

ПОЧВЫ ТУНДРЫ И ПРЕДТУНДРОВЫХ ЛИСТВЕННИЧНЫХ РЕДКОЛЕСИЙ ОСТРОВА ТИТ-АРЫ (ДЕЛЬТА РЕКИ ЛЕНА): ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

© 2024 г. М. В. Оконешникова^{а, *}, С. Н. Лесовая^б, А. З. Иванова^а, Р. В. Десяткин^а

^аИнститут биологических проблем криолитозоны СО РАН, пр-т Ленина, 41, Якутск, 667891 Россия

^бИнститут наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199198 Россия

*e-mail: mvok@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.08.2023 г.

После доработки 12.10.2023 г.

Принята к публикации 15.11.2023 г.

Изучены физико-химические свойства и специфика профильного распределения минеральных фаз в мерзлотных почвах тундры и предтундрового редколесья острова Тит-Ары – уникального комплекса, расположенного в устьевой части р. Лены, Республика Саха (Якутия). Несмотря на небольшой размер острова, в условиях близкого залегания мерзлоты, происходит реализация нескольких направлений почвообразования. Почвы представлены глеевыми (участки предтундрового редколесья на пологих склонах увалов и тундры), криогенными (широкие вершины увалов), альфегумусовыми (крутые склоны увалов) и аллювиальными (надпойменная терраса). Неоднородность литолого-геоморфологических условий, а именно, положение в мезорельефе и гранулометрический состав отложений, определяют дренированность территории и, как следствие, проявление оглеения в профиле. Минеральная ассоциация в исследованных почвах одинакова и характеризуется присутствием двух доминирующих компонентов: хлорита и слюд. Процессы современного почвообразования обуславливают появление смектитовой фазы в альфегумусовом профиле и наличие лепидокрокита на криогенном барьере.

Ключевые слова: криогенные почвы, островная экосистема, оглеение, глинистые минералы, лепидокрокит

DOI: 10.31857/S0032180X24050024, EDN: YLVYMG

ВВЕДЕНИЕ

Остров Тит-Ары расположен на левом берегу устьевой части р. Лены (71–72° N, 126–127° E), в административном плане относится к Республике Саха (Якутия). В переводе с якутского “тиит ары” означает “лиственничный остров”. Территория имеет статус охраняемой и относится к резервному резервату “Лена–Дельта”, примыкая к федеральному государственному заповеднику “Усть-Ленский”. На острове распространены уникальные комплексы почв тундры и предтундрового редколесья с самыми северными крупными массивами лиственничной растительности на Северо-Востоке России [14, 15, 38].

Тип климата на этой территории характеризуется как полярный суровый, с продолжительной холодной зимой и коротким прохладным летом.

Среднегодовая температура воздуха (данные по ближайшим станциям: Столб и Тикси) составляет от –13.2 до –13.4°C, средняя температура января колеблется от –33.3 до –34.0°C и июля от +7.0 до +8.9°C. Среднегодовая сумма осадков составляет 212–241 мм, продолжительность времени со снежным покровом – 240–250 сут [31, 32]. Относительная влажность воздуха высокая в течение всего года и колеблется от 78 до 93%. Среднегодовой показатель облачности около 7 баллов: летом и осенью около 8–9 баллов, в зимние месяцы от 4 до 6 баллов. Это обуславливает незначительное испарение влаги в теплое время года. Лето преимущественно холодное, пасмурное и ветреное. В среднем скорость ветра колеблется от 5 до 7 м/с. Нередко ветер достигает силы шторма, более 15 м/с. На лето приходится наименьшее число штормовых дней (1–2 в месяц), осенью оно возрастает в 2–2.5 раза.

По данным станций, расположенных в долинах рек, на острове Тит-Ары, характерно преобладание юго-восточных и северо-западных ветров, тогда как в целом для Северной Якутии летом преобладают ветры северо-восточного, зимой — южного и западного направлений [29]. Многолетняя мерзлота на территории острова распространена повсеместно. Мощность многолетнемерзлых пород здесь составляет 500–600 м, при среднегодовой температуре пород -12°C с преимущественно несквозными талыми под озерами [21].

Данные о почвах и почвенном покрове Нижнеленской низменности и близких к ней по природным условиям Яно-Инди́гирской и Колымской низменностей Северной Якутии отражены в работах [3, 4, 7, 10, 11, 17, 19, 24, 28, 33, 34]. Однако информации о почвах Нижнеленской низменности намного меньше, чем по Яно-Инди́гирской и Колымской низменностям. До настоящих исследований почвы острова Тит-Ары подробно не изучались, были опубликованы лишь единичные сведения по пойменным почвам острова в монографии [11].

Цель работы — изучение генезиса и свойств уникального комплекса почв тундры и предтундрового редколесья острова Тит-Ары, включая фазовый минералогический состав илистой фракции почв.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования охватывали основные ландшафты увалисто-равнинного мезорельефа с абсолютными отметками на надпойменных террасах от 20 м до 40 м. Первая надпойменная терраса и пойма сложены слоистыми песками и супесями. В отличие от них вершины и склоны высокой террасы — легкими и средними суглинками. С учетом ландшафтно-растительных особенностей острова всего было заложено и описано 10 почвенных разрезов (рис. 1).

