



## Географо-генетические особенности почвообразования и разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии

© 2024 А. П. Чевычелов , П. И. Собакин , Л. И. Кузнецова 

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, проспект Ленина, 41, г. Якутск, 677980, Россия.  
E-mail: [chev.soil@list.ru](mailto:chev.soil@list.ru)

**Цель данной статьи** – выявление географо-генетических особенностей почвообразования в криолитозоне Центральной Якутии и оценка разнообразия всех типов мерзлотных почв данной территории.

**Место и время проведения.** Почвенно-географические и почвенно-генетические исследования проводили на территории Центральной Якутии в среднем течении р. Лена в пределах различных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины в различное время, начиная с 90-х годов XX века. При проведении данных работ использовали общепринятые методы почвенных исследований, такие как сравнительно-географический, профилльно-генетический и сравнительно-аналитический в сочетании с известными методиками аналитических работ. При этом учитывали в сравнительном аспекте все основные результаты почвенных исследований, проведенных ранее на данной территории почвоведомы-мерзлотниками.

**Основные результаты.** По результатам проведенных исследований необходимо констатировать, что данный регион криолитозоны отличается предельно своеобразными ландшафтно-климатическими условиями почвообразования, при которых формирование криогенных почв происходит в криоаридном климате, преимущественно на рыхлых аллювиальных отложениях различного возраста, под лесной и лугово-степной растительностью и сплошном распространении многолетней мерзлоты. На данной территории криогенные почвообразовательные процессы имеют решающее значение для формирования свойств, состава и режимов данных мерзлотных почв, обуславливая их большое разнообразие и пестроту почвенного покрова Центральной Якутии. Систематический список мерзлотных почв исследуемой территории включает 17 типов и 21 подтип и будет расширяться по мере углубления изучения почвенного покрова этого уникального региона криолитозоны. При этом разнообразие почв здесь сформировано посредством 6 типов зональных и азональных лесных, 5 типов лугово-степных и 6 интразональных типов мерзлотных почв. Предложено более широкое понятие «мерзлотные почвы», в отличие от такового, трактуемого в современной классификации почв России и WRB, суть которого состоит в следующем: вне зависимости от глубины сезонного протаивания все почвы, подстилаемые многолетней мерзлотой, относятся к мерзлотным; в данных почвах в зимний период отмечается смыкание сезонной и многолетней мерзлоты. Эти почвы могут отличаться явно выраженными криоморфными признаками (криоземы, палевые) или не иметь их (подбуры, подзолы, черноземы), для данных почв характерен мерзлотный тип температурного режима.

**Заключение.** В условиях криолитозоны Центральной Якутии элементарные почвообразовательные процессы протекают на фоне криогенеза, который в общей иерархии факторов-почвообразователей рассматривается на субфакториальном уровне; в этих условиях незначительные вариации данных факторов приводят к изменению направлений и темпов течения почвообразовательных процессов и, в конечном счёте, обуславливают высокую степень разнообразия и контрастности почвенного покрова исследуемой территории.

**Ключевые слова:** Центрально-Якутская равнина; факторы почвообразования; мерзлотные почвы; состав и свойства почвы; разнообразие почв.

**Цитирование:** Чевычелов А.П., Собакин П.И., Кузнецова Л.И. Географо-генетические особенности почвообразования и разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 1. e233. DOI: [10.31251/pos.v7i1.233](https://doi.org/10.31251/pos.v7i1.233).

### ВВЕДЕНИЕ

Якутскими почвоведомы-мерзлотниками за годы их работы получены новые оригинальные данные по морфологии, генезису и географии мерзлотных почв, которые не получили до сих пор своего объяснения и требуют разработки новых подходов (Еловская, 1987; Коноровский, 1990; Скрыбыкина, Чевычелов, 2003; Чевычелов и др., 2009; Саввинов, 2013; Скрыбыкина, 2017; Чевычелов, Шахматова, 2018; и др.). В связи с этим необходимо отметить то обстоятельство, что при разработке новой субстантивно-генетической классификации почв России (Классификация..., 2004) значительно сузился круг мерзлотных почв или набор почвенных типов, отражающих все разнообразие почв мерзлотной области. Безусловно, что все особенности почвообразования,

формирования состава и свойств мерзлотных почв Центральной Якутии обусловлены спецификой ландшафтно-климатических условий этого уникального региона криолитозоны, где одновременно на одной территории формируются лесные и лугово-степные ландшафты, а частные или **элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП)** протекают на фоне сплошного распространения многолетней мерзлоты. В связи с этим целью данной статьи являлось выявление географо-генетических особенностей почвообразования в криолитозоне Центральной Якутии и оценка разнообразия всех типов мерзлотных почв данной территории.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись 12 разрезов мерзлотных почв Центральной Якутии, включающих 5 типов лесных и 5 типов лугово-степных почв (табл. 1). Центральная Якутия является уникальным регионом криолитозоны, в котором мерзлотные почвы формируются в условиях криоаридного климата, сплошного распространения многолетней мерзлоты, в основном на рыхлых аллювиальных отложениях различного возраста, под лесной и лугово-степной растительностью (Зольников, 1954; Еловская, Коноровский, 1978; Еловская, 1987; Десяткин, 2008; Чевычелов и др., 2009; Саввинов, 2013; и др.).

**Таблица 1**

Морфологическая характеристика исследуемых типов мерзлотных почв Центральной Якутии

№	№ разреза	Название почв	Морфологическое строение профиля
Мерзлотные лесные почвы			
1	Р. 2БС-18	Подзол иллювиально-гумусово-железистый (Albic Podzols)	O(0-4) – A0A1(4-12) – A2(12-16/18) – Bf(16/18-34/37) – Bh,f(34/37-48) – BCfL (48-75 см)
2	Р. 1БС-18	Солодь (Solodic Planosols Albic)	O(0-4) – A0A2(4-8) – A2(8-24/29) – B1ca(24/29-42/48) – B2ca(42/48-66) – BCca(66-86) – CcaL (86-104 см)
3	Р. 3ЧТ-03	Палево-бурая оподзоленная (Haplic Cambisols Dystric)	A0A1(0-4) – A1A2(4-9) – A2B(9-21) – B(21-53) – BC(53-86) – C(86-144 см)
4	Р. 6Т-05	Палевая осолодевшая (Haplic Cambisols Sodic)	A0(0-2) – A1A2(2-10) – A2(10-22) – B1(22-43) – B2ca(43-56) – BCca(56-102) – Cca(102-133 см)
5	Р. 8БС-18	Палевая серая (Haplic Cambisols Eutric)	O(0-3) – A0A1(3-8) – A1(8-24) – ABca(24-40) – Bca(40-62) – BC(62-100) – C(100-110 см)
6	Р. 5БС-18	Перегноино-карбонатная (Rendzic Eutric)	O(0-5) – A0A1(5-8) – A1(8-26) – ABca(26-37) – Bca(37-72) – BC(72-86) – CL(86-102 см)
Мерзлотные лугово-степные почвы			
7	Р. 2ЧТ-03	Чернозем обыкновенный (Calcic Voronic Chernozems)	Av(0-1) – A(1-24) – AB(24-35) – Bca(35-57) – BCca(57-75) – C(75-150 см)
8	Р. 1Т-07	Чернозем выщелоченный (Voronic Chernozems Pachic)	Av(0-1) – A(1-32) – AB(32-54) – B(54-68) – BCca(68-92) – Cca(92-150 см)
9	Р. 10БС-18	Лугово-черноземная (Endosalic Chernozems)	A(0-17) – ABs(17-28) – Bca,s(28-50) – BCca,s(50-92) – Cs(92-105 см)
10	Р. 3БС-18	Черноземно-луговая (Chernozems Gleyic)	Av(0-3) – A(3-30) – AB(30-54/62) – BC(54/62-80) – CL (80-96 см)
11	Р. 5ЧТ-04	Аллювиальная темно-гумусовая (Umbric Fluvisols Oxyaquic)	Av(0-2) – A(2-5) – ABca(5-17) – Bca(17-52) – C1(52-102) – C2(102-138 см)
12	Р. 7БС-18	Солончак солонцеватый (Puffic Solonchaks Aridic)	Aca,s(0-15/18) – Bca,s(15/18-39) – BCca,s(39-65) – Cs(65-100 см)

Примечание.

