

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

КРИОГЕННЫЕ ПОЧВЫ НА ПОРОДАХ ТРАППОВОЙ ФОРМАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

© 2022 г. Ю. И. Ершов*

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН,
Академгородок, 50/28, Красноярск, 660036 Россия*

**e-mail: solum@ksc.krasn.ru*

Поступила в редакцию 25.08.2021 г.

После доработки 02.12.2021 г.

Принята к публикации 30.12.2021 г.

Рассмотрены основные факторные и процессно-морфогенетические особенности, а также пространственные закономерности формирования криоземов на дериватах базальтов, долеритов, вулканических туфов. Почвы описаны в малоизученных и труднодоступных северных районах Среднесибирского плоскогорья (координаты 63–69° N, 87–107° E): плато Путорана, Сыверма, Норильская котловина, Мойро-Котуйская равнина. Выделены и охарактеризованы торфяно-криоземы глееватые, криоземы грубогумусовые, криоземы серогумусовые, криоземы сорбировано-гумусовые. Каждая из этих почв имеет свои диагностические горизонты и признаки соответственно: глееватый горизонт CRg, грубогумусовый АО, серогумусовый АУ, сорбировано-гумусовый CRhs. Главные закономерности географии криогенных почв определяются долготными различиями в степени континентальности и увлажненности климата, приводящими к обособлению трех секторов, которые объединяют принципиально разные по морфогенетическим характеристикам почвы: умеренно континентальный гумидный (торфяно-криоземы глееватые), континентальный слабогумидно-семигумидный (криоземы грубогумусовые), резко континентальный (криоземы серогумусовые, криоземы сорбировано-гумусовые). Внутрисекторное распределение почв контролируется литолого-геоморфологическими и геокриологическими условиями. Обсуждаются вопросы номенклатуры и классификации почв.

Ключевые слова: субарктика, Среднесибирское плоскогорье, основные породы, генетико-географические закономерности, криоземы, Cryosols

DOI: 10.31857/S0032180X22060053

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров рассматриваемого региона отличается специфичностью и резкой неоднородностью, отражая всю сложность природно-экологических условий. Здесь широко развиты почвы, профиль которых замыкается многолетнемерзлыми породами (ММП) в пределах 1 м от дневной поверхности. Сведений о генезисе и географии таких почв (особенно на бескарбонатных породах) крайне мало. Активное промышленное освоение территории вызвало большие, нередко катастрофические, нарушения почвенного покрова. Поэтому изучение криогенных почв Субарктики Центральной Сибири имеет важное теоретическое и практическое значение. Обобщен большой массив фактического материала многолетних исследований, что позволило установить, а для некоторых криогенных почв глубже понять генетические особенности и географические закономерности их распространения.

Криогенные почвы на основных породах в рассматриваемом регионе изучены очень неравномерно и недостаточно. Они описаны только на восточных макросклонах плато Путорана и Сыверма [2, 26, 27]. Фактически отсутствуют материалы по почвам западного макросклона плато Путорана и Мойро-Котуйская равнины. Остается много неясностей и разночтений в генезисе и географии таких почв, в их диагностике, терминологии и классификации. Все эти проблемы требуют решения и обсуждения. Гидроморфное неглеевое почвообразование (криоземы) на бескарбонатных породах впервые описано И.А. Соколовым [26, 27], на карбонатных – Д.Е. Конюшковым [13].

В настоящей статье на основе многолетних полевых исследований обсуждаются генетико-географические и номенклатурно-классификационные аспекты современного криоземного почвообразования на бескарбонатных породах в условиях Субарктики Центральной Сибири.

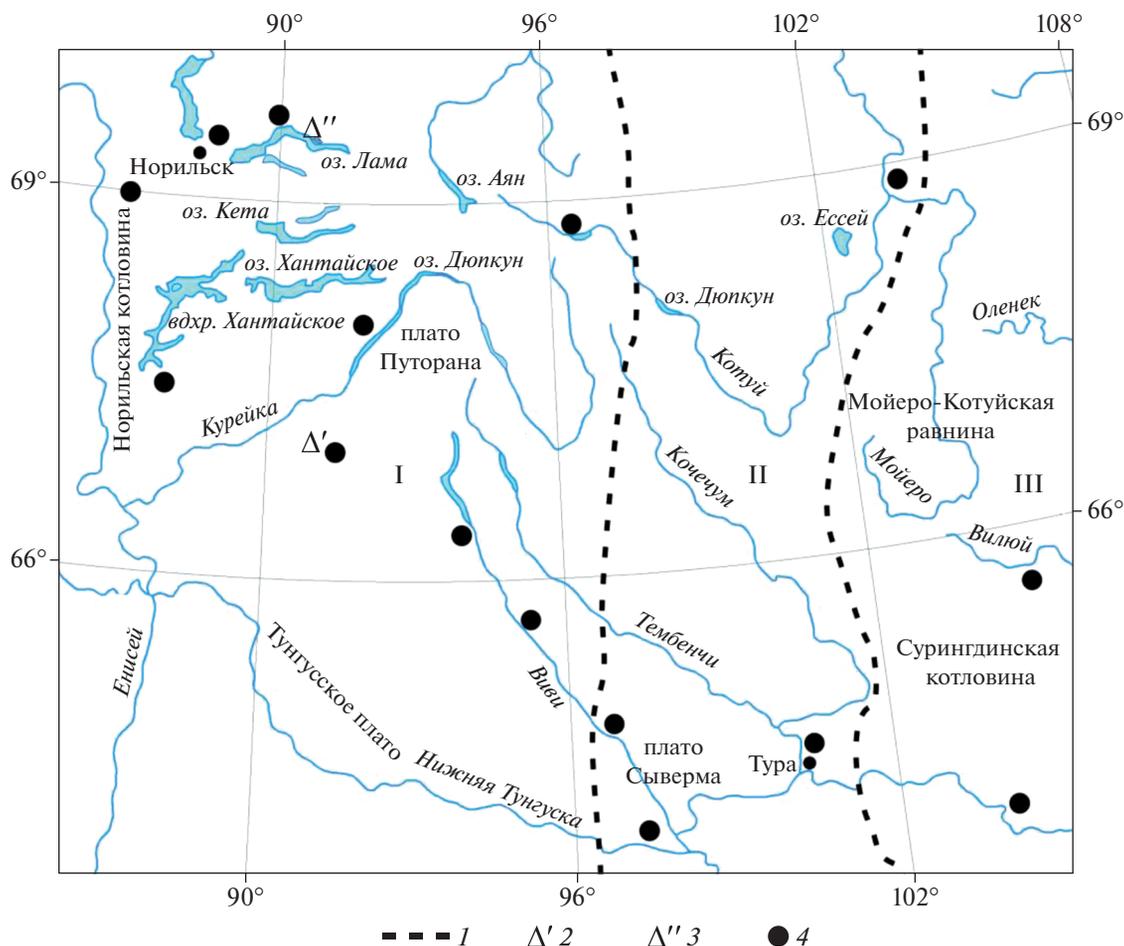


Рис. 1. Район исследований и места отбора проб в Субарктике Центральной Сибири; 1 – границы секторов: I – западный гумидный, II – переходный слабогумидно-семигумидный, III – восточный семигумидный. Почвенные катены: 2 – “Энде”, 3 – “Кутарамакан”; 4 – участки маршрутных описаний почв.

Цель работы – на основе анализа массовых материалов попытаться сформулировать основные факторные и процессные закономерности, контролирующие генетико-географические особенности и разнообразие криоземов.

ОБЕКТЫ И МЕТОДЫ

Многолетние почвенные исследования проводили в малоизученных районах северо-запада Среднесибирского плоскогорья (координаты 63–69° N, 87–107° E): плато Путорана – горы Хаералах (69°28' N, 88°30' E), Усть-Эндэ (67° N, 91° E), Богадиль (68° N, 92° E), плато Сыверма, Норильская котловина, Мойеро-Котуйская равнина, бассейны рек Нижняя Тунгуска, Виви, Кочечум, Котуй, Мойеро (рис. 1).

Среднесибирское плоскогорье – крупный геоструктурный и орографический регион со сложным геологическим и геоморфологическим строением. Верхняя часть платформенного чехла Сибирской платформы сложена верхнепалеозойскими-нижне-

мезозойскими траппами, которые представлены интрузивными и эффузивными породами (базальтами, долеритами). Трапповый комплекс включает туфогенные образования: туфобрекчии, туфы базальтов, туффиты, туфопесчаники. Рельеф плоскогорья отличается значительным разнообразием и представлен трапповыми и лавовыми плато со столбовой поверхностью и ступенчатыми многоярусными склонами (Путорана, Сыверма, Тунгусское), немногими котловинами (Норильская и др.). В долинах рек и котловинах широко развиты флювиогляциальные, аллювиальные, делювиально-криосолифлюкционные и озерно-ледниковые террасовидные поверхности [15, 17]. Продукты выветривания трапповых пород выступают в качестве почвообразующих.

