doi.org/10.18101/2587-7143-2021-2-3-14>
- Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б. Общие параметры экологических ниш “особых” почв на южной границе криолитозоны Забайкалья. Сб. науч. тр. Всерос. науч. конф. с междунар. уч., посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (2–6 октября 2023 г., Новосибирск). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 62–66.
<https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Базаров Д.-Д.Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 172 с.
- Белоусова Н.И. Внутрипочвенное выветривание основных пород в гумидных полярно-бореальных условиях / Почвообразовательные процессы. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. С. 91–141.
- Бронникова Г.И., Герасимова М.И., Конопляникова Ю.В., Гуркова Е.А., Черноусенко Г.И., Голубцов В.А., Ефимов О.Е. Криоаридные почвы как генетический тип в классификации почв России: география, морфология, диагностика // Почвоведение. 2022. № 3. С. 263–280.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22030030>
- Величко А.А., Зеликсон Э.М., Борисова О.К., Грибченко Ю.Н., Морозова Т.Д., Нечаев В.П. Количественные реконструкции климата Восточно-Европейской равнины за последние 450 тыс. лет // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 1. С. 7–25.
- Вторушин В.А. Автоморфные почвы горной тайги Центральной части Южного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1982. 176 с.
- Горячкин С.В., Водяницкий Ю.Н., Конюшков Д.Е., Лесовая С.Н., Мергелов Н.С., Титова А.А. Биоклиматогенные и геогенные проблемы географии почв Северной Евразии // Бюлл. Почвенного ин-та. 2008. № 62. С. 48–68.
- Горячкин С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция). М.: ГЕОС, 2010. 414 с.
- Гынинова А.Б., Бадмаев Н.Б. Микроморфологическая диагностика почвообразовательных процессов в почвах Еравнинской котловины Забайкалья // Вестн. Бурят. гос. ун-та. Биология, география. 2021. № 2. С. 15–30.
- Жуков В.М. Климат Бурятской АССР / АН СССР. Ин-т географии. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1960. 188 с.
- Конищев В.Н. Лессовые породы: Новые возможности изучения их генезиса // Инженерная геология. № 5. 2015. С. 22–36.
- Ковда В.А. Основы учения о почвах. Кн. 1. М.: Наука, 1973. 447 с.
- Корсунов В.М., Гынинова А.Б., Сымпилова Д.П., Балсанова Л.Д., Корсунов А.В. Разнообразие почв подтайги Селенгинского среднегорья // Почвоведение. 2002. № 5. С. 545–551.
- Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1997. 312 с.
- Литвиновский Б.А., Занвиевич А.Н., Алакишин А.М., Подладчиков Ю.Ю. Ангаро-Витимский батолит — крупнейший гранитоидный плутон. Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1993. 141 с.
- Макеев О.В. Криология почв. М.: РАН, 2019. 464 с.
- Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 314 с.
- Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Полынов Б.Б. Выветривание. Состав континентальных отложений / Изб. работы. М.: Изд-во АН СССР. 1956. С. 256–283.
- Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А. Методы анализа почв и растений. Рига: Зинатне, 1987. 173 с.
- Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Акад. Проект, 2004. 431 с.