В скобках приведены названия почв по WRB (World reference base..., 2006).

При проведении исследований использовали общепринятые почвенные методы: сравнительно-географический, профильно-генетический и сравнительно-аналитический (Роде, 1971; Розанов, 1983). Химический состав, а также свойства почв определяли по стандартным методикам, принятым в почвоведении (Аринушкина, 1970; Воробьева, 1989): pH – потенциометрически на приборе иономере «Мультитест ИПЛ-101»; гумус – по Тюрину; обменные катионы в карбонатных почвах – по Шмуку, в бескарбонатных почвах – по Гедройцу; гранулометрический состав – по Качинскому (Качинский, 1958), CO<sub>2</sub> карбонатов – газоволюметрическим методом (Практикум..., 1980). Генетические горизонты почв обозначены в соответствии с принципами, изложенными в Едином государственном реестре почвенных ресурсов России (Единый государственный реестр..., 2014), а диагностику и

классификацию почв осуществляли в соответствии с положениями, принятыми в диагностике и классификации почв СССР (Классификация..., 1977) и мерзлотных почв Якутии (Еловская, 1987).

Согласно классификации типов воздействия макрорельефа на изменение климата, Центрально-Якутская равнина относится к депрессионным ороклиматогенным комплексам (Оленев, 1987). Депрессионное воздействие макрорельефа на климат проявляется во влиянии обширных понижений, расположенных среди больших равнин. В пределах Центрально-Якутской депрессии с передвижением от центра днища вверх по склонам бортов прилегающих водоразделов уменьшаются испаряемость ( $E$ ), сумма активных температур ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$ ) и коэффициент континентальности ( $K_k$ ), в то же время увеличиваются среднегодовая температура воздуха ( $t_r$ ), среднегодовое количество осадков и коэффициент увлажнения. Причем средние изменения данных показателей на 100 м подъёма высоты составляют для  $t_r$  – (+0,7°C),  $Q_r$  – (+27 мм),  $E$  – (-30 мм),  $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$  – (-85°C),  $K_k$  – (-15),  $K_y$  – (+0,06) (Скрыбыкина, Чевычелов, 2003).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Своеобразие состава и строения почвенно-растительного покрова Центрально-Якутской равнины обусловлено влиянием котловинно-депрессионной зональности в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты (рис. 1). При этом в пределах исследованной почвенной катены наблюдается закономерная смена (сверху вниз) типов почвообразования от таёжного к дерново-лесному (лесостепному) и дерновому (лугово-степному) (рис. 2).

В аспекте зональности на территории Центральной Якутии выделяются три почвенные зоны с соответствующими типами зональных почв (Коноровский, 1979):

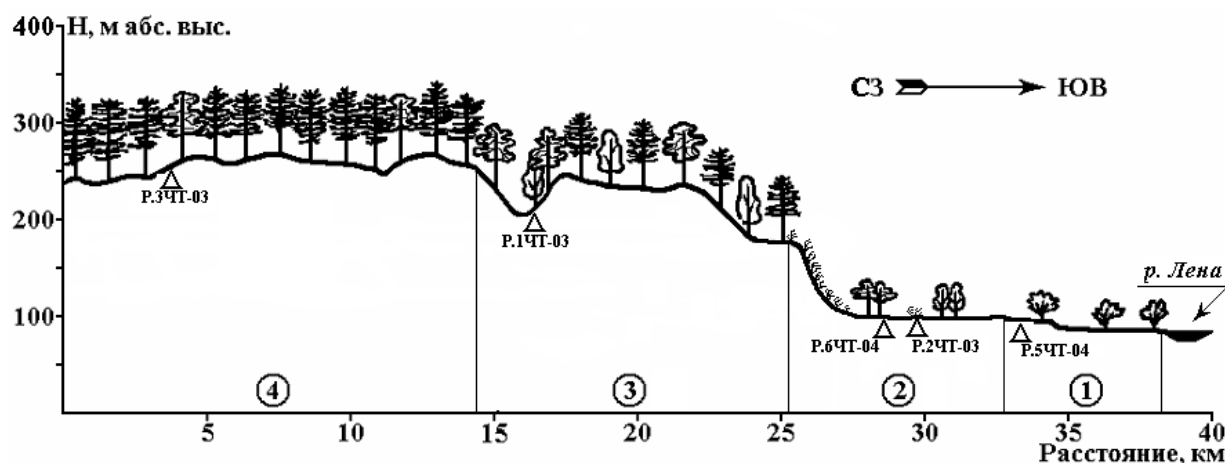
- таёжная зона мерзлотно-таёжных типичных и мерзлотных дерново-карбонатных (остаточно-карбонатных) почв (от 250–300 м);
- таёжно-алаская зона мерзлотных таёжных палевых осолоделых и мерзлотных черноземно-луговых почв (от 140 до 250–270 м);
- степная зона мерзлотных черноземов низких надпойменных террас рек (100–140 м).

При этом по современной терминологии мерзлотно-таёжные почвы, формирующиеся в таёжной зоне, определяются как мерзлотные палево-бурые (Еловская, 1987).



**Рисунок 1.** Комплекс надпойменных террас с коренным берегом в долине среднего течения р. Лена в пределах Центрально-Якутской равнины.





**Рисунок 2.** Состав и строение почвенно-растительной катены Центрально-Якутской депрессии, профиль «оз. Большая Чабыда – пос. Хатассы» (Чевычелов и др., 2009).

Пояснения к рис. 2. Лугостепь в долине Средней Лены и по склону коренного берега: 1 – нормальные разнотравно-злаковые и влажные осоково-хвощевые луга на аллювиальных и лугово-болотных почвах; 2 – остепненные луга и степные участки на черноземовидных почвах и черноземах мерзлотных в сочетании с островками сосновых и березовых лесов на палевых типичных и палевых серых почвах. Лесостепь на эрозионных поверхностях среднего уровня древней аллювиальной равнины: 3 – смешанные разреженные березово-сосново-лиственничные кустарничково-разнотравные и разнотравно-кустарничковые леса на палевых осолоделых почвах и солодах мерзлотных; аласные луга – на аласных лугово-степных почвах. Тайга на пенеплене верхнего уровня древней аллювиальной равнины: 4 – сосново-лиственничные мохово-кустарничковые леса на палево-бурых типичных и оподзоленных почвах. Термин «лугостепь» предложен В.А. Шелудяковой с соавторами (1954) для обозначения лугово-степной растительности Средней Лены; аласные лугово-степные почвы определены и изучены Р.В. Десяткиным (2008); Δ – места заложения почвенных разрезов в катене.

В настоящее время отмечают два основных подхода к диагностике мерзлотных почв (табл. 2). Первый подход разработан и осуществлялся в работах известных почвоведов-мерзлотников: О.В. Макеева (1985), Л.Г. Еловской (1987), А.К. Коноровского (1990), Д.Д. Саввинова (2013) и других российских почвоведов. Второй подход разработан и реализован в новой классификации почв России (Классификация..., 2004) и WRB (World reference base..., 2006).