По климатическим показателям рассматриваемый регион разделяется на три меридиональных сектора [8, 29, 31]:

1. Западный умеренно континентальный гумидный (коэффициент увлажнения (**КУ**) по Иванову 1.33). Охватывает западные наветренные ча-

сти плато Путорана, Тунгусского, Сыверма и Норильскую котловину (границы: правый берег р. Енисей, 98° Е). Территория сектора подвержена циклонической деятельности с внедрением влажных и сравнительно теплых атлантических воздушных масс. Характеризуется холодной морозной зимой (температура января –18...–26°С) и умеренно теплым летом (температура июля 14–17°С). Среднегодовое количество осадков 500–600 мм, с максимумом в горах.

2. Переходный континентальный слабогумидно-семигумидный (сбалансированный) КУ ≤ 1. Расположен в центральной части региона, включает подветренный восточный макросклон плато Путорана, Тунгусское плато, восточную часть плато Сыверма, и западную окраину Мойеро-Котуйской равнины (границы ~98–102° Е). Характеризуется ярко выраженными инверсиями температур, суровой зимой и умеренно теплым летом. Годовое количество осадков 300–500 мм, температура июля 16°С, января –36°С. Среднегодовая температура воздуха –9°С.

3. Восточный резко континентальный семигумидный (КУ 0.73). Охватывает восточную часть Мойеро-Котуйской равнины (границы примерно 102–107° Е). Характеризуется господством зимнего антициклона, с ярко выраженными инверсиями температур, суровой зимой и умеренно теплым летом, максимальной степенью континентальности климата, что связано с горно-котловинным рельефом, инверсией температур воздуха. Годовое количество осадков 300–350 мм, а температуры воздуха –9.2...–12°С.

Территория исследования расположена в криолитозоне с исключительно широким развитием криогенных явлений и сопутствующих им образований. Доминируют процессы криосолифлюкции, пучения, морозного растрескивания и сформированные ими делювиально-криосолифлюкционные террасы и бугорковый микрорельеф.

Растительность представлена притундровыми и северотаежными лесами. Почвы формируются под редкостойными лиственничниками с олиготрофным кустарничково-мохово-лишайниковым напочвенным покровом. Лиственничные леса представлены тремя основными группами ассоциаций: лиственничники лишайниковые, лиственничники зеленомошно-лишайниковые и лиственничники зеленомошные.

Объектами исследования были криоземы северо-западной части Среднесибирского плоскогорья, формирующиеся в условиях высокого залегания кровли ММП, которая располагается в пределах 1 м от дневной поверхности. Изучали торфяно-криоземы глееватые (гумидный сектор), криоземы грубогумусовые (слабогумидно-семигумидный сектор), криоземы серогумусовые и криоземы сорбировано-гумусовые (семигумидный сектор).

Исследование почв и почвенного покрова проводили маршрутно-катенарным методом. Наряду с этим использовали сравнительно-географический (экологический) и сравнительно-морфогенетический подходы в сочетании с лабораторно-аналитическими методиками, принятыми в химии почв: рН (водной и солевой вытяжек) – потенциометрически, содержание обменных катионов и водорода – по Гедройцу, гранулометрический состав методом пипетки – по Качинскому, валовой состав мелкозема и горных пород – разложение навески сплавлением с углекислыми солями калия и натрия, содержание углерода (гумус) – по Тюрину, углерода и азота – по Анстету в модификации Пономаревой и Николаевой, оксалаторастворимых форм соединений железа и алюминия – по Тамму и дитиониторастворимых – по Мера и Джексону. Анализы выполняли в лаборатории лесного почвоведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. В Центральной лаборатории КПГО “Красноярскгеология” исследовали петрографо-минералогический состав обломков почвообразующих пород из почвенных профилей в шлифах. Использовали классификацию и полевой определитель почв России [3, 4, 25].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Торфяно-криоземы глееватые гумидного сектора. Плато Путорана – горы Хаералах (координаты 69°28' N, 88°30' E), Усть-Эндэ (67° N, 91° E), Богадиль (68° N, 92° E), Норильская котловина, бассейны рек Горбиачин, Хантайка, Нералах, Котуй. Заложены две почвенные катены: “Кутарамакан” и “Эндэ”. Торфяно-криоземы глееватые распространены в котловинах, на делювиальных шлейфах, преимущественно на склонах северных румбов (занимают их нижние и средние части), нижних частях склонов южных экспозиций, речных и озерных террасах. Формируются на каменисто-мелкоземистых и мелкоземистых дериватах трапповых пород (базальтов, долеритов), под притундровыми и северотаежными лиственничникам кустарничково-мшистыми V–Vб классов бонитета. На поверхности нередко выражен бугорковый микрорельеф.

Разрез 7. Почвенная катена “Кутарамакан” (69°34' N, 90°32' E). Плато Путорана, горы Богадиль (северный склон), долина р. Иркинда (левобережье), надпойменная терраса, абсолютная высота 150 м, относительная 11 м. Присклоновое понижение террасы, шириной 20–30 (до 70) м, с мочажинами, заросшими хвощом, осоками, кустами ивы, сфагновыми и зелеными мхами. Притундровый лиственничник кустарничково-зеленомошно-лишайниковый. Почвообразующие породы – флювиогляциальные отложения (дериваты базальтов).

T, O—12 см. Торфяной, темно-бурый, растительные остатки различной степени разложения, переплетен и уплотнен корнями кустарничков, мокрый. Легко отделяется от нижележащего горизонта.

CRg, 12—36 см. Криогенный, глееватый, серовато-бурый с зеленовато-серым оттенком и зеленовато-ржавыми пятнами оглеения, легкосуглинистый, мелкие валуны (до 20%), волокнистые растительные остатки, тонкие корни, плотный, переувлажнен. Переход постепенный по цвету.

CRg, 36—42 см. Надмерзлотный, криогенный, глееватый, буро-коричневый, ржавые пятна, легкосуглинистый, много растительных остатков (фрагменты полуразложившихся веток, корней) — результат криогенных процессов. Мокрый, разрез заполняется водой, мелкие валуны.

Сходное строение имеют следующие профили торфяно-криоземов глееватых. Разрез 6. Первая надпойменная терраса, абсолютная высота 148 м, относительная 9 м. Бугорковый микрорельеф. Разрез заложен в межбугорковой западине. Редкостойный кустарничково-зеленомошно-лишайниковый листовничник. Почвообразующие породы — аллювиальные и моренные отложения (дериваты базальтов).

Почвенная катена “Энде” (67° N, 91° E), плато Путорана, горы Усть-Энде, склон северо-восточной экспозиции, притундровые листовничники, почвообразующие породы — каменисто-мелкоземистые дериваты базальтов.

Разрез 18. Верхняя часть склона (нагорная терраса), крутизна 3°—5°, абсолютная высота 385 м, относительная 237 м. Небольшие кочки, образованные осокой. Обилие мелких ручьев, микропонижения переувлажнены. Листовничник кустарничково-мелкотравно-зеленомошный, голубика, водяника, брусника, хвощ, осока.

Разрез 13. Средняя часть склона, абсолютная высота 246 м, относительная 98 м, крутизна склона 27°. Бугорково-западинный микрорельеф. Редкостойный листовничник кустарничково-сфагново-лишайниковый. Разрез расположен на двух бугорках и межбугорковой западине.

Разрез 11. Средняя часть склона, абсолютная высота 227 м, относительная 128 м. Бугорково-западинный микрорельеф. Листовничник осоково-кустарничково-зеленомошный.

Разрез 12. Плато Путорана, средняя часть склона, абсолютная высота 210 м, относительная 62 м, крутизна склона 3°. Бугорково-западинный микрорельеф. Листовничник кустарничково-мшисто-лишайниковый.

Разрез 16. Нижняя часть склона (крутизна 4°), абсолютная высота 178 м, относительная 30 м. Бугорково-западинный микрорельеф. Листовничник кустарничково-мшисто-лишайниковый.

Разрезы 15, 19 описаны в Норильской котловине: бассейны рек Горбиачин (координаты 67°29' N, 87°50' E), разрезы 25, 26 (Хантайки, 68°60' N, 86°33' E), разрезы 27, 34 (Нералах, 69°35' N, 89°55' E) под притундровыми листовничниками осочково-кустарничково-зеленомошными, мшисто-хвощово-осоковыми и кустарничково-мохово-лишайниковыми, на дериватах базальтов.

В профиле торфяно-криоземов глееватых выделяются следующие горизонты: T—⁺CRg. Торфяной горизонт (мощность 10—20 см) состоит из органического материала разной степени разложения. Диагностический криогенный надмерзлотный глееватый горизонт ⁺CRg [16] имеет буровато-зеленые, охристые, ржаво-охристые, зеленовато-коричневые, оливково-бурые, серовато-оливковые (зеленые) тона окраски, однородные или чередующиеся. Обычно это пятнистое оглеение, с максимальной выраженностью в надмерзлотной минеральной толще. Горизонт имеет плитчатую криогенную структуру или бесструктурный, уплотнен или плотный, с признаками механического передвижения минеральной массы во влажно-пластичном состоянии (может быть пльвунным), сырой, холодный. Криотурбации нередко отражаются в образовании морозобойных трещин, которые заполнены органическим и органоминеральным материалом, засыпанным из вышележащих горизонтов. Мерзлота располагается на глубине 22—60 см и служит геохимическим барьером [9]. Надмерзлотное накопление органического вещества (ретинизация) ни в одном разрезе не обнаружено.