- Руженцев С.В., Минина О.Р., Некрасов Г.Е., Аристов В.А., Голионко Б.Г., Доронина Н.А., Лыхин Д.А. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция // Геотектоника. 2012. № 2. С. 3–28.
- Савич В.И., Белопухов С.Л., Балабко П.Н., Сорокин А.Е., Дмитриевская И.И. Влияние промораживания и криогенеза на свойства почв // Вестн. РГТУ. 2020. № 1 (45). С. 52–56.
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.45.1.009>
- Соколов И.А. Вулканизм и почвообразование. М.: Наука, 1973. 224 с.
- Соколов И.А. О геохимии почвенного внутригоризонтного выветривания // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978. С. 236–244.
- Соколов И.А. Почвообразование и экзогенез М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1997. 244 с.
- Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 288 с.
- Соколов И.А., Конюшков Д.Е., Наумов Е.М., Ананко Т.В., Якушева Т.Е. Почвенный криогенез. Почвообразовательные процессы. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2006. С. 144–166.
- Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
- Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
- Фишев Н.А., Шелгачев К.М., Игнатович В.И., Гусев Ю.П., Минина О.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Л. N-49 — Чита. Объяснит. записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. 604 с.
- Флоренсов Н.А., Олюнин В.Н. Рельеф и геологическое строение. В кн. Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. С. 23–91.
- Фридланд В.М. О роли выветривания в создании почвенного профиля и разделении почвенной массы // Почвоведение. 1955. № 12. С. 7–17.
- Черноусенко Г.И. Засоленные почвы котловин юга Восточной Сибири. М.: “МАКС Пресс”, 2022. 480 с.
- Экологический атлас озера Байкал. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2015. 145 с.
- Badmaev N.B., Gyninova A.B., Tsybenov Yu.B. Soil temperature field and dynamics of freezing-thawing processes in the south of the Vitim Plateau (Transbaikal region) // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021b. Vol. 862. Art. 012039.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012039>
- Gyninova A.B., Badmaev N.B., Cybenov Yu.B., Gonchikov B.-M.N., Mangataev A.T., Kulikov A.I., Sympilova D.P. Soils of the Darkhitui catena in the southern Vitim Plateau and their micromorphological features // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 862. Art. 012068.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012068>
- Gyninova A.B., Gerasimova M.I., Lebedeva M.P. Cryogenic Features in Meadow Podbels of the Middle Amur Lowland as Revealed by Micromorphological Analysis // Eurasian Soil Sci. 2024. Vol. 57. № 5. P. 719–726.
<https://doi.org/10.1134/S1064229323603785>
- Kovda I., Goryachkin S., Lebedeva M., Chizhikova N., Kulikov A., Badmaev N. Vertic soils and Vertisols in cryogenic environments of southern Siberia, Russia // Geoderma. 2017. Vol. 288. P. 184–195.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.008>
- Konert M., Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction // Sedimentology. 1997. Vol. 44. № 3. P. 523–535.
- van Vliet-Lanoë B., Fox C.A. Frost Action / Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths / G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees (Eds.). Elsevier, 2018. P. 575–603.
- Vandenberghe J., Nugteren G. Rapid climatic changes recorded in loess successions // Glob. Planet. Change. 2001. Vol. 28. P. 1–9.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(00\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(00)00060-6)

Specificity of Soil Formation on Derivatives of Mafic Rocks in Western Transbaikalia

A. B. Gyninova^{a, *}, N. B. Badmaev^a, B. D. Gyninova^a,
A. Ts. Mangataev^a, and M. O. Rampilov^{b, c}

^a*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russia*

^b*Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia*

^c*Banzarov Buryat State University, Ulan-Ude, Russia*

*e-mail: ayur.gyninova@mail.ru

The parent materials of most soils in the Transbaikalia region are products of the weathering of granitoids. Mafic and intermediate rocks in Transbaikalia occupy about 20% of the territory. Age, the particularities of their weathering, involvement in soil formation and lateral transport under the conditions of permafrost and deep-freezing have specific features that have greatly affect soil properties and the soil cover formation. Therefore, it is important to establish the peculiarities of soil formation on the derivatives of the main rocks in the region. Under the influence of permafrost, a study of soils on siallitic (eluvial and accumulative) weathering crusts of fine granulometric composition Cambrian metaeffusive rocks showed that Eutric Cryosols (Loamic, Luvic) are formed on eluvium in the southern Vitim Plateau mountain-taiga landscapes. It is characterized by the coarse humus accumulation, weak podzolization, lessivage and cryogenic aggregation. Humus mull is formed, calcium accumulates, and clay fraction occurs redistribution in geochemically subordinate intermountain depressions. This leads to the Eutric Chernozems Calcaric formation with the frost cracks presence. In the northern part of the Selenga Highlands, the Jurassic basalts weathering products have a sandy-silt composition. Under cryoxerophytic steppe communities in conditions of arid climate and prolonged freezing, active accumulation of humus occurs, and at the foot, accumulation of carbonates occurs. Short-profile Skeletic Leptosols (Siltic, Humic) are formed on the eluvium, and Cryoaridic Soils with carbonate dripstone films in the lower part of the profile are formed on the adjacent plain.