**Таблица 2**

Основные подходы к диагностике мерзлотных почв

По: Макеев (1985), Еловская (1987), Коноровский (1990), Саввинов (2013)	По: Классификация... (2004) и WRB (World reference base..., 2006)
1. Вне зависимости от глубины сезонного протаивания все почвы, подстилаемые многолетней мерзлотой, относятся к мерзлотным. В данных почвах в зимний период отмечается смыкание сезонной и многолетней мерзлоты.	1. Глубина сезонного протаивания в криоземах – 0,5–1,0 м (Классификация..., 2004), в криосолях – до 1 м (Таргульян, Герасимова, 2007).
2. Эти почвы могут отличаться явно выраженными криоморфными признаками (криоземы, палевые) или не иметь их (подбуры, подзолы, черноземы).	2. Для этих почв характерны криоморфные признаки: многолетние устойчивые сегрегации льда, криотурбации, макро- и микроструктуры, сформированные криогенными процессами (плитчатые и блоковые макроструктуры).
3. Для данных почв характерен мерзлотный тип температурного режима (Димо, Розов, 1974).	

Основными типами изучаемых нами мерзлотных лесных почв Центральной Якутии являлись: мерзлотные подзолы, мерзлотные солоды, мерзлотные палево-бурые, мерзлотные палевые, мерзлотные перегнойно-карбонатные почвы, распространенные в пределах различных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины. Основными типами мерзлотных лугово-степных почв данной территории Якутии являлись мерзлотные черноземы, мерзлотные лугово-черноземные и мерзлотные черноземно-луговые, формирующиеся на низких надпойменных террасах (I и II) Средней Лены на наиболее низком (0–140 м) высотном уровне Центрально-Якутской равнины.

Среди интразональных типов почв нами были исследованы также мерзлотные аллювиальные и мерзлотные засоленные почвы, то есть мерзлотные солончаки (табл. 1).

Как следует из содержания основных работ по рассматриваемой тематике (Еловская, Коноровский, 1978; Еловская, 1987; Скрыбыкина, 2017; Чевычелов и др., 2009; Чевычелов и др., 2022; 2023), систематический список мерзлотных почв Центральной Якутии в настоящее время включает 17 типов и 21 подтип почв (табл. 3).

Таблица 3

## Систематический список мерзлотных почв Центральной Якутии

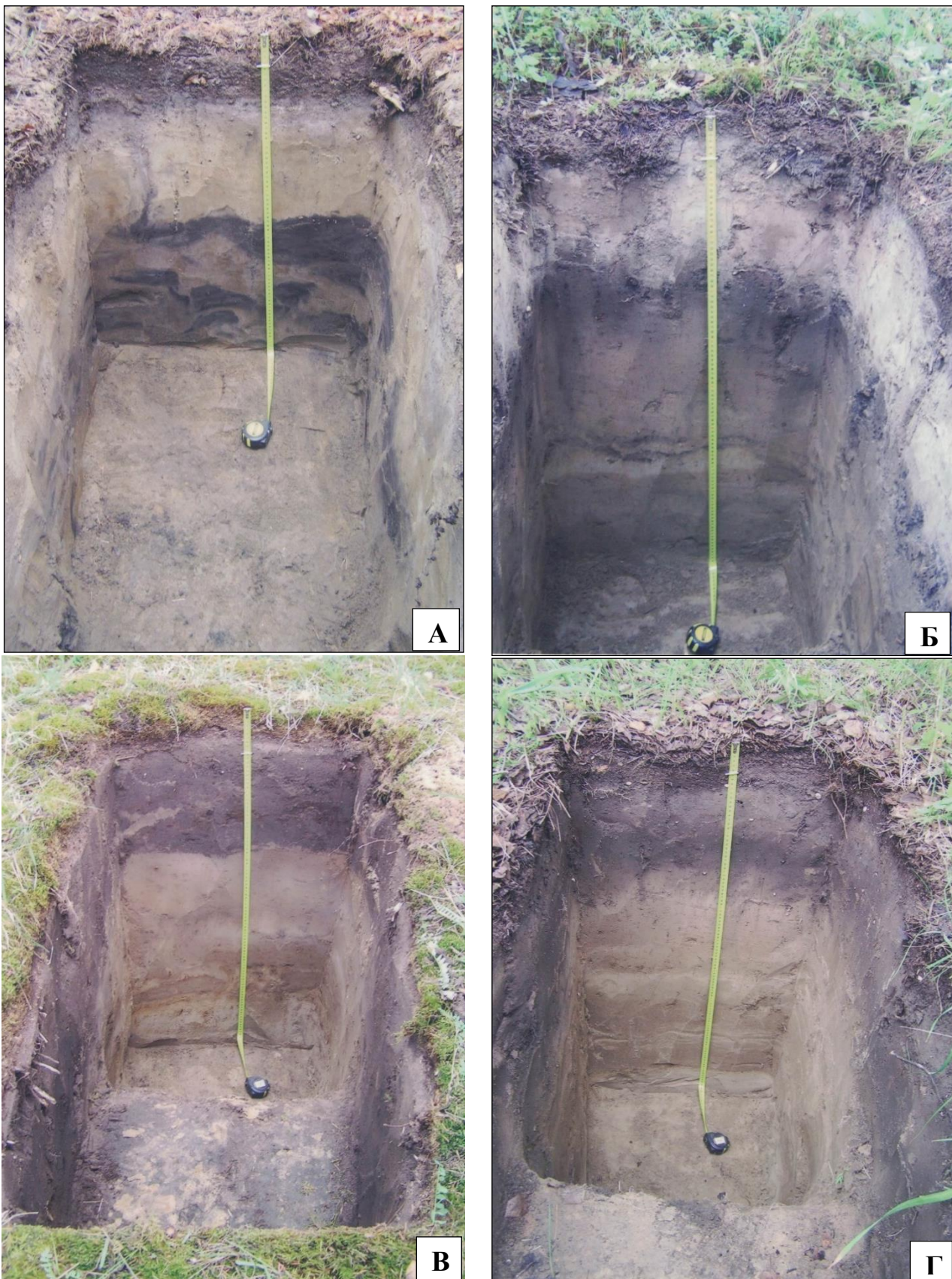
№ п/п	Тип почв	№ п/п	Подтип почв
Лесные			
1.	Подзолы	1.	Иллювиально-железистые
2.	Солоди	2.	Иллювиально-гумусовые
3.	Палево-бурые	3.	Без разделения
4.	Палевые	4.	Типичные
		5.	Оподзоленные
		6.	Типичные
		7.	Осолоделые
		8.	Выщелоченные
		9.	Серые
5.	Дерново-карбонатные	-	Турбированные
6.	Перегноино-карбонатные	-	Без разделения
		-	Без разделения
Лугово-степные			
7.	Чернозёмы	10.	Обыкновенные
8.	Лугово-чернозёмные	11.	Выщелоченные
9.	Чернозёмно-луговые	12.	Типичные
10.	Дерново-луговые	13.	Солонцеватые
11.	Лугово-болотные	14.	Типичные
		15.	Глееватые
		16.	Типичные
		17.	Глееватые
		-	Без разделения
Интразональные			
12.	Аллювиальные слоистые	-	Без разделения
13.	Аллювиальные темногумусовые	18.	Типичные
14.	Болотные низинные	19.	Глееватые
15.	Сапропели	-	Без разделения
16.	Солончаки	20.	Типичные
17.	Солонцы	21.	Торфянистые
		-	Без разделения
		-	Без разделения

Исследуемые почвы формируются в условиях сплошной криолитозоны Центральной Якутии с максимальной мощностью многолетнемерзлых пород 350–400 м. Однако в связи с легким гранулометрическим составом их почвообразующих пород, представленных рыхлыми аллювиальными отложениями, криоморфные признаки здесь выражены слабо. Это отражается в отсутствии или слабом проявлении в них морфологических признаков мерзлотного массообмена и связанного с криотурбациями полигонально-трещиноватого микрорельефа поверхности данных почв, а также льдистой многолетней мерзлоты. Глубина протаивания в среднем составляет 1,5–2,0 м, при этом сезонно-талый слой, как правило, подстилается горизонтом «сухой» многолетней мерзлоты. Согласно второму подходу исследуемые почвы не являются мерзлотными и, как следствие, криогенные процессы не определяют их генезис. Но тогда возникает вопрос: «Каким образом и посредством каких почвенных процессов формируются сильнодифференцированные по свойствам и составу почвы (табл. 4) с мощными элювиальными горизонтами А2 в условиях засушливого климата Центральной Якутии?» (Чевычелов и др., 2022). Морфология, состав и свойства таких подзолов были изучены, в частности, В.П. Скрыбыкиной (2017).