Цветовая гамма горизонта ⁺CRg широка (по шкале Манселла тон 7.5YR или 10YR, светлота 5, насыщенность 4, 6). Глеевая окраска горизонта свидетельствует о проявлении в почвах как восстановленного, или редуцированного глея, с преобладанием холодных (оливковых, серовато-оливковых, серовато-зеленых), так и пятнистого, или окисленного глея с доминированием теплых (ржаво-охристые пятна, вкрапления, примазки) тонов окраски [12]. Оглеение почв обусловлено надмерзлотным переувлажнением, возникшим в условиях атмосферной увлажненности. Однако природа холодных тонов окраски в торфяно-криоземах глееватых может быть связана не только с железистыми соединениями, но и с цветовой имитацией, обусловленной хлоритом, глауконитом [30], а также пироксенами, оливином, имеющими желтовато-зеленый и оливковый цвет.

Гранулометрический состав почв варьирует от легкосуглинистого до среднеглинистого, что связано с характером почвообразующих пород (табл. 1). Почвы имеют кислую реакцию в торфяном горизонте и слабокислую до нейтральной в горизонте ⁺CRg. Степень насыщенности основания варьирует в широких пределах, от низкой в

Таблица 1. Гранулометрический состав криогенных почв

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						сумма частиц <0.01
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	
Торфяно-криоземы глееватые									
27	⊥CRg	9–27	4	10	30	19	28	9	56
25	CR	12–23	13	18	35	11	16	7	34
	⊥CRg	23–36	7	16	39	12	17	8	37
26	CRg	13–36	1	13	44	10	18	14	42
	⊥CRg	36–56	1	12	29	25	22	12	57
7	CR	12–36	2	29	44	8	10	7	26
	⊥CRg	36–42	9	35	31	8	10	7	26
6	⊥CRg	11–17	1	13	43	11	18	13	42
19	⊥CRg	16–31	8	14	25	16	24	13	52
15	⊥CRg	31–34	9	13	8	18	31	22	70
Криоземы грубогумусовые									
1-89	⊥CR	9–18	–	12	18	13	22	35	70
2-89	⊥CR	11–27	12	62	10	3	5	8	16
3-89	AO	4–10	–	64	18	5	5	8	18
	CR	10–15	–	67	14	2	9	8	19
	⊥CR	15–30	17	57	6	5	7	8	21
4-89	CR	8–13	–	66	21	3	6	4	13
	⊥CR	13–43	20	46	14	3	4	13	20
6-89	CR	9–19	12	36	23	3	12	14	29
	⊥CR	19–34	16	32	26	3	13	10	26
7-89	⊥CR	5–28	–	18	49	9	11	13	33
Криоземы серогумусовые									
1-90	AY	7–18	16	12	21	10	14	23	49
	CR	18–26	12	21	20	10	17	20	47
	CR1	26–39	10	14	27	11	16	22	49
	⊥CR2	39–59	11	18	21	13	15	22	50
2-90	AY	7–13	11	20	16	6	16	31	53
	CR	13–29	9	8	23	8	21	30	59
	⊥CR	39–50	7	12	23	8	21	29	58
7-90	AY	8–13	11	1	14	8	17	49	74
	CR	13–27	10	13	16	8	15	38	61
	⊥CR	27–47	10	19	17	10	20	37	67
7-91	AY	0–10	4	5	20	10	14	47	71
	CR	10–28	1	1	26	11	17	44	72
	⊥CR	28–69	1	1	25	11	16	46	73
Криоземы сорбировано-гумусовые									
5-90	CRhs	10–16	86	3	3	3	2	3	8
	CR	16–31	63	21	6	2	2	6	10
	⊥CR	31–38	19	25	14	8	11	23	42
8-90	⊥CRhs	20–40	35	9	21	6	16	13	35
10-90	CRhs	6–13	16	7	22	9	15	31	55
	CR	13–24	17	15	24	10	16	18	44
	CR1	24–33	18	20	25	8	16	13	37
	⊥CR2	33–41	22	14	28	9	18	9	36

Примечание. Прочерк – не обнаружено.

Таблица 2. Химические свойства торфяно-криоземов глееватых

Разрез	Горизонт	Глубина, см	рН Н ₂ O	Гумус, %	Н	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V, %
					СМОЛЬ(ЭКВ)/КГ			
34	T	0–8(12)	5.2	78.7*	37.5	48.0	14.0	62
	CRg	12–20	5.8	5.6	9.23	13.9	7.8	70
	CR1g	20–41	6,1	2.8	7.59	16.5	4.3	69
	⊥CR2g	41–55	6.4	1.8	5.48	16.5	4.8	74
27	T	0–9	4.5	62.0*	45.9	18.0	8.0	36
	AO	4–9	5.2	14.6	46.9	11.8	5.3	50
	⊥CRg	9–27	6.1	1.2	7.11	15.3	8.7	77
25	T	0–12	5.7	75.8*	34.3	44.0	17.0	64
	CR	12–23	6.0	2.8	7.11	13.7	4.7	72
	⊥CRg	23–36	6.2	2.0	6.81	17.2	5.8	77
26	T ₁	0–5	6.8	83.0*	17.9	60.0	35.0	84
	T ₂	5–13	6.8	57.6*	45.1	60.0	36.0	68
	CRg	13–36	7.7	0.7	1.37	17.4	14.1	96
	⊥CRg	36–56	7.9	0.6	1.6	17.5	15.9	97
	T	0–12	5.2	81.0*	26.2	78.0	9.0	77
7	CRg	12–36	6.1	3.9	5.14	25.5	5.0	86
	⊥CRg	36–42	6.6	3.6	3.82	26.8	5.7	89
	T ₁	0–7	4.3	94.0*	57.5	35.0	6.0	42
6	T ₂	7–11	5.7	64.0*	36.7	60.0	10.0	66
	⊥CRg	11–17	6.4	3.0	6.69	26.8	7.4	84
	T	0–9	4.3	86.0*	55.0	16.0	7.0	29
19	⊥CRg	16–31	5.5	2.3	10.3	7.8	2.9	51
	T ₁	0–10	4.5	83.0*	68.9	24.0	8.0	31
15	T ₂	17–20	5.3	62.0*	43.9	14.0	6.0	31
	⊥CRg	31–34	6.8	2.3	4.32	26.5	3.6	8789

* Потеря при прокаливании. Н – гидролитическая кислотность. V – степень насыщенности основаниями.

органогенных горизонтах до высокой в минеральной толще (табл. 2). Профиль дифференцирован по содержанию органического вещества: потеря при прокаливании в подстилках составляет 62–94%, содержание гумуса в криогенном горизонте 0.6–5.6%.

Таким образом, торфяно-криоземы глееватые диагностируются по сочетанию органогенного горизонта с надмерзлотно-переувлажненной оглеенной минеральной толщей. При этом имеются заметные различия, связанные с характером (мощности, окраски, степени разложения) торфяных горизонтов. Нередко вариации этих горизонтов обнаруживаются в пределах небольших по площади участках. Различия по соотношению, сочетанию и степени распространения торфяных горизонтов во всех разрезах может быть связано с мощностью и сомкнутостью растительного покрова, характером рельефа, экзогенных процессов (пожары, эрозия и др.).

Торфяно-криоземы глееватые имеют широкое распространение. По мере увеличения засушливости климата сменяются криоземами грубогумусовыми. В Классификации почв России [14] торфяно-криоземы глееватые выделены на правах подтипа в типе торфяно-криоземов.

Криоземы грубогумусовые слабогумидно-семигумидного сектора. Описаны на плато Путорана, Сыверма и Мойеро-Котуйской равнине. Распространены преимущественно на склонах северной ориентации и террасированных поверхностях речных долин. Формируются на каменисто-мелкоземистых и однородных дериватах базальтов и долеритов, под притундровыми и северотаежными листовенничниками кустарничково-зеленомошно-лишайниковым и кустарничково-зеленомошным V–Vб классов бонитета. На поверхности нередко выражен бугорковый микрорельеф.

Разрез 11-91. Плато Сыверма, средняя часть склона северо-восточной экспозиции (крутизна 5° – 6°) с криогенным бугорковым нанорельефом, 1.3 км к северо-западу от устья р. Янгето, 600 м от р. Виви. Абсолютная высота 180 м, относительная 34 м. Северотаежный лиственничник багульниково-лишайниковый V6 класса бонитета. Почвообразующая порода – дериваты базальтов и долеритов.

АО, 0–13 см. Грубогумусовый, состоит из органической массы разной степени разложения, которая находится в механической смеси с минеральными компонентами горизонта и легко от них отделяется. Серовато-буро-коричневый, густо переплетен и уплотнен корнями, влажный. Переход резкий.

CR, 13–22 см. Криогенный, грязно-серый с буроватым оттенком, суглинистый, бесструктурный, мокрый, тонкие корни. В сухом состоянии рыхло-глыбистый. Переход слабо заметный по цвету.

\perp CR, 22–40 см. Надмерзлотный, криогенный, грязно-серый, несколько темнее вышележащего, суглинистый, единичные тонкие корни, мокрый, в сухом состоянии рыхло глыбистый.