Мощность всех разрезов ограничена глубиной протаивания на момент исследований. Максимальная глубина протаивания почв была зафиксирована под изреженной растительностью на песчаных грунтах и составляла 93 см (данные на вторую половину июля 2009 г.), минимальная — 13 см под моховым покровом. Почвообразующая порода находится ниже границы сезонного оттаивания, от деятельного слоя она часто отделена включениями чистого льда. Таким образом, из-за того, что мерзлота залегает близко к поверхности, почвообразующая порода в профиле оказывается резко обособленной от остальных горизонтов. Мерзлота в почвах на легких породах сухая, водопроницаемая. В почвах на суглинистых породах — льдистая водонепроницаемая, что способствует развитию надмерзлотных оглеенных и глеевых горизонтов. Выходы пластов повторно-жильных льдов на

острове встречаются на склонах или на поверхности высокой террасы — увалов.

В соответствии с подходами профилно-генетической классификации [20, 27] почвы острова относятся к постлитогенному и синлитогенному стволам. Синлитогенные почвы развиты при участии эолово-аллювиальных процессов. Они были рассмотрены в ранее опубликованной статье обзорного характера [26]. Это аллювиальные слоистые почвы, на рис. 1 они отмечены как Р.1-09, Р.6-09 и Р.11-09. В настоящей статье свойства этих почв не рассматривали. Объектами исследования послужили почвы комплексов тундры и предтундрового лиственничного редколесья — уникальных крупных массивов леса в зоне тундры. Это почвы нескольких отделов постлитогенного ствола — глеевые, криогенные, альфегумусовые.

Закономерности распространения почв тундр и предтундрового редколесья в зависимости от их местоположения сводятся к следующему. Песчано-супесчаные древнеаллювиальные отложения надпойменной террасы заняты осоково-моховой мелкобугорковатой и осоково-пушицево-моховой полигонально-валиковой тундрой. Здесь формируются маломощные глеевые почвы со схожим морфогенетическим строением профиля (Р.3-09 и Р.2-09). Разрез Р.2-09 (координаты: $71^{\circ}56'09''\text{ N}$, $127^{\circ}05'41''\text{ E}$, высота местности (h) 21 м над ур. м) заложен под осоково-моховой мелкобугорковатой тундрой, в 350 м северо-западнее поселка Тит-Ары. Глубина разреза за 12 сут наблюдений (17–29 июля 2009 г.) увеличилась из-за оттаивания мерзлоты на 13 см — от 17 до 30 см. В результате оттаивания вскрылся минеральный горизонт, идентифицированный как глеевый (G).

Почвенный профиль имеет следующую последовательность горизонтов: подстилка (0–2 см)—Oh (2–6(11) см)—Gcf (6(11)—17 см)— $G_{\perp}$ (17–30 см). Подстилка состоит из живых мхов; Oh—бурый, влажный с прослойкой перегнойного материала в нижней части и с большим количеством (до 1/3 от объема) навейного песка; Gcf — неоднородный по цвету, сизовато-бурый с ржаво-охристыми прослойками криогенного ожелезнения, очень влажный, переплетен корнями, уплотнен, супесчаный; $G_{\perp}$ — серовато-сизый с ржавыми и бурыми пятнами, мокрый, серовато-сизая часть более суглинистая, остальные участки горизонта — супесчаные, залегают на мерзлоте.

Почва классифицирована как глеезем перегнойный, криогенно-ожелезненный, мерзлотный [20, 27] или Reductaquic Cryosol (Arenic) [45].

Разрез Р.3-09 ($71^{\circ}58'54''\text{ N}$, $127^{\circ}05'13''\text{ E}$, h 18 м) заложен на валике полигонально-валиковой тундры с осоково-пушицевым напочвенным покровом на полигонах и моховым покровом под ольховником с единичными лиственницами на валиках.