Морфологические характеристики и физико-химические свойства исследуемых мерзлотных почв значительно различаются как на типовом, так и на подтиповом уровнях (рис. 3, 4, табл. 4, 5). При этом в составе 6 типов мерзлотных лесных почв данного региона, 2 типа, то есть дерново-

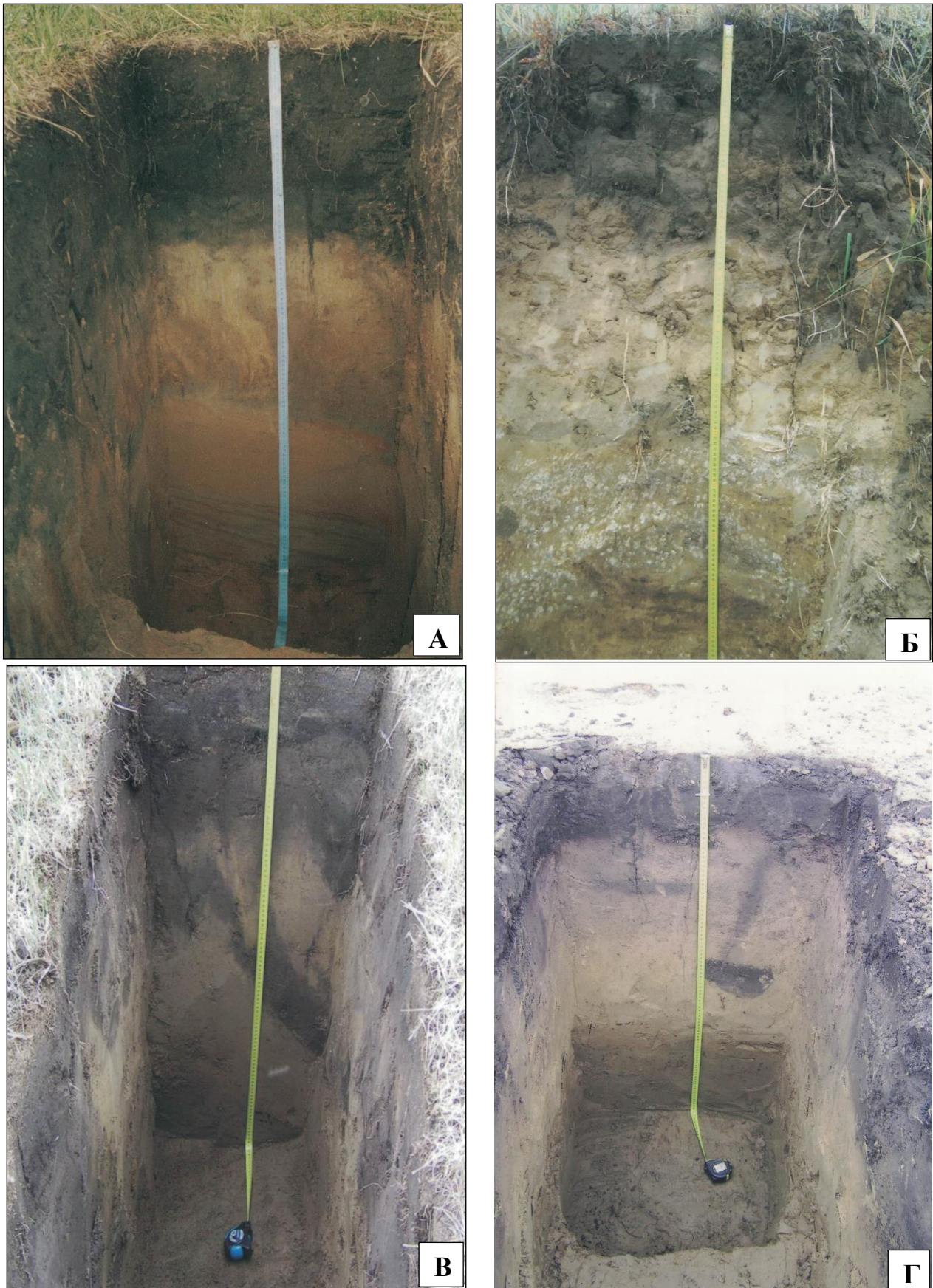


карбонатные и перегнойно-карбонатные являются азональными и формируются на элюво-делювии осадочных карбонатных пород (доломитов и известняков).



**Рисунок 3.** Мерзлотные лесные почвы Центральной Якутии: А – подзол иллювиально-гумусовый, разрез 2БС-18; Б – солодь, разрез 1БС-18; В – перегнойно-карбонатная, разрез 5БС-18; Г – палевая серая, разрез 8БС-18.





**Рисунок 4.** Мерзлотные лугово-степные почвы Центральной Якутии: **А** – чернозём обыкновенный, разрез 2ЧТ-03; **Б** – чернозём выщелоченный, разрез 7БС-20; **В** – чернозёмно-луговая, разрез 3БС-18; **Г** – солончак солонцеватый, разрез 7БС-18.

Реакция среды подзола (разрез 2БС-18) оценивается, в основном, как слабокислая и кислая в гор. А2. Несмотря на морфологически выраженную оподзоленность данной почвы (рис. 3А), в её почвенно-поглощающем комплексе (ППК) абсолютно преобладают щелочноземельные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а на долю обменного  $\text{H}^+$  в гор. А2 максимально приходится всего 34% от суммы обменных оснований. Это указывает на то, что в криоаридных условиях Центральной Якутии элювиальный альфегумусовый процесс (Розанов, 1983) проявляется в мягкой форме, на что мы уже указывали ранее (Чевычелов и др., 2022). Распределение гумуса в минеральной толще данной почвы осуществляется по аккумулятивно-элювиально-иллювиальному типу, а фракций ила и физической глины – по элювиально-иллювиальному. Гранулометрический состав этой почвы – песчано-супесчаный (табл. 4).

В верхней части профиля солоди (разрез 1БС-18), также как и в подзоле, выделяются органогенные горизонты О и А0А2 с высоким содержанием почвенного органического вещества; однако в отличие от подзола гумус здесь распределен в минеральной толще по аккумулятивному типу. Реакция среды в верхних горизонтах в основном слабокислая, а в нижних – щелочная. Профиль этой почвы резко дифференцирован по содержанию частиц ила и физической глины по элювиально-иллювиальному типу; гранулометрический состав – преимущественно среднесуглинистый. В ППК данной почвы абсолютно преобладают обменные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а содержание поглощенного  $\text{Na}^+$  совсем незначительное. Эта почва вскипает от 10%  $\text{HCl}$  с глубины 29 см, так как содержит свободные карбонаты кальция и магния, на что указывают значения  $\text{CO}_2$  карбонатов (табл. 4).

Реакция среды палево-бурой оподзоленной почвы (разрез 3ЧТ-03), в отличие от подзола, в основном кислая; внутрипрофильное распределение гумуса происходит по аккумулятивному типу, а фракций ила и физической глины носит резко дифференцированный элювиально-иллювиальный характер. Гранулометрический состав изменяется от песчаного в горизонтах А1А2 и С, до супесчаного в ВС, легко- и среднесуглинистого, соответственно, в горизонтах А2В и В (табл. 4). В данной почве, как и в первых двух, в ППК преобладают поглощенные основания  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , но вместе с тем, здесь также присутствуют обменные катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{H}^+$ . Это обстоятельство, отмеченное нами ранее (Чевычелов и др., 2009), является региональной особенностью криоаридного мерзлотного почвообразования, когда в условиях периодически промывного режима мерзлотных лесных почв Центральной Якутии не происходит полного выноса катиона  $\text{Na}^+$  из состава их ППК.