Разрез 14-90. Плато Сыверма, 2 км к юго-западу от устья р. Гиля (правый приток р. Виви), пологий шлейф северного склона с бугорковым микрорельефом. Северотаежный лиственничник кустарничково-лишайниково-зеленомошный Va класса бонитета. Почвообразующая порода – каменисто-мелкоземистый делювий базальта.

Разрез 1-92. Плато Сыверма (район п. Тура), нижняя треть северо-западного горного склона (крутизна 5° – 7°), абсолютная высота 270 м, относительная 140 м. Лиственничник кустарничково-зеленомошный Va класса бонитета. Почвообразующая порода – каменисто-мелкоземистые дериваты базальта.

Разрез 2-92. Подножие склона, 350 м от разреза 1-92, абсолютная высота 230 м, относительная 100 м. Лиственничник кустарничково-зеленомошный Va класса бонитета. Почвообразующая порода – каменисто-мелкоземистые дериваты базальта.

Разрез 4-92. Терраса р. Кочечум (левобережье, район п. Тура) бугорковый микрорельеф с подушками сфагнума, лиственничник кассандрово-багульниково-сфагновый V6 класса бонитета. Почвообразующая порода супесчано-суглинистый аллювий.

Близкое строение профиля имеют разрезы 1-89, 2-89, 3-89, 4-89, 6-89, 7-89. Долина нижнего течения р. Мойеро, надпойменные террасы, при-тундровые лиственничники голубично-лишайниковые, зеленомошно-лишайниковые, багульниково-зеленомошно-лишайниковые. Почвообразующие породы – супесчано-суглинистый аллювий.

Обобщенное строение профиля криоземов грубогумусовых выражено формулой (O)–AO– \perp CR. Подстилочно-торфяной горизонт серовато-бурый, серовато-коричневый, буровато-коричневый, светло-бурый переплетен корнями, рыхлый мощностью до 10 см. Состоит в основном из не- и слабо-разложившихся растительных остатков, почти полностью сохранивших главные черты своей исходной формы. Диагностический грубогумусовый горизонт АО мощностью 3–13 см темно-буро-коричневый, состоит преимущественно из полуразложившихся растительных остатков, находящихся в механической смеси с минеральной частью горизонта. Криогенный надмерзлотный горизонт \perp CR грязно-серый, буро-серый с буро-коричневыми и темно-коричневыми пятнами (в сухом состоянии по шкале Манселла тон 10YR, светлота 4–5, насыщенность 2–4). Иногда наблюдаются морозобойные трещины, заполненные органическим веществом, засыпавшимся из вышележащих горизонтов, и криогенная плитчатая структура. В сухом состоянии слабослитный. Морфологические признаки устойчивого надмерзлотного оглеения в профиле почв, как правило, отсутствуют. Главным фактором, ограничивающим оглеение в криоземах грубогумусовых, в первую очередь служит недостаточное атмосферное увлажнение (именно в слабогумидно-семигумидных условиях описано неглеевое криоземное почвообразование [26, 27]). При этом допускается переувлажнение профиля в период медленного оттаивания сезонной мерзлоты. Полагают, что холодные надмерзлотные воды, обогащенные кислородом, криотурбированная (разуплотненная) минеральная толща и низкая микробиологической активностью могут сдерживать глееобразование [18, 26, 27].

Гранулометрический состав почв варьирует от супесчаного до среднеглинистого и определяется составом материнских пород. Почвы имеют кислую реакцию, сильноненасыщенный и ненасыщенный поглощающий комплекс в горизонтах O и АО, слабокислую и близкую к нейтральной реакцию и насыщенный поглощающий комплекс минеральной толщи (табл. 3). Весь почвенный профиль характеризуется однотипным распределением органического вещества. Горизонт \perp CR содержит 1.8–6.9% гумуса, с уменьшением с глубиной. Исключение составляют разрезы 14-90, 1-92, в которых обнаруживается повышенное содержание его в нижней части профиля, что может быть связано с криогомогенизацией (перемещение минерального материала с органическими остатками) [26]. Валовой состав мелкозема почв (табл. 4) отражает состав материнских пород. Распределение в минеральной толще SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 однородное.

Почвы характеризуются повышенным абсолютным и относительным содержанием оксалато-

Таблица 3. Химические свойства криземов

Разрез	Горизонт	Глубина, см	рН		Гумус	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Σ	СН, %
			H ₂ O	KCl		смоль(экв)/кг				
Криземы грубогумусовые										
14-90	AO	0–13	4.7	3.6	25.4*	27.0	14.4	27.2	68.6	40
	CR	13–33	6.5	4.8	2.45	35.4	9.1	0.27	44.8	1
	⊥CR	33–49	6.5	4.9	5.50	44.6	15.8	0.27	60.7	1
11-91	AO	0–13	4.3	3.2	48.2*	18.1	10.2	35.1	63.4	55
	CR	13–22	6.2	4.3	2.27	28.8	13.8	0.38	43.0	1
	⊥CR	22–40	6.5	4.8	1.99	33.0	12.9	0.22	46.1	1
1-92	AO	4–11	4.3	3.5	26.51	23.9	13.4	20.5	57.8	43
	CR	11–14	6.1	5.3	6.32	60.1	23.1	1.5	84.7	2
	CR1	14–24	6.0	4.6	6.90	39.7	13.9	0.5	54.1	1
	CR2	24–40	6.2	4.6	3.15	39.2	12.8	0.3	52.3	1
	⊥CR3	40–44	6.5	4.5	2.49	33.5	12.0	0.3	50.8	1
4-92	O	0–6	4.6	3.4	46.7	13.7	23.2	49.3	86	57
	AO	6–10	6.3	5.5	24.5	18.0	0.8	74.4	93.2	80
	CR	10–16	5.6	4.3	3.18	12.9	5.0	0.8	18.7	4
	CR1	16–30	6.3	4.2	0.89	11.9	5.0	0.4	17.3	2
	⊥CR2	16–30	6.4	4.4	1.30	12.1	5.4	0.2	17.7	1
Криземы серогумусовые										
1-90	O	0–7	4.7	3.7	42.4*	23.9	13.0	23.5	60.4	39
	AY	7–18	5.4	4.1	11.65	29.3	9.4	4.2	42.9	10
	CR	18–26	6.2	5.0	10.31	31.5	9.9	0.3	41.7	1
	CR1	26–39	6.6	5.2	10.96	32.7	10.5	0.3	43.9	1
	⊥CR2	39–59	6.6	5.2	10.29	33.8	9.7	0,3	43.8	1
2-90	O	0–7	4.0	2.9	50.2*	14.6	12.9	52.8	80.3	66
	AY	7–13	5.4	3.8	7.27	25.9	14.3	5.25	45.4	12
	CR	13–29	6.5	4.8	4.53	32.0	16.0	0.27	48.3	1
	⊥CR	29–50	6.8	5.1	5.17	33.7	15.8	0.20	49.7	1
7-90	O	0–8	4.7	3.7	41.5*	46.9	14.3	27.5	88.7	31
	AY	8–13	6.0	4.7	6.72	32.7	22.6	0.7	56.0	1
	CR	13-27	6.0	4.4	2.95	35.3	21.2	0.3	56.8	1
	⊥CR	27-47	6.4	4.7	2.39	37.7	21.4	0.2	59.3	1
7-91	AY	0–10	6.2	4.6	12.67	42.8	71.6	2.4	116.8	2
	CR	10–28	6.6	5.6	4.39	41.0	18.1	0.2	59.3	1
	⊥CR	28–69	6.1	4.9	4.71	39.3	18.6	0.3	58.2	1
Криземы сорбировано-гумусовые										
5-90	O	0–10	4.1	2.7	64.0*	14.1	5.7	71.8	91.6	78
	CRhs	10–16	5.5	3.7	4.93	24.7	6.6	2.7	34.0	79
	CR	16–31	6.2	4.1	1.22	30.9	10.7	0.3	41.9	1
	⊥CR	31–38	6.3	4.3	0.72	35.7	15.8	0.3	51.8	1
8-90	O ₁	0–16	5.9	5.1	49.8*	15.1	11.7	56.3	83.1	68
	O ₂	0–16	4.2	3.8	53.4*	20.8	8.6	54.1	83.5	65
	⊥CRhs	16–36	6.4	5.8	43.7*	50.8	13.1	2.83	66.2	5
10-90	O	0–6	4.4	3.3	38.3*	23.9	10.6	32.8	67.3	49
	CRhs	6–13	5.5	4.3	9.49	29.4	11.6	5.20	46.2	11
	CR	13–24	6.1	4.2	2.30	33.1	14.7	1.3	49.1	3
	CR1	24–33	6.4	4.3	1.49	35.3	12.6	0.3	48.2	1
	⊥CR2	33–41	6.7	4.4	1.88	39.4	14.1	0.2	53.7	1

* Углерод по методу Анстета (в модификации Пономаревой и Николаевой), СН – степень ненасыщенности основаниями.