Keywords: soil, bedrock, weathering, metamorphism, accumulation of silt fractions, ecological niches, cryogenesis, soil classification

REFERENCES

- Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guide of Chemical Analysis of Soils]. Moscow: Izd-vo MGU, 1961. 492 p.
- Badmaev N.B., Gyninova A.B. General parameters of ecological niches of "special" soils on the southern border of Transbaikalian cryolithozone. In *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 55-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrokhimii SO RAN* [Collection of Scientific Papers of the All-Russian Sci. Conf. with Int. Participation dedicated to the 55th Anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS]. Novosibirsk: Izd-vo IPA SO RAN, 2023. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Badmaev N.B., Gyninova A.B., Tsybenov Yu.B. Climatic areas and field distribution in the coordinates of "soil-climate" system along the southern border of Transbaikalian cryolithozone. *BGU Byull., Ser. Biol. Geogr.*, 2021a, no. 2, pp. 3–14. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18101/2587-7143-2021-2-3-14>
- Badmaev N.B., Gyninova A.B., Tsybenov Yu.B. Soil temperature field and dynamics of freezing-thawing processes in the south of the Vitim Plateau (Transbaikalian region). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021b, vol. 862, art. 012039.
- Bazarov D.-D.B. *Kainozoi Pribaikal'ya i Zapadnogo Zabaikal'ya* [Cenozoic of the Baikal Region and Western Transbaikalia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 172 p.
- Belousova N.I. Intrasoil weathering of basic rocks in humid polar-boreal conditions. In *Pochvoobrazovatel'nye protsessy* [Soil-Forming Processes]. Moscow: Pochv. Inst. Dokuchaeva, 2006, pp. 91–141. (In Russ.).
- Bronnikova M.A., Konopliyanikova Y.V., Gerasimova M.I., Gurkova E.A., Chernousenko G.I., Golubtsov V.A., Efimov O.E. Cryoaridic soils as a genetic type in the Russian soil classification system: Geography, morphology, diagnostics. *Eurasian Soil Sci.*, 2022, vol. 55, no. 3, pp. 283–298.
<https://doi.org/10.1134/S1064229322030036>
- Chernousenko G.I. *Zasolennyye pochvy kotlovyn yuga Vostochnoi Sibiri* [Salt-Affected Soils of Basins in the South of Eastern Siberia]. Moscow: MAX Press, 2022. 480 p.
- Ekologicheskii atlas ozera Baikal* [Ecological Atlas of Lake Baikal]. Irkutsk: Izd-vo GIN SO RAN, 2015. 145 p.
- Fishev N.A., Shchelgachev K.M., Ignatovich V.I., Gusev Yu.P., Minina O.R. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta SSSR* [State Geological Map of the USSR]. Moscow: Geolizdat, 1988. 1:100,000.