Состав и свойства палевой осолоделой почвы (разрез 6Т-05) в значительной степени схожи с таковыми солоди (разрез 1БС-18). Здесь также отмечается двухчленный по реакции среды профиль: верхний – слабокисло-нейтральный и нижний – щелочной. Внутрипрофильное распределение гумуса носит аккумулятивно-элювиально-иллювиальный, а ила и глины – резко дифференцированный элювиально-иллювиальный характер. В составе ППК данной почвы при общем господстве катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  отмечается более весомое присутствие обменного  $\text{Na}^+$ . Согласно известным критериям (Еловская, 1987) эта почва, в целом, может быть определена как слабосолонцеватая, а в горизонте А2 – среднесолонцеватая. Гранулометрический состав здесь характеризуется, в общем, как супесчано-легкосуглинистый (Практикум..., 1980).

Если первые четыре мерзлотные лесные почвы изучаемого региона формируются под влиянием, в основном, элювиальных элементарных почвенных процессов (ЭПП), таких как оподзоливание и осолодение, то две последние – преимущественно под влиянием гумусонакопления, что особенно выражено в морфологии (рис. 3Г) и свойствах палевой серой почвы (разрез 8БС-18). Здесь реакция почвы в верхней части профиля характеризуется как слабокислая, а в нижней – щелочная; внутрипрофильное распределение гумуса, а также частиц ила и глины происходит, преимущественно, по аккумулятивному типу. В средней части профиля данной почвы под влиянием карбонатно-иллювиального процесса (Розанов, 1983) обособляются подвижные карбонаты кальция и магния, а её гранулометрический состав определяется, главным образом, как легко- и среднесуглинистый (табл. 4).

Реакция среды мерзлотной перегнойно-карбонатной почвы характеризуется, в основном, как нейтрально-щелочная и даже сильнощелочная, внутрипрофильное распределение гумуса, частиц глины и ила – как преимущественно аккумулятивное. В ППК данной почвы абсолютно господствуют катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при незначительном участии  $\text{Na}^+$ , в средней части профиля присутствуют свободные карбонаты Са и Mg, образованные посредством карбонатно-иллювиального процесса (табл. 4).



Таблица 4

## Физико-химические свойства мерзлотных лесных почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	pH <sub>H2O</sub>	Гумус, % (ППП)	Обменные катионы, ммоль(экв)/100 г почвы				Фракции, %		CO <sub>2</sub> карбонатов, %
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	<0,001 мм	<0,01 мм	
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 2БС-18										
О	0-4	5,7	88,7*	-	-	-	-	-	-	-
A0A1	4-12	5,1	46,4*	23,1	10,9	-	2,8	-	-	-
A2	12-18	4,7	3,4	3,8	1,2	-	2,6	4,8	12,5	-
Bf	20-30	5,6	0,8	2,2	1,7	-	0,2	3,2	5,3	-
Bh,f	38-48	6,0	1,6	8,7	1,7	-	0,7	5,7	19,3	-
BCf	48-58	6,3	0,3	3,5	1,6	-	0,2	4,0	7,7	-
Солодь, разрез 1БС-18										
О	0-4	5,6	86,3*	47,7	12,2	-	-	-	-	Н.о.
A0A2	4-8	4,9	33,2*	45,0	11,8	0,3	-	-	-	-/-
A2	14-24	5,2	4,7	15,3	7,2	0,2	-	11,5	35,6	-/-
B1ca	28-38	8,5	4,4	19,3	6,4	0,7	-	25,7	47,9	5,1
B2ca	44-54	8,9	2,9	13,3	7,1	0,6	-	14,7	34,3	4,4
BCca	70-80	8,7	1,6	10,2	6,1	1,5	-	16,9	33,0	4,5
Cca	90-100	8,8	0,8	12,2	5,1	-	-	18,0	40,0	4,4
Палево-бурая оподзоленная, разрез 3ЧТ-03										
A0A1	0-4	5,0	40,6*	36,2	14,3	2,5	Н.о.	-	-	-
A1A2	4-9	4,8	6,2	5,0	3,0	0,9	0,8	10,7	8,5	-
A2B	10-20	4,8	1,3	1,9	1,6	0,4	1,1	8,7	24,2	-
B	30-40	4,1	0,7	5,7	3,0	0,6	1,0	18,5	36,0	-
BC	60-70	5,0	0,5	2,1	1,5	0,3	0,1	4,6	17,6	-
C	120-130	6,4	0,1	2,1	1,2	0,3	0,1	3,3	5,0	-
Палевая осолодевшая, разрез 6Т-05										
A1A2	2-10	5,9	6,2	14,2	5,0	1,5	-	7,7	15,7	Н.о.
A2	10-22	6,0	0,4	6,3	1,6	1,3	-	7,5	14,8	-/-
B1	30-40	6,1	0,6	11,4	7,0	1,3	-	22,6	30,8	-/-
B2ca	45-55	6,3	0,6	9,5	5,7	1,3	-	18,5	26,2	4,6
BCca	70-80	8,8	0,5	25,2	11,4	1,7	-	17,8	25,6	4,6
Cca	110-120	8,9	-	-	-	-	-	-	-	2,4
Палевая серая, разрез 8БС-18										
A0A1	3-8	6,1	51,6*	52,4	22,4	-	-	-	-	Н.о.
A1	10-20	5,9	13,9	15,8	7,9	-	-	11,7	25,5	-/-
ABca	25-35	8,9	1,1	11,2	8,1	-	-	18,0	40,0	4,3
Bca	45-55	9,0	0,5	9,1	6,1	-	-	16,3	34,7	4,2
BC	75-85	8,6	0,3	11,4	8,1	-	-	13,3	26,4	Н.о.
C	100-110	9,2	0,2	4,0	1,7	-	-	3,3	6,4	-/-
Перегноино-карбонатная, разрез 5БС-18										
О	0-5	6,0	-	68,2	39,6	-	-	-	-	-
A0A1	5-8	6,4	46,8*	60,0	34,1	-	-	-	-	Н.о.
A1	10-20	8,0	4,6	15,7	13,6	1,1	-	8,5	20,7	-/-
ABca	26-36	8,6	3,8	12,3	11,3	1,0	-	10,5	22,4	2,3
Bca	50-60	9,1	0,5	9,1	3,0	0,7	-	12,8	24,6	5,3
BC	75-85	8,8	0,4	7,1	3,0	0,4	-	8,2	14,9	-/-
Cca	90-100	9,1	0,1	5,0	2,0	0,1	-	4,6	5,6	2,5

Примечание.

Здесь и далее: \* – приведено значение потери при прокаливании, н.о. – не обнаружено, прочерк – не определено.

Морфологические (см. рис. 3, 4) и физико-химические свойства мерзлотных лугово-степных почв (табл. 5) значительно отличаются от таковых лесных почв Центральной Якутии, которые формируются, в основном, под влиянием дернового ЭПП в сочетании с процессами выщелачивания, засоления, осолонцевания и карбонатно-иллювиального. Так, реакция среды чернозёма обыкновенного (разрез 2ЧТ-03) характеризуется как нейтрально-слабощелочная. В ППК данной почвы абсолютно преобладают катионы Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> при значительном участии обменного Na<sup>+</sup>, поэтому она определяется как слабосолонцеватая, а в горизонте АВ – даже как среднесолонцеватая.

Согласно критериям (Еловская, 1987), эта почва не засолена, лишь в горизонте Вса наблюдается относительное накопление бикарбонатов Са и Mg. Изучаемая почва формируется на легких песчаных аллювиальных отложениях и характеризуется супесчано-легкосуглинистым гранулометрическим составом, при этом уменьшение мелкодисперсных частиц ила и глины в верхней части горизонта А связано с проявлением процесса дефляции (Чевычелов и др., 2009). Максимальное количество свободных карбонатов здесь, судя по величине CO<sub>2</sub> карбонатов, отмечается в гор. Вса (табл. 5).