Таблица 4. Валовой состав криоземов, % от прокаленной навески

Разрез	Горизонт	Глубина, см	ППП*, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CaO	MgO
Криоземы грубогумусовые											
14-90	AO	0–13	53.40	53.89	17.77	9.83	1.25	0.18	0.27	7.80	5.87
	CR	13–33	10.98	52.64	17.12	10.95	1.30	0.16	0.09	7.31	5.57
	CR1	33–49	11.00	52.58	16.92	12.04	1.41	0.17	0.10	7.34	5.79
	⊥CR2	33–49	27.10	53.41	19.24	11.29	1.30	0.17	0.08	6.48	7.70
11-91	⊥CR	22–40	9.32	52.43	15.47	9.69	0.50	0.07	0.08	6.20	6.24
1-89	AO	2–9	38.70	54.87	15.34	9.04	0.74	0.09	0.14	4.98	4.23
	⊥CR	9–18	22.47	53.90	14.45	8.49	0.70	0.10	0.09	3.78	4.05
2-89	AO	4–11	25.80	54.04	9.38	6.52	0.65	0.11	0.12	7.10	3.72
	⊥CR	11–27	6.07	58.61	10.74	7.32	0.66	0.14	0.08	7.50	4.52
3-89	AO	4–10	34.17	58.21	8.66	6.78	0.73	0.11	0.15	7.10	3.75
	CR	10–15	7.25	61.59	10.12	8.03	0.83	0.15	0.06	6.69	4.03
	⊥CR	15–30	4.11	60.90	9.96	8.03	0.87	0.16	0.08	7.34	4.36
4-89	AO	3–8	49.33	66.03	8.31	7.81	0.73	0.14	0.20	11.04	4.87
	CR	8–13	27.03	59.64	8.60	7.11	0.71	0.13	0.13	8.30	3.86
	⊥CR	13–43	7.90	61.75	9.78	7.57	0.74	0.18	0.10	7.29	3.64
6-89	AO	4–9	48.82	52.00	11.93	11.56	1.51	0.31	0.27	2.48	5.23
	CR	9–19	14.67	48.45	12.70	11.58	1.30	0.18	0.10	6.10	6.77
	⊥CR	19–34	7.51	50.91	13.62	10.98	1.26	0.23	0.08	9.22	4.53
7-89	AO	4–9	59.16	41.31	10.91	8.58	1.07	0.14	0.31	10.20	4.04
	⊥CR	9–32	13.24	51.66	16.60	11.03	1.03	0.14	0.11	8.13	4.02
Криоземы серогумусовые											
1-90	O	0–7	78.45	70.40	14.59	3.73	0.86	0.42	0.91	3.55	2.46
	AY	7–18	16.65	64.16	15.96	6.99	0.90	0.13	0.08	4.08	3.15
	CR	18–26	13.49	65.04	15.64	7.13	0.92	0.12	0.07	4.23	3.11
	⊥CR	26–59	14.11	65.88	15.67	6.64	0.88	0.11	0.08	3.87	2.96
2-90	O	0–7	90.14	63.21	11.92	7.25	0.99	0.32	2.08	7.05	3.87
	AY	7–13	14.37	61.12	16.49	9.94	1.19	0.11	0.07	4.27	3.58
	⊥CR	13–50	10.90	61.54	15.96	9.88	1.14	0.14	0.10	4.54	3.61
7-90	O ₁	0–8	99.58	52.07	15.63	7.13	0.97	1.75	2.24	12.50	5.17
	O ₂	0–8	84.01	50.94	14.40	9.06	1.02	0.16	3.66	14.40	3.06
	AY	8–13	16.82	56.89	17.40	13.40	1.32	0.16	0.13	4.20	4.84
	⊥CR	13–47	10.64	57.25	16.46	12.42	1.24	0.20	0.13	4.20	4.56
7-91	AY	0–10	6.79	52.71	15.83	12.06	1.29	0.19	0.14	7.68	5.43
	CR	10–28	23.37	55.42	15.45	8.08	0.94	0.10	0.15	2.54	4.05
	CR1	28–33	18.81	56.94	15.77	8.23	0.93	0.14	0.13	2.46	3.65
	⊥CR2	33–69	16.57	57.17	15.94	8.59	0.96	0.17	0.19	2.39	3.93
Криоземы сорбировано-гумусовые											
5-90	O	0–10	71.24	55.13	14.02	12.03	1.30	0.17	0.61	7.90	6.42
	CRhs	10–16	9.04	55.25	15.67	11.24	1.17	0.20	0.15	6.97	5.41
	CR	16–31	7.83	55.72	15.47	11.29	1.16	0.19	0.14	6.63	5.21
	⊥CR	31–38	8.60	57.46	15.62	10.90	1.17	0.14	0.11	5.73	4.86
8-90	O ₁	0–16	93.08	57.93	10.13	7.79	0.90	0.25	2.59	11.95	5.58
	O ₂	0–16	78.15	47.56	16.76	9.69	0.99	0.09	1.14	17.53	4.53

Таблица 4. Окончание

Разрез	Горизонт	Глубина, см	ППП*, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	CaO	MgO	
10-90	±CRhs	16–36	43.74	53.52	19.22	10.02	1.14	0.12	0.35	7.77	4.780	
	O	0–6	67.02	57.04	17.20	10.66	1.45	0.20	0.62	5.02	4.18	
	CRhs	6–13	16.32	53.05	17.01	13.51	1.47	0.16	0.09	5.27	4.67	
	CR	13–24	9.76	53.33	17.60	12.93	1.38	0.17	0.10	5.39	5.13	
	CR1	24–33	9.96	54.96	17.98	12.68	1.30	0.15	0.06	5.19	5.06	
	±CR2	33–41	9.91	55.00	16.33	12.35	1.24	0.20	0.08	7.07	5.34	
Обломки пород из профилей криоземов												
	Долерит		6.42	54.57	15.35	11.05	1.19	0.19	0.11	8.18	5.53	
				6.50	56.17	15.98	10.86	1.09	0.18	0.10	6.67	5.80
	Базальт		6.71	53.23	14.58	12.46	1.29	0.19	0.12	9.27	5.91	
				3.82	55.00	14.49	10.08	1.09	0.18	0.11	9.02	5.74
				9.54	55.67	13.42	9.56	0.84	0.19	0.01	9.62	6.15
	Туф		5.96	55.13	13.70	12.90	1.27	0.18	0.13	8.62	5.25	
				7.62	54.16	14.79	12.37	1.26	0.19	0.12	7.41	5.30
				7.12	55.96	14.58	11.91	1.23	0.18	0.12	6.91	4.64
				8.79	57.62	12.98	11.21	1.11	0.19	0.13	7.04	4.92
				7.76	53.23	14.20	13.51	1.32	0.19	0.15	7.92	5.68
				11.53	59.50	15.68	12.40	1.17	0.17	0.11	3.64	4.08

* ППП – потеря при прокаливании.

растворимых форм железа и алюминия и дитионаторстворимых соединений железа, с максимумом в грубогумусовых горизонтах, что, вероятно, обусловлено биологической аккумуляцией (табл. 5). Наблюдается резкое доминирование окристаллизованных форм железа над оксалаторстворимыми, что может быть связано с внутрпочвенной кристаллизацией и дегидратацией оксалаторстворимых соединений железа в условиях зимнего промерзания и летнего иссушения почв.

Криоземы грубогумусовые занимают большие площади. В Классификации почв России [14] криоземы грубогумусовые выделены в качестве типа в отделе криогенных почв. В литературе эти почвы известны под термином гомогенные криоземы [26].

Криоземы семигумидного сектора. Описаны преимущественно в Сурингдинской межгорной котловине с холмисто-озерным ледниковым рельефом, на юго-восточной оконечности побережья оз. Сурингда (65°30' N, 105°00'–105°15' E). Территория котловины – это своеобразная часть “полюса холода” (пос. Ессей), обусловленная температурными инверсиями (стекание масс холодного воздуха по склонам гор и застаивание его в депрессиях, что приводит к выхолаживанию приземного воздуха) [20, 21, 32].