- kaya karta Rossiiskoi federatsii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Aldano-Zabaikal'skaya. List N-49 — Chita. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1 : 1 000 000 (Third Generation). Aldan-Transbaikalia Series. Sheet N-49 — Chita. Explanatory Note]. St. Petersburg: VSEGEI Publ., 2011. 604 p.
- Florensov N.A., Olyunin V.N. Relief and geological structure. In *Predbaikal'e i Zabaikal'e* [Cis-Baikal Region and Transbaikalia]. Moscow: Nauka Publ., 1965, pp. 23–91. (In Russ.).
- Friedland V.M. On the role of weathering in the formation of the soil profile and the division of the soil mass. *Pochvoved.*, 1955, no. 12, pp. 7–17. (In Russ.).
- Goryachkin S.V. *Pochvennyi pokrov Severa (struktura, genezis, ekologiya, evolyutsiya)* [Soil Cover of the North (Structure, Genesis, Ecology, Evolution)]. Moscow: GEOS Publ., 2010. 414 p.
- Goryachkin S.V., Vodyanitskii Yu.N., Konyushkov D.E., Lesovaya S.N., Mergelov N.S., Titova A.A. Bioclimatogenic and geogenic problems of soil geography of Northern Eurasia. *Byull. Pochven. Inst.*, 2008, no. 62, pp. 48–68. (In Russ.).
- Gyninova A.B., Badmaev N.B. Micromorphological diagnostics of soil-forming processes in the soils of the Eravninskaya depression of Transbaikalia. *BGU Bull., Ser. Biol. Geogr.*, 2021, no. 2, pp. 15–30. (In Russ.).
- Gyninova A.B., Badmaev N.B., Cybenov Yu.B., Gonchikov B.-M.N., Mangataev A.T., Kulikov A.I., Sympilova D.P. Soils of the Darkhitui catena in the southern Vitim Plateau and their micromorphological features. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021, vol. 862, art. 012068.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012068>
- Gyninova A.B., Gerasimova M.I., Lebedeva M.P. Cryogenic features in Meadow Podbels of the Middle Amur Lowland as revealed by micromorphological analysis. *Eurasian Soil Sci.*, 2024, vol. 57, no. 5, pp. 719–726.
<https://doi.org/10.1134/s1064229323603785>
- Konert M., Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*, 1997, vol. 44, no. 3, pp. 523–535.
- Konishchev V.N. Loess soil: New opportunities of its genesis study. *Inzh. Geol.*, 2015, no. 5, pp. 22–36. (In Russ.).
- Korsunov V.M., Gyninova A.B., Sympilova D.P., Balsanova L.D., Korsunov A.V. Diversity of subtaiga soils of the Selenginsk middle mountains. *Pochvoved.*, 2002, no. 5, pp. 545–551. (In Russ.).
- Kovda V.A. *Osnovy ucheniya o pochvakh. Kniga 1* [Fundamentals of Soil Theory. Book 1]. Moscow: Nauka Publ., 1973. 447 p.
- Kovda I., Goryachkin S., Lebedeva M., Chizhikova N., Kulikov A., Badmaev N. Vertic soils and Vertisols in cryogenic environments of southern Siberia, Russia. *Geoderma*, 2017, vol. 288, pp. 184–195.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.008>
- Kulikov A.I., Dugarov V.I., Korsunov V.M. *Merzlotnye pochvy: ekologiya, teploenergetika i prognoz produktivnosti* [Permafrost Soils: Ecology, Thermal Power Engineering and Productivity Forecast]. Ulan-Ude: Izd-vo BNTs SO RAN, 1997. 312 p.
- Litvinovskii B.A., Zanzilevich A.N., Alakshin A.M., Podladchikov Yu.Yu. *Angaro-Vitimskii batolit — krupneishii granitoidnyi pluton* [Angara-Vitim Batholith — the Largest Granitoid Pluton]. Novosibirsk: OIGGM SO RAN, 1993. 141 p.
- Makeev O.V. *Kriologiya pochv* [Soil Cryology]. Moscow, 2019. 464 p.
- Nogina N.A. *Pochvy Zabaikal'ya* [Soils of Transbaikalia]. Moscow: Nauka Publ., 1964. 314 p.
- Polevoi opredelitel' Pochv Rossii* [Field Guide to Soils of Russia]. Moscow: Pochv. Inst. Dokuchaeva, 2008. 182 p.
- Polynov B.B. Weathering. Composition of continental deposits. In *Izbrannye raboty* [Selected Works]. Moscow: Izd-vo Akad. Nauk SSSR, 1956, pp. 256–283. (In Russ.).
- Rinkis G.Ya., Ramane H.K., Kunitskaya T.A. *Metody analiza pochv i rastenii* [Methods of Soil and Plant Analysis]. Riga: Zinatne Publ., 1987. 173 p.
- Rozanov B.G. *Morfologiya pochv* [Soil Morphology]. Moscow: Akad. Proekt Publ., 2004. 431 p.
- Ruzhentsev S.V., Minina O.R., Nekrasov G.E., Arisov V.A., Golionko B.G., Doronina N.A., Lykhin D.A. The Baikal–Vitim folded system: Structure and geodynamic evolution. *Geotectonics*, 2012, no. 2, pp. 3–28. (In Russ.).
- Savich V.I., Belopukhov S.L., Balabko P.N., Sorokin A.E., Dmitrevskaya I.I. Influence of frost penetration and cryogenesis on soil properties. *Vestn. RSATU*, 2020, vol. 45, no. 1, pp. 52–56. (In Russ.).
<https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.45.1.009>
- Sokolov I.A. *Vulkanizm i pochvoobrazovanie* [Volcanism and Soil Formation]. Moscow: Nauka Publ., 1973. 224 p.
- Sokolov I.A. On the geochemistry of soil intrahorizon weathering. In *Problemy pochvovedeniya* [Problems of Soil Science]. Moscow: Nauka Publ., 1978, pp. 236–244. (In Russ.).
- Sokolov I.A. *Pochvoobrazovanie i ekzogenez* [Soil Formation and Exogenesis]. Moscow: Pochv. Inst. Dokuchaeva, 1997. 244 p.
- Sokolov I.A. *Teoreticheskie problemy geneticheskogo pochvovedeniya* [Theoretical Problems of Genetic Soil Science]. Novosibirsk: Gumanitarnye Tekhnologii Publ., 2004. 288 p.
- Sokolov I.A., Konyushkov D.E., Naumov E.M., Ananko T.V., Yakusheva T.E. Soil Cryogenesis. In *Pochvoobrazovatel'nye protsessy* [Soil-Forming Processes]. Moscow: Pochv. Inst. Dokuchaeva, 2006, pp. 144–166. (In Russ.).
- Targulyan V.O. *Pochvoobrazovanie i vyvetrivanie v kholodnykh gumidnykh oblastyakh* [Soil Formation and