Таблица 5

Физико-химические свойства мерзлотных лугово-степных почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	рН <sub>H2O</sub>	Гумус, % (ППП)	Обменные катионы, ммоль(экв)/100 г почвы			Фракции, %		Сумма солей, %	CO <sub>2</sub> карбонатов, %
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	<0,001 мм	<0,01 мм		
Чернозём обыкновенный, разрез 2ЧТ-03										
A	1-11	6,3	5,4	15,4	2,4	1,8	6,6	14,4	0,077	Н.о.
A	12-22	6,9	4,4	20,0	2,9	1,6	10,7	21,7	0,088	-/-
AB	25-35	7,5	2,9	18,0	5,3	3,0	10,3	29,5	0,120	-/-
Вса	40-50	7,8	1,4	18,7	11,1	2,3	11,5	28,2	0,874	3,2
BCsa	60-70	8,2	0,6	8,3	6,3	0,7	6,6	14,4	0,160	2,8
C	90-100	7,5	0,1	3,3	2,6	0,3	3,5	4,5	0,028	Н.о.
Чернозём выщелоченный, разрез 1Т-07										
Av	0-1	6,9	5,9	22,7	7,7	1,8	7,4	12,0	-	Н.о.
A	2-12	6,6	4,3	18,5	7,2	1,2	11,3	19,3	-	-/-
A	20-30	6,7	2,1	19,6	9,3	1,1	13,0	23,0	-	-/-
AB	40-50	7,0	1,9	17,5	10,0	1,3	14,6	24,3	-	-/-
B	55-65	7,5	1,7	15,1	10,2	1,3	15,3	23,9	-	-/-
BCsa	70-80	8,1	1,6	13,9	10,8	1,2	16,0	23,5	-	1,4
Csa	120-130	8,1	-	-	-	-	15,0	25,4	-	2,7
Лугово-чернозёмная, разрез 10БС-18										
A	5-15	7,5	7,4	22,5	8,2	0,3	8,7	28,1	0,107	Н.о.
ABs	17-27	8,7	5,2	12,3	10,3	0,2	21,9	44,8	0,438	-/-
Вса,s	35-45	9,1	1,5	11,1	8,1	0,1	20,5	41,0	0,610	5,6
BCsa,s	70-80	9,7	0,6	7,1	6,0	0,1	10,7	22,9	0,366	3,2
Cs	92-102	9,4	0,4	6,0	5,0	0,1	10,4	21,5	0,285	Н.о.
Чернозёмно-луговая, разрез 3БС-18										
Av	0-3	8,0	29,0*	58,1	33,2	-	7,9	17,0	-	Н.о.
A	10-20	8,1	9,2	21,5	17,2	-	10,2	24,8	-	-/-
AB	40-50	8,5	3,7	9,5	10,5	-	13,7	29,1	-	-/-
BC	60-70	8,6	1,2	7,9	9,9	-	17,5	37,2	-	-/-
C	80-90	8,4	1,9	7,3	9,4	-	17,3	36,1	-	-/-
Аллювиальная темногумусовая, разрез 5ЧТ-04										
A	2-5	8,3	6,7	29,7	14,3	3,8	6,6	16,4	-	-
ABsa	5-15	8,9	1,7	25,2	10,5	4,6	8,7	19,7	-	-
BCsa	30-40	8,2	1,5	35,2	9,6	2,8	9,9	22,9	-	-
C1	70-80	8,0	1,4	14,3	3,3	1,7	6,2	16,4	-	-
C2	120-130	7,9	-	7,5	1,9	1,1	3,8	6,6	-	-
Солончак солонцеватый, разрез 7БС-18										
Aca,s	0-5	9,3	8,5	7,2	21,6	31,2	19,7	38,7	4,042	2,7
Aca,s	5-15	9,3	5,9	10,3	11,4	16,8	23,7	44,4	2,440	3,7
Вса,s	23-33	9,2	3,4	8,1	7,1	1,2	18,1	41,3	1,527	6,6
BCsa,s	45-55	9,5	0,6	3,0	2,8	0,8	7,0	13,3	0,562	3,2
Cs	80-90	9,1	0,6	5,0	4,9	0,7	7,2	12,8	0,593	Н.о.

При всём сходстве свойств изучаемых подтипов мерзлотных чернозёмов, в почве разреза 1Т-07 наблюдаются существенные отличия, связанные с проявлением процесса выщелачивания. Так, гумусовый профиль чернозёма выщелоченного более мощный, степень солонцеватости – слабая, горизонт В свободен от карбонатов и они выщелочены на большую глубину (табл. 5).

Мерзлотные чернозёмовидные почвы (разрез 10БС-18 и разрез 3БС-18) по свойствам и составу значительно отличаются от зональных мерзлотных чернозёмов, в особенности от чернозёма обыкновенного (разрез 2ЧТ-03), который является исключительно автоморфной почвой,



развивающейся только в условиях атмосферного увлажнения. Черноземовидные почвы, расположенные ниже по рельефу и сопряженные с чернозёмами, получают в весеннее время также дополнительную влагу в виде надмерзлотной верховодки. Поэтому мерзлотная лугово-черноземная почва (разрез 10БС-18) характеризуется в основном щелочной и сильнощелочной реакцией среды, большим содержанием гумуса в горизонтах А и АВ, отчётливой средней степени засоления при отсутствии солонцеватости всего почвенного профиля, максимальным количеством свободных карбонатов в гор. Vca, обусловленным влиянием карбонатно-иллювиального процесса (табл. 5).

Мерзлотная чернозёмно-луговая почва (разрез 3БС-18) сформирована в проточном понижении, поэтому она не засоленная и не солонцеватая, а также на всю глубину профиля отмыта от свободных карбонатов. Данная почва характеризуется аккумулятивным внутрипрофильным распределением гумуса с его максимальным количеством в горизонте А, супесчано-легко- и среднесуглинистым гранулометрическим составом (табл. 5).

Мерзлотная аллювиальная темногумусовая почва (разрез 5ЧТ-04) характеризуется, в основном, щелочной реакцией среды, аккумулятивным внутрипрофильным распределением гумуса, преобладанием в ППК щелочноземельных катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , при существенном присутствии поглощенного  $\text{Na}^+$ ; поэтому она определяется как слабо- и среднесолонцеватая, а по гранулометрическому составу – как песчано-супесчаная (табл. 5).

Мерзлотная засоленная почва (разрез 7БС-18), диагностируемая как солончак солонцеватый, формируется в плоском непроточном понижении при отсутствии какой-либо растительности на её поверхности, то есть в условиях криогенно-выпотного водного режима, максимально способствующему внутрипочвенному и поверхностному накоплению воднорастворимых солей. Поэтому данная почва отличается сильнощелочной реакцией среды, максимальной степенью засоленности и солонцеватости (табл. 5). Гумусовый профиль имеет аккумулятивный характер, количество гумуса в горизонте  $\text{Aca,s}$  – среднее и высокое. Гранулометрический состав характеризуется в поверхностной части профиля как средне- и тяжелосуглинистый, а в нижней – как супесчаный. Эта почва вскипает с поверхности, а максимальное содержание свободных карбонатов отмечается в горизонте  $\text{Vca,s}$ . Согласно указанным выше критериям засоленности и солонцеватости, данная почва также может быть диагностирована как хлоридно-натриевый солончак-солонец высокосолонцеватый (гор.  $\text{Aca,s}$ ), глубже как солончак слабосолонцеватый (гор.  $\text{Vca,s}$ ) и ещё глубже (гор.  $\text{VСа,s}$  и гор.  $\text{Cs}$ ) как средnezасоленная слабо- и среднесолонцеватая с хлоридно-натриевым типом засоления (Чевычелов и др., 2022, с. 60).

Среди 5 типов мерзлотных лугово-степных почв на данной территории выделяются мерзлотные чернозёмы, которые являются уникальными почвами, формирующимися в мерзлотной области на северной границе ареала чернозёмных почв России. Кроме чернозёмов в данной группе почв выделяются мерзлотные чернозёмовидные почвы – мерзлотные лугово-чернозёмные и мерзлотные чернозёмно-луговые, а также мерзлотные дерново-луговые и мерзлотные лугово-болотные почвы.