Криоземы серогумусовые описаны в Сурингдинской котловине (юго-восточная оконечность побережья оз. Сурингда) и долине р. Нижняя

Тунгуска. Почвы формируются под северотаежными лиственничниками кустарничково-зеленомощно-лишайниково-сфагновыми V–V6 классов бонитета, на тиксотропных суглинисто-глинистых дериватах базальтов, долеритов, туфов, занимают делювиально-криосолифлюкционные и моренные плоскохолмистые террасовидные поверхности с ярко выраженным криогенным бугорково-западинным микрорельефом. Бугорки имеют разную форму (округлую, продолговатую), диаметр 0.8–1.5 м, относительную высоту над дном западины 40–80 см. Они заняты криоземами серогумусовыми под разреженным низкбонитетным лиственничником с зелеными мхами и лишайниками. Стволы лиственниц обычно наклонены (“пьяный лес”), что связано со смещением почвенно-грунтовых масс деятельного слоя в результате процессов пучения и криосолифлюкции. Бугорки хорошо прогреваются в теплый период и могут оттаивать до глубины 90 см (максимум для криогенных почв). Ширина межбугорковых пространств достигает 50 см. Они покрыты сфагновыми мхами и заняты своеобразными почвами, состоящими из торфяной толщи разной степени разложения мощностью 20–45 см, подпираемой ледяными линзами или льдисто-минеральной ММП. При этом поверхность ММП имеет обратный рельеф поверхности почвы, то есть основание минеральной толщи бугорка лежит как бы в чаше из льдистой мерзлоты, которая выходит к межбугорково-

Таблица 5. Формы соединений железа и алюминия в криоземах, %

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Fe _{вал} (А)	Fe _{сил}	Fe _d (Б)	Fe _{окс} (В)	Fe _{окр}	Б от А	В от А	В от Б	Al _{вал} (А)	Al _{окс} (Б)	Б от А
Криоземы грубогумусовые													
1-89	АО	2–9	9.04	5.45	3.59	1.36	2.23	40	15	38	15.34	1.78	12
	⊥CR	9–18	8.49	3.94	4.55	1.14	3.41	54	13	25	14.45	1.82	13
2-89	АО	4–11	6.52	3.28	3.24	1.30	1.94	50	20	40	9.38	1.47	16
	⊥CR	11–27	7.32	4.66	2.66	0.88	1.78	36	12	33	10.74	1.10	10
3-89	АО	4–10	6.78	3.24	3.54	1.54	2.00	52	23	43	8.66	1.84	21
	CR	10–15	8.03	5.34	2.69	1.17	1.52	33	15	43	10.12	1.20	12
	⊥CR	15–30	8.03	5.74	2.29	0.66	1.63	29	8	29	9.96	1.04	10
4-89	АО	3–8	7.81	4.17	3.64	1.49	2.15	47	19	41	8.31	2.45	29
	CR	8–13	7.11	3.96	3.15	1.22	1.93	44	17	39	8.00	1.73	20
	⊥CR	13–43	7.57	4.98	2.59	0.82	1.77	34	11	32	9.78	1.11	11
6-89	АО	4–9	11.56	6.71	4.85	2.01	2.84	42	17	41	11.93	3.12	26
	CR	9–19	11.58	7.84	3.74	1.52	2.22	32	9	41	12.70	1.84	14
	⊥CR	19–34	10.98	7.41	3.57	1.07	2.50	33	10	30	13.62	1.60	12
7-89	⊥CR	9–32	11.03	7.28	3.75	2.09	1.66	34	19	56	16.60	1.16	7
Криоземы серогумусовые													
1-90	AY	7–18	6.99	3.39	3.60	0.56	3.04	52	8	16	15.96	0.79	5
	CR	18–26	7.13	4.81	2.32	0.95	1.37	33	13	41	15.64	0.69	4
	CR1	26–39	6.64	4.28	2.36	0.78	1.58	36	12	33	15.67	0.84	5
	⊥CR2	39–59	7.14	4.80	2.34	0.81	1.53	33	11	35	15.66	0.90	6
2-90	AY	7–13	9.94	7.06	2.88	1.19	1.69	29	12	41	16.49	1.23	7
	CR	13–29	9.88	7.15	2.73	1.02	1.71	28	10	37	15.96	0.91	6
	⊥CR	29–50	9.52	7.12	2.40	0.85	1.55	34	9	35	15.93	0.90	6
7-90	AY	8–13	13.40	9.60	3.80	2.02	1.78	28	15	53	17.40	1.64	9
	CR	13–27	12.42	9.45	2.97	1.25	1.72	24	10	42	16.46	1.21	7
	⊥CR	27–47	12.06	9.22	2.84	0.96	1.88	24	8	34	15.83	1.17	7
7-91	AY	0–10	8.08	4.47	3.34	1.49	1.85	41	18	45	15.45	1.59	10
	CR	10–28	8.23	4.63	3.60	1.69	1.91	44	21	47	15.77	1.38	9
	⊥CR	28–69	8.59	5.49	3.10	1.76	1.34	36	20	57	15.94	1.06	7

Примечание. Fe_{вал} и Al_{вал} – валовые, Fe_{сил} – силикатное (разность между Fe_{вал} и Fe_d), Fe_d – дитиониторастворимое, Fe_{окс} и Al_{окс} – оксалаторстворимые. Окристаллизованное (разность между Fe_d и Fe_{окс}).

му понижению. Криоземы серогумусовые бугорков и почвы межбугорковых западин образуют микрокомбинации (почвенно-мерзлотные комплексы).

Разрез 1-90. Сурингдинская котловина, юго-восточная оконечность побережья оз. Сурингда, 1.2 км от озера, абсолютная высота 411 м, относительная 6 м. Террасированная поверхность с бугорково-западинным микрорельефом. Лиственница, ерниковая береза, багульник, брусника зеленые мхи, голубика на бугорке, сфагнум в западине. Почвообразующая порода – тиксотропные суглинисто-глинистые дериваты базальтов, долеритов, туфов.

О, 0–7 см. Подстильно-торфяной, состоит из не- и слаборазложившихся растительных остатков.

Серовато-буро-коричневый, густо пронизан корнями, сухой. Переход ясный по цвету и составу.

AY, 7–18 см. Серогумусовый (дерновый), от буровато-серого до темно-серого. Тяжелосуглинистый, мелкокомковатый, в сухом состоянии структурные отдельности плотные и представляют собой сцементированные глинистым веществом минеральные зерна. Свежий, корни, дресва, галька. Переход постепенный по цвету.

CR, 18–26 см. Криогенный, тиксотропный, буровато-серый с фрагментами темно-серых (до черных) растительных остатков. Темная окраска обусловлена черными и темно-серыми мелкоземистыми продуктами выветривания базальта и долерита, а также унаследованным от переотложенной поч-

вообразующей породы органическим веществом. При увеличении $1.25\times$ обнаруживаются тонкодисперсные органические остатки, перемешанные с минеральной массой. Тяжелосуглинистый, плотный, свежий, тонкие корни. В сухом состоянии слитно-глыбистый.

CR1, 26–39 см. Буровато-серый, темно-серый (до черного), окраска обусловлена преимущественно тонкодисперсным рассеянным органическим веществом и дериватами базальта и долерита, тяжелосуглинистый, с криогенно-плитчатой структурой. Тонкие единичные корни, дресва и окатанные обломки, влажноватый, плотный. В сухом состоянии слитно-глыбистый. Переход малозаметный по цвету.

\perp CR2, 39–59 см. Криогенный, надмерзлотный, по окраске близкий к вышележащему. Тяжелосуглинистый, листовато-плитчатая криогенная структура, влажный; в верхней части тонкие единичные корни, плотный, обломки породы. В сухом состоянии слитно-глыбистый.

Сходное строение профиля имеют разрезы 2-90, 7-90, 7-91, описанные в тех же экологических условиях, что и разрез 1-90. Разрез 7-91 (среднее течение р. Нижняя Тунгуска, 2 км к юго-востоку от устья р. Ейка).

Профиль криоземов серогумусовых имеет следующее строение: (O)–AY– \perp CR. Под слоем опада и мохово-лишайникового очеса обычно расположен маломощный (до 8 см) серовато-буро-коричневый подстильно-торфяной горизонт, состоящий преимущественно из не- и слаборазложившихся органических остатков. Он сменяется диагностическим серогумусовым горизонтом AY (в сухом состоянии по шкале Манселла тон 7.5YR, светлота 5, насыщенность 2–4) мощностью 5–10 см, состоящим из гумифицированного органического материала, образованного *in situ* из продуктов разложения корневого опада, находящегося в тесной связи с минеральной частью почвы (дерновое гумусообразование), а также из живых частей растений и мелких полуразложившихся растительных остатков. Дерновый горизонт имеет зернисто-комковатую или рыхлокомковатую структуру, образованную органоминеральным веществом и тканями растительных остатков. Криогенный надмерзлотный горизонт \perp CR тиксотропный, имеет серую, грязно-бурю, серовато-бурю (до черного) минеральную массу, непрочную криогенную слюеватую структуру. Суглинисто-глинистый, вязкий, при высыхании слитный, очень плотный (напоминает застывший цемент). Минеральный скелет сцементирован глинистым веществом. Признаки оглеения и потечности гумуса не прослеживаются. На глубине 50–90 см горизонт замыкается льдистой жилой или льдисто-минеральной ММП.

Гранулометрический состав почв тяжелосуглинистый и среднеглинистый. Прежде всего, он

определяется условиями древнего седиментогенеза (рельефом и скоростью водно-ледникового потока). Высокое содержание тонкодисперсных фракций унаследовано главным образом от почвообразующих пород. Допускается физическая (морозная) раздробленность почвенной минеральной массы и ее химическое измельчение. Распределение фракций сравнительно равномерное. Почвы имеют кислую реакцию в органогенных горизонтах, слабокислую и нейтральную в минеральных, не насыщены основаниями в горизонте O и насыщены в \perp CR. Характеризуются повышенным содержанием гумуса (2.4–12.7%) с максимумом в горизонте AY.

Валовой состав почв заметно различается по разрезам, что связано прежде всего с минералогранулометрическим составом исходных пород. Распределение SiO_2 , Fe_2O_3 и Al_2O_3 преимущественно равномерное. Обнаруживается биогенное накопление в органогенном и серогумусовом горизонтах MnO, P_2O_5 , K_2O и особенно CaO, MgO.