- Weathering in Cold Humid Regions]. Moscow: Nauka Publ., 1971. 268 p.
- Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv* [Theory and Practice of Chemical Analysis of Soils]. Vorobyeva L.A., Ed. Moscow: GEOS Publ., 2006. 400 p.
- van Vliet-Lanoë B., Fox C.A. Frost Action. In *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Stoops G., Marcelino V., Mees F., Eds. Elsevier, 2018, pp. 575–603.
- Vandenberghe J., Nugteren G. Rapid climatic changes recorded in loess successions. *Glob. Planet. Change*, 2001, vol. 28, pp. 1–9.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(00\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(00)00060-6)
- Velichko A.A., Zelikson E.M., Borisova O.K., Gribchenko Yu.N., Morozova T.D., Nechaev V.P. Quantitative climate reconstructions of East-European plain for the last 450 thousand years. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2004, no. 1, pp. 7–25. (In Russ.).
- Vtorushin V.A. *Avtomorfnye pochvy gornoj taigi Tsentral'noi chasti Yuzhnogo Zabaikal'ya* [Automorphic Soils of the Mountain Taiga of the Central Part of Southern Transbaikalia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1982. 176 p.
- Zhukov V.M. *Klimat Buryatskoi ASSR* [Climate of the Buryat Autonomous Soviet Socialist Republic]. Ulan-Ude: Buryat. kniga Publ., 1960. 188 p.