В составе интразональных почв исследуемой территории выделяются 5 типов мерзлотных почв, которые представлены аллювиальными, болотными и засоленными почвами (табл. 3).

*О генетической сущности мерзлотных подзолов.* Нами выдвигается гипотеза формирования полнопрофильных подзолов в ландшафтно-климатических условиях Центральной Якутии за счет кратковременного поздневесеннего надмерзлотного переувлажнения оттаявшего слоя, сопровождающегося процессами оглеения и кислотного гидролиза, с последующим выносом тонкодисперсных продуктов почвообразования в нижележащие горизонты почвенного профиля (Скрыбыкина, 2017). При этом главенствующая роль в формировании подзолистого процесса в данных условиях отводится местоположению почв в рельефе, дренирующим способностям почвообразующих пород и наличию многолетней мерзлоты. В целом, данный мерзлотный ЭПП может быть определен как *криогенное альфегумусовое оподзоливание*.

*О генетической сущности мерзлотных солодей.* Аналогичная гипотеза может быть предложена и для объяснения генезиса солодей, формирующихся под лесной растительностью, но с определенными дополнениями. Солоди, в отличие от подзолов, развиваются в трансаккумулятивных фациях ландшафтов, по западинам рельефа и характеризуются затрудненным внутрипочвенным дренажом. При этом в почвенных растворах накапливаются катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , обуславливающие солонцеватость почвенно-поглощающего комплекса почв и щелочную реакцию среды. В этом случае разрушение алюмосиликатной части почв и вынос тонкодисперсных продуктов в нижележащие иллювиальные горизонты происходит под влиянием щелочного гидролиза; относительное накопление  $\text{SiO}_2$  в иллювиальном горизонте  $\text{A}_2$  отмечается в форме аморфной кремнекислоты, а не в виде остаточного кварца, как это наблюдается в подзолах. Но, как и в подзолах, этот основной

мерзлотный ЭПП, способствующий формированию солодей в ландшафтно-климатических условиях Центральной Якутии, можно определить, как *криогенное осолодение*.

*О генетической сущности мерзлотных черноземов.* Мерзлотные черноземы Якутии являются автоморфным типом почв и формируются по мезоповышениям надпойменных террас и склонам южных экспозиций коренного берега, под степными ассоциациями в долине среднего течения р. Лена в пределах нижнего высотного уровня (100–140 м) Центрально-Якутской равнины в условиях котловинно-депрессивной зональности почвенно-растительного покрова (Чевычелов и др., 2009). В зависимости от положения в рельефе мерзлотные черноземы подразделяются на два подтипа – черноземы обыкновенные и черноземы выщелоченные.

### ВЫВОДЫ

На основе представленных в статье материалов можно сделать следующие основные выводы:

1. Центральная Якутия является уникальным регионом криолитозоны, в котором мерзлотные почвы формируются в условиях криоаридного климата, преимущественно на рыхлых аллювиальных отложениях различных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины, под лесной и лугово-степной растительностью.

2. Криогенные почвообразовательные процессы имеют решающее значение для формирования свойств, состава и режимов данных мерзлотных почв, обуславливая их высокое разнообразие и пестроту почвенного покрова Центральной Якутии.

3. Систематический список мерзлотных почв исследуемой территории включает 17 типов и 21 подтип почв и будет расширяться по мере углубления изучения почвенного покрова этого уникального региона криолитозоны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях криоаридного климата Центральной Якутии, когда многолетняя мерзлота согласно О.В. Макееву (1985) является субфактором почвообразования, незначительные изменения факторов-почвообразователей приводят к существенной смене направлений и темпов течения почвообразовательных процессов. Это обстоятельство приводит к значительному разнообразию почв и пестроте почвенного покрова данного региона криолитозоны.

### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 0297-2021-0027, НИР ЕГИСУ ААААА-А21-121012190033-5).

### ЛИТЕРАТУРА

- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
- Воробьева Л.А. Химический анализ почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 272 с.
- Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах–аласах криолитозоны. Новосибирск: Наука, 2008. 324 с.
- Димо В.Н., Розов Н.Н. Термические критерии как основа фациально-провинциального разделения почв // Почвоведение. 1974. № 5. С. 12–22.
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. Москва: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с.
- Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. 176 с.
- Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
- Зольников В.Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. Москва: Изд-во АН СССР, 1954. С. 55–221.
- Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его изучения. Москва: АН СССР, 1958. 190 с.
- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.



- Коноровский А.К. О почвенных зонах Центральной Якутии // Почвы зоны БАМ. Новосибирск: Наука, 1979. С. 176–184.
- Коноровский А.К. Зональность и мерзлотность почв Якутии. Якутск, 1990. 43 с.
- Макеев О.В. Почвенный криогенез. Пушино, 1985. 40 с.
- Оленев А.М. Воздействие макрорельефа на климат и ландшафтные комплексы. Свердловск, 1987. 88 с.
- Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. Москва: Колос, 1980. 272 с.
- Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
- Розанов Б.Г. Морфология почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
- Саввинов Д.Д. Физика мерзлотных почв: Избранные труды. Новосибирск: Наука, 2013. 504 с.
- Скрыбыкина В.П., Чевычелов А.П. Тренды климатических показателей долинно-котловинной почвенной зональности Центральной и Южной Якутии // Вестник Томского государственного университета. 2003. № 3. С. 294–296.
- Скрыбыкина В.П. Подзолы Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2. С. 83–90.
- Таргульян В.О., Герасимова М.И. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 278 с.
- Чевычелов А.П., Скрыбыкина В.П., Васильева Т.И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657.
- Чевычелов А.П., Шахматова Е.Ю. Постпирогенные полициклические почвы в лесах Якутии и Забайкалья // Почвоведение. 2018. № 2. С. 243–252. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X18020120>.
- Чевычелов А.П., Горохов А.Н., Николаева О.А., Коробкова Т.С., Сабарайкина С.М. Почвенно-растительный покров Якутского ботанического сада. Новосибирск: СО РАН, 2022. 164 с.
- Чевычелов А.П., Собакин П.И., Кузнецова Л.И. Географо-генетические особенности почвообразования и разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 210–214. DOI: <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>.
- Шелудякова В.А., Караваев М.Н., Петров А.М. Луга и пастбища Центральной Якутии // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. Москва: Изд-во АН СССР, 1954. С. 235–274.
- World reference base for soil resources 2006. IUSS Working Group. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 146 p.

*Поступила в редакцию 24.11.2023*

*Принята 17.02.2024*

*Опубликована 27.02.2024*

#### **Сведения об авторах:**

**Чевычелов Александр Павлович** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела почвенных исследований, Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное структурное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН (г. Якутск, Россия); [chev.soil@list.ru](mailto:chev.soil@list.ru).

**Собакин Пётр Иннокентьевич** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела почвенных исследований, Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное структурное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН (г. Якутск, Россия); [radioecolog@yandex.ru](mailto:radioecolog@yandex.ru).


**Кузнецова Любовь Ивановна** – инженер-исследователь отдела почвенных исследований, Институт биологических проблем криолитозоны – обособленное структурное подразделение ФИЦ ЯНЦ СО РАН (г. Якутск, Россия); [likkol@yandex.ru](mailto:likkol@yandex.ru).