Почвы характеризуются преимущественно аккумулятивным распределением оксалаторастворимых форм соединений железа и алюминия и сравнительно высоким абсолютным и относительным содержанием дитиониторастворимых соединений Fe, с максимумом в горизонте AY, что, вероятно, связано с биологическим накоплением, которое осуществляется на фоне повышенного содержания несиликатного Fe в почвах в целом. В нижележащей минеральной толще все растворимые соединения Fe и Al распределены равномерно, а содержание оксалаторастворимого железа в отдельных горизонтах больше, чем оксалаторастворимого алюминия. Дитиониторастворимые формы Fe представлены главным образом окристаллизованными соединениями, что, вероятно, связано с обезвоживанием и закреплением железа в профиле почв в условиях недостаточного атмосферного увлажнения и господстве окислительной внутрипочвенной обстановки.

Криоземы серогумусовые в литературе не описаны. В классификации и полевом определителе почв России [14, 22] подобные почвы названы криоземами и выделены в ранге типа в отделе криогенных почв (криоземов). Ранее криоземы с тиксотропным горизонтом на силикатных породах рассматривались как криоземы тиксотропные [1, 27], палевокриоземы, переходные от криоземов к палевым почвам [28], палевые мерзлотные [23], палевые дерновые почвы [24].

Криоземы серогумусовые почвы формируются в комплексе с криоземами сорбировано-гумусовыми.

Криоземы сорбировано-гумусовые. Сурингдинская котловина ($65^{\circ}30' \text{ N}$, $105^{\circ}00' - 105^{\circ}15' \text{ E}$). Почвы формируются на террасированных поверхностях без криогенного бугорково-западин-

ного микрорельефа, сложенных моренными и флювиогляциальными галечно-гравийно-мелкоземистыми отложениями – смешанными дериватами базальтов, долеритов, вулканических туфов, под северотаежными лиственничниками кустарничково-зеленомошно-лишайниковыми V–Vб классов бонитета.

Разрез 5-90 (рис. 2). Сурингдинская котловина, юго-восточная оконечность побережья оз. Сурингда, выровненная террасовидная поверхность, абсолютная высота 414 м, относительная 9 м. Лиственничник кустарничково-зеленомошно-лишайниковый Va класс бонитета, голубика, багульник, брусника, лишайники, ива, береза. Почвообразующие породы: галечно-гравийно-мелкоземистые дериваты базальтов, долеритов, туфов.

O, 0–6 см. Подстильно-торфяной, растительные остатки разной степени разложения. Темно-коричневый с сероватым оттенком, обилие корней, сухой. Переход ясный по цвету и составу.

CRhs, 6–13 см. Криогенный сорбированно-гумусовый, неоднородной окраски (серо-буро-коричневый) – результат неравномерного покрытия мелкозема и обломков породы органоминеральными соединениями (в сухом состоянии по шкале Манселла тон 10YR, светлота 3–5, насыщенность 2–4). Наблюдаются тонкие корни и органические остатки разной степени разложения, перемешанные с минеральной массой, влажноватый. Каменисто-суглинистый, окатанные обломки базальтов и долеритов, дресва – продукт физического выветривания, состоящий из неокатанных обломков исходной породы размером 1–10 мм. Обломки пород и зерна мелкозема покрыты буро-коричневыми, темно-бурыми аллохтонными органоминеральными (железисто-гумусовыми) пленками. Нижняя сторона обломков, по сравнению с верхней, имеет более темную окраску. При этом наиболее интенсивно окрашены обломки базальтов и долеритов, обогащенных темноцветными минералами. Обломки туфов рыхлые, пористоздреватые, различного цвета в зависимости от примесей. Пустоты верхней стороны обломков покрыты органоминеральным веществом. Переход заметный.

CR, 13–24 см. Криогенный, светлее предыдущего (меньше гумуса и гидроксидов железа), обломочно-суглинистый. Мелкие корни, влажноватый, уплотнен. Зерна мелкозема и обломки породы покрыта светло-бурыми, желто-серыми и светло-коричневыми органоминеральными пленками. На поверхности обломков наблюдаются автохтонные корки, образованные при выветривании *in situ*, а также тонкие пылевато-глинистыми натёки (возможно, результат партлювации). Переход постепенный.

CR1, 24–33 см. Имеет качественно сходный набор морфологических особенностей с выше-



Рис. 2. Разрез 5-90. Строение профиля криозема сорбированно-гумусового (фото насыпного микромонолита). L – мохово-лишайниковый очес, горизонты O–CRhs–CR–⁺CR.

описанным горизонтом. Каменисто-легкосуглинистый, влажноватый, тонкие корни. Переход ясный.

\perp CR2, 33–41 см. Криогенный надмерзлотный, от бледно-бурого (обломки пород) до коричневого (мелкозем). Состоит преимущественно из обломочного материала.

Сходное строение имеют разрезы 8-90, 10-90.

Профиль криоземов сорбировано-гумусовых почв имеет следующие горизонты: O–CRhs– \perp CR. На поверхности залегает подстильно-торфяной горизонт (6–16 см) с разной степенью разложения органических остатков. Диагностический горизонт CR с признаком hs, определяющий морфогенетическую специфику почв, самый яркий в профиле, неоднородно окрашен – результат неравномерной пигментации минеральной толщи темноокрашенными органо-минеральными соединениями, привнесенными из органогенных горизонтов в виде растворов и осажденными на поверхности мелкоземистых частиц и обломочного материала. Влажность этого горизонта в засушливые дни обусловлена конденсационно-капельной влагой. Образование его связываем с действием сорбционно-гумусового процесса, который относится к группе элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП) иммобилизации гумуса и органо-минеральных соединений, описанных в литературе [12], и по сути является их частным вариантом. Сорбционно-гумусовый ЭПП – это процесс поступления из органогенных горизонтов преимущественно гумусово-железистых соединений в составе конденсационно-капельной атмосферной влаги и их иммобилизация в горизонте CRhs. Сорбентами гумусово-минеральных соединений являются гидрофильные глинистые минералы (монтмориллонит, нонтронит, хлорит-монтмориллонит, а также допочвенные минералы-контейнеры, обладающие повышенной емкостью поглощения) [6, 11]. Полагают, что механизмом осаждения органо-минеральных веществ осуществляется в условиях засушливого климата, слабокислой реакции среды, насыщенности основаниями почвенного раствора, обезвоживания и коагуляции коллоидных частиц [12].

Гранулометрический состав почв меняется от связно песчаного до легкоглинистого, что определяется в первую очередь исходной неоднородностью почвообразующих пород. Почвы имеют кислую реакцию в органогенных горизонтах, слабокислую в CRhs и близкую к нейтральной в \perp CR. Горизонты O сильноненасыщены и ненасыщены, а горизонты CRhs и \perp CR насыщены основаниями. Почвы характеризуются повышенным содержанием гумуса (4.9–9.5%) и углерода (43.7%) в горизонте CRhs. Главная масса гумуса здесь, очевидно, представлена поступившими из подстильно-торфяных горизонтов органиче-

скими и органо-минеральными соединениями красно-коричнево-бурого цвета. С глубиной количество гумуса резко уменьшается (0.7–2.3%).

Валовой состав мелкозема почв отражает характер исходных пород. Распределение в минеральной толще SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 – сравнительно однородное, что свидетельствует об ограниченном и замедленном характере почвенного выветривания, поскольку оно идет на фоне выветрелого субстрата, прошедшего фазы древнего гипергенеза и седиментации. Современное выветривание, очевидно, сводится к дезинтеграции (растрескиванию, дроблению) грубообломочного материала (в основном туфов) на догипергенные минералы. В органогенных горизонтах наблюдается биологическая аккумуляция CaO , MgO , MnO , P_2O_5 .

Почвы характеризуются равномерным распределением оксалато- и дитиониторастворимых форм соединений Fe и Al. Наблюдается лишь незначительно увеличение их количества в горизонте CRhs. Среди оксалаторастворимых соединений доминирует железо. В целом почвы обогащены несиликатными формами железа, с превалированием окристаллизованных форм, что характерно для почв, развитых в холодном засушливом климате [7, 28]. Основное количество Fe представлено силикатными формами, распределение их аналогично валовым. Некоторое повышение содержания оксалаторастворимых соединений Fe в горизонте CRhs связано с биогенной аккумуляцией (поступление железа из подстилок) [30], и, вероятно, с частичной гидратацией окристаллизованных форм и переходом их в оксалаторастворимые формы. В горизонте CRhs происходит нейтрализация кислотных органических кислот основаниями и адсорбция органо-минеральных веществ минеральной основой почвы. Локальное перераспределение оксалаторастворимых соединений Fe, их мобилизация на поверхности зерен минералов и обломков породы хорошо выявляются по морфологическим признакам. Основным источником несиликатных форм Fe в минеральной толще почвы являются, прежде всего, материнские породы. Современное почвенное выветривание в условиях реакции близкой к нейтральной и насыщенности основаниями сводятся преимущественно к физической раздробленности исходных пород.