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Geographical and genetic features of soil formation and diversity of the permafrost soils of Central Yakutia

© 2024 A. P. Chevychelov , P. I. Sobakin , L. I. Kuznetsova 

*Institute of Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lenin Avenue, 41, Yakutsk, 677980, Russia. E-mail: [chev.soil@list.ru](mailto:chev.soil@list.ru)*

**The aim of the study.** *The aim of this article was to identify the geographical and genetic features of soil formation in the cryolithozone of Central Yakutia and to assess the diversity of all types of permafrost soils of this territory.*

**Location and time of the study.** *Soil-geographical and soil-genetic studies were carried out near the Middle Lena, on the territory of Central Yakutia within various geomorphological tiers of the Central Yakut Plain at different times, starting from the 1990s.*

**Methodology.** *In carrying out these works, widely used methods of soil research were used, such as comparative geographical, profile genetic and comparative analytical in combination with well-known and commonly used analytical methods. At the same time, all the main results of soil studies conducted on this territory by our predecessor permafrost soil scientists were taken into account in a comparative aspect.*

**Main results.** *According to the obtained results, it is necessary to state that this region of the cryolithozone is characterized by extremely peculiar landscape and climatic conditions of soil formation, the formation of the cryogenic soils occurring in a cryoarid climate, mainly on loose alluvial deposits of various ages, under forest and meadow-steppe vegetation and continuous permafrost. In the studied territory, the cryogenic soil-forming processes are crucial for the development of properties, composition and regimes of these permafrost soils, causing their high diversity and diversity of the soil cover of Central Yakutia. The systematic list of permafrost soils of the studied territory includes 17 types and 21 subtypes of soils and is forecasted to expand as the study of the soil cover of this unique region of the cryolithozone deepens. At the same time, the diversity of soils there is formed by the six types of zonal and azonal forest, five types of meadow-steppe and five intrazonal types of the permafrost soils. A broader concept of "permafrost soils" is proposed, in contrast to that interpreted in the current classification of soils of Russia and WRB, the essence of which is that regardless of the depth of seasonal thawing, all soils underlain by the permafrost are called permafrost soils. In these soils, the interlocking of seasonally and permanently frozen layers is observed in winter. These soils may differ in pronounced cryomorphic features (cryozems, fawn) or not have them (podburs, podzols, chernozems), being characterized by a permafrost type of temperature regime.*

**Conclusion.** *In the cryolithozone environment of Central Yakutia, elementary soil-forming processes occur under cryogenesis conditions, which in the general hierarchy of soil-forming factors is considered at the subfactorial level; minor variations of the soil-forming factors can change the directions and rates of the soil-forming processes and, ultimately, lead to a high degree of diversity and contrast in the soil cover of the studied territory.*

**Keywords:** *Central Yakut plain; soil formation factors; permafrost soils; soil composition and properties; soil diversity.*

**How to cite:** *Chevychelov A.P., Sobakin P.I., Kuznetsova L.I. Geographical and genetic features of soil formation and diversity of the permafrost soils of Central Yakutia. The Journal of Soils and Environment. 2024. 7(1). e233 (in Russian with English abstract). DOI: [10.31251/pos.v7i1.233](https://doi.org/10.31251/pos.v7i1.233)*

### FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project: No. 0297-2021-0027, EGISU R&D AAAAA-A21-121012190033-5).

### REFERENCES

- Arinushkina E.V. Manual on chemical analysis of soils. Moscow: Publishing House of MSU, 1970. 487 p. (in Russian).
- Vorobyova L.A. Chemical analysis of soils. M.: Publishing House of MSU, 1989. 272 p. (in Russian).
- Desyatkin R.V. Soil formation in thermokarst basins–alas of the cryolithozone. Novosibirsk: Nauka Publ., 2008. 324 p. (in Russian).
- Dimo V.N., Rozov N.N. Thermal criteria as the basis of facial-provincial separation of soils. Pochvovedenie. 1974. No. 5. P. 12–22. (in Russian).



- Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0. Collective monograph. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of the Russian Agricultural Academy, 2014. 768 p. (in Russian).
- Yelovskaya L.G., Konorovsky A.K. Zoning and reclamation of permafrost soils of Yakutia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1978. 176 p. (in Russian).
- Yelovskaya L.G. Classification and diagnostics of permafrost soils of Yakutia. Yakutsk: YAF SB OF the USSR Academy of Sciences, 1987. 172 p. (in Russian).
- Zolnikov V.G. Soils of the eastern half of Central Yakutia and their use. In book: Materials on natural conditions and agriculture of Central Yakutia. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954. P. 55–221. (in Russian).
- Kachinsky N.A. Mechanical and microaggregate composition of soil and methods of its study. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1958. 190 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieв. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of soils of Russian / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian).
- Konorovsky A.K. About soil zones of Central Yakutia. In book: Soils of the BAM zone. Novosibirsk: Nauka Publ., 1979. 176–184. (in Russian).
- Konorovsky A.K. Zonality and permafrost of the soils of Yakutia. Yakutsk, 1990. 43 p. (in Russian).
- Makeev O.V. Soil cryogenesis. Pushchino, 1985. 40 p. (in Russian).
- Olenev A.M. The impact of macrorelief on climate and landscape complexes. Sverdlovsk, 1987. 88 p. (in Russian).
- Workshop on soil science / Edited by I.S. Kaurichev. Moscow: Kolos Publ., 1980. 272 p. (in Russian).
- Rode A.A. System of research methods in soil science. Novosibirsk: Nauka Publ., 1971. 92 p. (in Russian).
- Rozanov B.G. Morphology of soils. Moscow: Publishing house of MSU, 1983. 320 p. (in Russian).
- Savvinov D.D. Physics of permafrost soils: Selected works. Novosibirsk: Nauka Publ., 2013. 504 p. (in Russian).
- Skrybykina V.P., Chevychelov A.P. Trends of climatic indicators of valley-hollow soil zonality of Central and Southern Yakutia. Bulletin of Tomsk State University. 2003. No. 3. P. 294–296. (in Russian).
- Skrybykina V.P. Podzols of Central Yakutia. Nauka i obrazovaniye (Science and education). 2017. No. 2. P. 83–90. (in Russian).
- Targulyan V.O., Gerasimova M.I. The world correlative base of soil resources: the basis for international classification and correlation of soils. Moscow: Association of Scientific Publications of the CMC, 2007. 278 p. (in Russian).
- Chevychelov A.P., Skrybykina V.P., Vasil'eva T.I. Geographic and genetic specificity of permafrost-affected soils in Central Yakutia. Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42. No. 6. P. 600–608. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229309060039>.
- Chevychelov A.P., Shakhmatova E.Y. Postpyrogenic polycyclic soils in the forests of Yakutia and Transbaikal region. Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. No. 2. P. 241–250. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229318020023>.
- Chevychelov A.P., Gorokhov A.N., Nikolaeva O.A., Korobkova T.S., Sabaraikina S.M. Soil and vegetation cover of the Yakut Botanical Garden. Novosibirsk: SB RAS, 2022. 164 p. (in Russian).
- Chevychelov A.P., Sobakin P.I., Kuznetsova L.I. Geographical and genetic features of soil formation and diversity of permafrost soils of Central Yakutia. In book: Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 210–214. DOI: <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>. (in Russian).
- Sheludyakova V.A., Karavaev M.N., Petrov A.M. Meadows and pastures of Central Yakutia. Materials on natural conditions and agriculture of Central Yakutia. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954. P. 235–274. (in Russian).
- World reference base for soil resources 2006. IUSS Working Group. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome. 146 p.

*Received 24 November 2023  
Accepted 17 February 2024  
Published 27 February 2024*

**About the authors:**

**Alexander P. Chevychelov** – Doctor of Biological Sciences, Principal Researcher of the Department of Soil Research, Institute of Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” (Yakutsk, Russia); [chev.soil@list.ru](mailto:chev.soil@list.ru).

**Pyotr I. Sobakin** – Doctor of Biological Sciences, Principal Researcher of the Department of Soil Research, Institute of Biological Problems of the Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” (Yakutsk, Russia); [radioecolog@yandex.ru](mailto:radioecolog@yandex.ru).

**Lyubov I. Kuznetsova** – Research Engineer of the Department of Soil Research, Institute of Biological Problems of the Cryolithozone - of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences” (Yakutsk, Russia); [likkol@yandex.ru](mailto:likkol@yandex.ru).

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)