Морфогенетическое своеобразие криоземов сорбировано-гумусовых определяется сочетанием и взаимодействием органогенного и сорбционно-гумусового процессов, осуществляющихся в конкретных экологических условиях. При этом загадочным остается проявление сорбционно-гумусового ЭПП только в одной разновидности криоземов и отсутствие его в криоземах серогумусовых и типичных палевых почвах. Полагаем, что такое несоответствие связано с конденсационно-капельной атмосферной влагой в криоземах

сорбировано-гумусовых. Суть этой гипотезы сводится к следующему.

Как отмечалось, в Сурингдинской котловине проявляются температурные инверсии (стекание масс холодного воздуха по склонам гор и застывание его на днище котловины, что приводит к выхолаживанию приземного воздуха). Наблюдения показали, что в течение июля на побережье озера (на котором описывались почвы) сохранялись высокая влажность и температура воздуха (29–33°C) в дневное время, а утром прохладные плотные туманы и обильные росы. При резком ночном снижении температур происходит конденсация атмосферной парообразной влаги в виде растворов на поверхности мелкозема и обломочного материала верхних горизонтов почв, образуются красящие пленки. При этом, если предположить, что конденсационно-капельное увлажнение, осуществлялось длительное время (вероятно, значительную часть голоцена [10]), то его результаты в генезисе и свойствах криоземов сорбировано-гумусовых не являются столь гипотетичными.

Существенное влияние конденсационной воды на влажность поверхностных горизонтов почв в засушливых условиях Забайкалья отмечает Ногина [19]. В криоземах серогумусовых на суглинисто-глинистых породах, контактирующих с криоземами сорбировано-гумусовыми, атмосферная парообразная влага поглощается суглинистым серогумусовым горизонтом.

Таким образом, основными факторами, создающими необходимую обстановку для реализации сорбционно-гумусового ЭПП, являются следующие: 1) конденсационно-капельное увлажнение на фоне засушливого климата; 2) основные породы и мелкоземисто-каменистый гранулометрический состав; 3) насыщенность основаниями горизонта CRsh, его слабокислая и близкая к нейтральной реакция; 4) гидрофильные минералы, способные осаждать органоминеральные коллоиды ионов кальция и оксидов алюминия и железа; 5) сорбционное накопление некоторого количества гумуса и гумусово-минеральных веществ.

Факторы, вызывающие сорбировано-гумусовый процесс, принципиально отличается от факторов, вызывающих иллювиально-гумусовой и потечно-гумусовый процессы, которые проявляются в альфегумусовых почвах и криоземах глееватых соответственно [22]. Протекание этих процессов обеспечивается избыточным атмосферным увлажнением.

Криоземы сорбировано-гумусовые в литературе не описаны. В следующей версии классификации почв России [5] они могут быть включены в отдел криогенных почв в качестве подтипа в типе криоземов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований установлены и сформулированы основные факторные и процессные закономерности, контролирующие географическое распределение и генетическое разнообразие криогенных почв на бескарбонатных породах Субарктики Центральной Сибири. Переосмыслены результаты прежних исследований. Расширено и конкретизировано представление о некоторых аспектах криогенного почвообразования.

Впервые в рассматриваемом регионе описаны криоземы глееватые и новая разновидность криогенных почв – криоземы сорбировано-гумусовые. Ранее выделенные гомогенные криоземы переименованы в криоземы грубогумусовые, а тиксотропные криоземы – в криоземы серогумусовые. Полагаем, что полученные результаты важны для теоретического почвоведения, экологического мониторинга, связанного с экстремальными техногенными нагрузками, а также могут быть использованы в разработке очередного варианта классификации и диагностики почв России. Несомненно, номенклатура и классификационное положение рассмотренных почв носит условный характер и подлежит обсуждению.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананко Т.В., Конюшков Д.Е.* Почвенный покров севера Средней Сибири на почвенной карте РСФСР (1988) и на листах Государственной почвенной карты // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 81. С. 45–70.
2. *Васильевская В.Д.* Почвы озерных котловин плато Путорана // Генезис, география и классификация почв. Тбилиси, 1981. Кн. IV. С. 109.
3. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
4. *Герасимов И.П.* Структура и динамика природы Земли // Избр. тр. по геоморфологии и региональной географии. М.: Наука, 1993. 334 с.
5. *Герасимова М.И.* Классификация почв России: путь к следующей версии // Почвоведение. 2019. № 1. С. 32–42.
6. *Градусов Б.П., Соколов И.А.* Минералогический состав илстой фракции криогидроморфных неглеевых почв // Почвоведение. 1989. № 6. С. 81–88.
7. *Ершов Ю.И.* Генетико-географические особенности грануземов // Почвоведение. 2021. № 5. С. 529–541.
8. *Ершов Ю.И.* Мезоморфное почвообразование в таежно-мерзлотном семигумидном секторе Средней Сибири // Почвоведение. 1994. № 10. С. 10–18.

9. *Ершов Ю.И.* Почвенно-географическое районирование Красноярского края // География и природные ресурсы. 1998. № 2. С. 110–118.
10. *Ершов Ю.И.* Теоретические проблемы лесного почвообразования. Новосибирск: Наука, 2015. 319 с.
11. *Ершов Ю.И.* Эколого-геохимическая оценка мерзлотных почв Среднесибирского плоскогорья // Сибирский экологический журн. 2014. № 6. С. 975–986.
12. *Караваева Н.А., Таргульян В.О., Черкинский А.Е. и др.* Элементарные процессы. Опыт концептуального анализа, почвообразовательные характеристики, систематика. М.: Наука, 1992. 184 с.
13. *Конюшков Д.Е.* Структура почвенного покрова северо-восточной части Среднесибирского плоскогорья // Почвоведение. 1992. № 2. С. 61–73.
14. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
15. *Кушев С.Л., Леонов Б.Н.* Рельеф и геологическое строение // Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964. С. 23–81.
16. *Луначев А.В., Губин С.В., Герасимова М.И.* Проблемы диагностики криогенных почв в современной классификации почв России // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1157–1162.
17. *Лурье М.Л., Масайтис В.Л.* Верхнепалеозойские нижнепалеозойские долериты и базальты трапповой формации // Геология Сибирской платформы. М.: Недра, 1966. С. 247–284.
18. *Наумов Е.М.* Почвы и почвенный покров Северо-Востока Евразии. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 1993. 63 с.
19. *Ногина Н.А.* Почвы Забайкалья. М.: Нука, 1964. 314 с.
20. *Пармузин Ю.П.* Инверсия лесной растительности в горах Пutorана // Ботан. журн. 1959. Т. 44. № 9. С. 1303–1307.
21. *Пармузин Ю.П.* Современные рельефообразующие процессы и генезис озерных котловин // Пutorанская озерная провинция. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1975. С. 64–97.
22. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
23. Программа почвенной карты СССР масштаба 1 : 2 500 000. М., 1972. 158 с.
24. Рабочая программа составления листов Государственной почвенной карты СССР масштаба 1 : 1 000 000. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1986. 11 с. Рукопись.
25. *Роде А.А.* Система методов исследования в почвоведении. М.: Наука, 1984. 256 с.
26. *Соколов И.А.* Гидроморфное неглеевое почвообразование // Почвоведение. 1980. № 1. С. 21–32.
27. *Соколов И.А.* О разнообразии форм гидроморфного неглеевого почвообразования // Почвоведение. 1980. № 2. С. 5–18.
28. *Соколов И.А.* Палевые почвы Среднесибирского плоскогорья // Почвоведение. 1986. № 8. С. 5–18.
29. Средняя Сибирь. М.: Наука, 1964. 480 с.
30. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
31. Физико-географическое районирование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. 576 с.
32. *Фокина Н.В.* Краткая характеристика климата Эвенкийского автономного округа // Социально-экономическое развитие и здоровье малочисленных народов Севера. 1990. С. 164.

Cryogenic Soils on the Rocks of the Trap Formation Central Siberia

Yu. I. Yershov*

Sukachev Institute of Forest SB RAS, Separate subdivision at FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, 660036 Russia

*e-mail: solum@ksc.krasn.ru

The main factorial and process-morphological features as well as the spatial patterns of the formation of poorly studied cryozems on derivatives of basalts, dolerites, volcanic tuffs have been considered. The soils of the poorly studied remote northern regions of the Central Siberian Plateau (coordinates 63–69° N, 87–107° E): Putorana Plateau, Syverma, Norilsk Basin, Moyero-Kotuy Plain have been described in the paper. Gley peat-cryozems, coarse-humus cryozems, grey-humus cryozems, sorbed-humus cryozems have been identified and characterized. Each of these soils has its own diagnostic horizons and features, respectively: the gley horizon - CRg, the coarse humus horizon – AO, the grey-humus horizon – AY and the sorbed-humus one - CRhs. The main regularities of the geography of cryogenic soils are determined by longitudinal distinctions in the degree of continentality and humidity of the climate what is resulted in isolation of three sectors, which unite soils, fundamentally different in morphogenetic characteristics: moderately continental humid (gleyic peat cryozems), continental slightly humid-semihumid (coarse-humus cryozems), sharply continental (grey-humus cryozems, sorbid humus cryozems). The intra-sector distribution of soils is controlled by lithological-geomorphological and geocryological conditions. The issues of nomenclature and classification of soils are discussed.

Keywords: Subarctic, Central Siberian plateau, basic rocks, genetic and geographical patterns of soils, cryozems, Cryosols