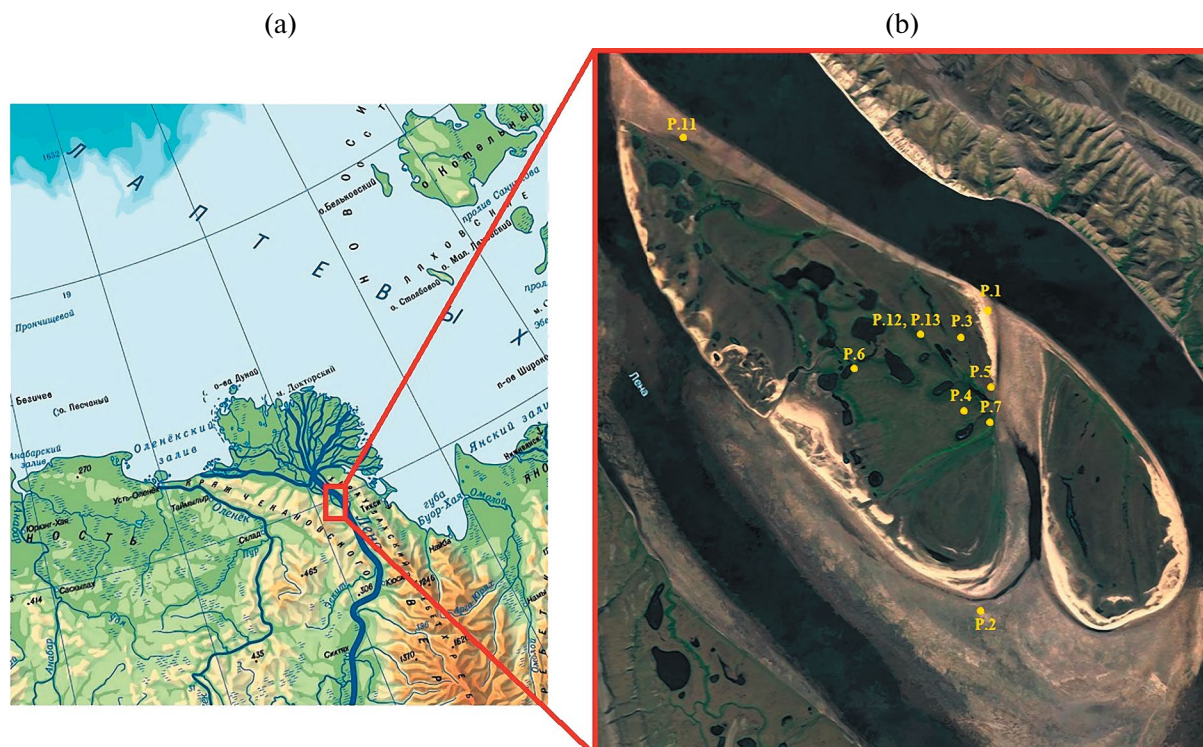


Рис. 1. Расположение острова Тит-Ары на физико-географической карте (а) и разрезов — объектов исследования на космоснимке (b).

Полигоны имеют размеры от 5 до 20 м, разную конфигурацию и глубину, некоторые заполнены водой. Валики шириной от 1 до 5 м с морозобойными трещинами. Профиль имеет следующую последовательность горизонтов: О (0–2 см)—Oh (2–6(7) см)—Gcf_⊥ (6(7)—14(17) см).

Почва классифицирована как глеезем перегнойный, криогенно-ожеженный, мерзлотный [20, 27] или Reductaquic Turbic Cryosol (Arenic) [45].

На суглинистых отложениях высокой террасы (увалы) в зависимости от дренированности территории под лиственничным редколесьем формируются глеевые либо криогенные почвы. На пологих склонах увалов складываются условия затрудненного дренажа, что обуславливает формирование глеевых почв. Разрез Р.4-09 (рис. 2) (71°58'13" N, 127°05'20" E, *h* 28 м) заложен на пологом (1°–2°) склоне высокой террасы с бугорковым микро-рельефом под ивово-кустарничково-моховым лиственничным редколесьем. Высота бугорков составляет 0.2–0.5 м. Последовательность горизонтов в профиле следующая: подстилка (0–3 см)—Т (3–7(10) см)—Th (7(10)—13 см)—G_⊥ (13... см). Подстилка состоит из живых и слаборазложившихся мхов; Т — темно-бурый, из слабо- и среднеразложившегося органического материала, рыхлый, густо переплетен корнями, мокрый; Th — бурый,

пронизан корнями, в нижней части имеется прослойка перегнойного материала с включениями легкосуглинистого мелкозема, мокрый; G_⊥ — мерзлый, светло-серовато-сизый с ржаво-бурыми пятнами, суглинистый, четко выражена криогенно-листоватая текстура с включениями большого количества тонких линз льда (при оттаивании на руках из мерзлого фрагмента сочится вода).

Профиль классифицирован как торфяно-глеезем перегнойно-торфяный, мерзлотный [20, 27] или Histic Reductaquic Cryosol (Loamic) [45].

Разрез Р.5-09 (71°58'22" N, 127°06'07" E, *h* 21 м) находится на склоне юго-восточной экспозиции с бугорковым микро-рельефом под кассиопо-во-моховым лиственничным редколесьем: подстилка (0–3(4) см)—Oao (3(4)–7 см)—G (7–13(14) см)—Gcf_⊥ (13(14)–20 см). Подстилка состоит из живых мхов; Oao — органогенный, в верхней части светло-бурый, в нижней — темно-бурый, до 20% от объема приходится на легкосуглинисто-супесчаный материал, очень влажный, в нижней части горизонта прослой слабо- и среднеразложившегося грубогумусированного материала мощностью до 4 см; G — буровато-сизый с ржавыми пятнами по ходам корней, уплотнен, очень влажный, супесчаный; Gcf_⊥ — буровато-сизый с ржаво-охристыми вихреватыми прослойками, переплетен корнями,

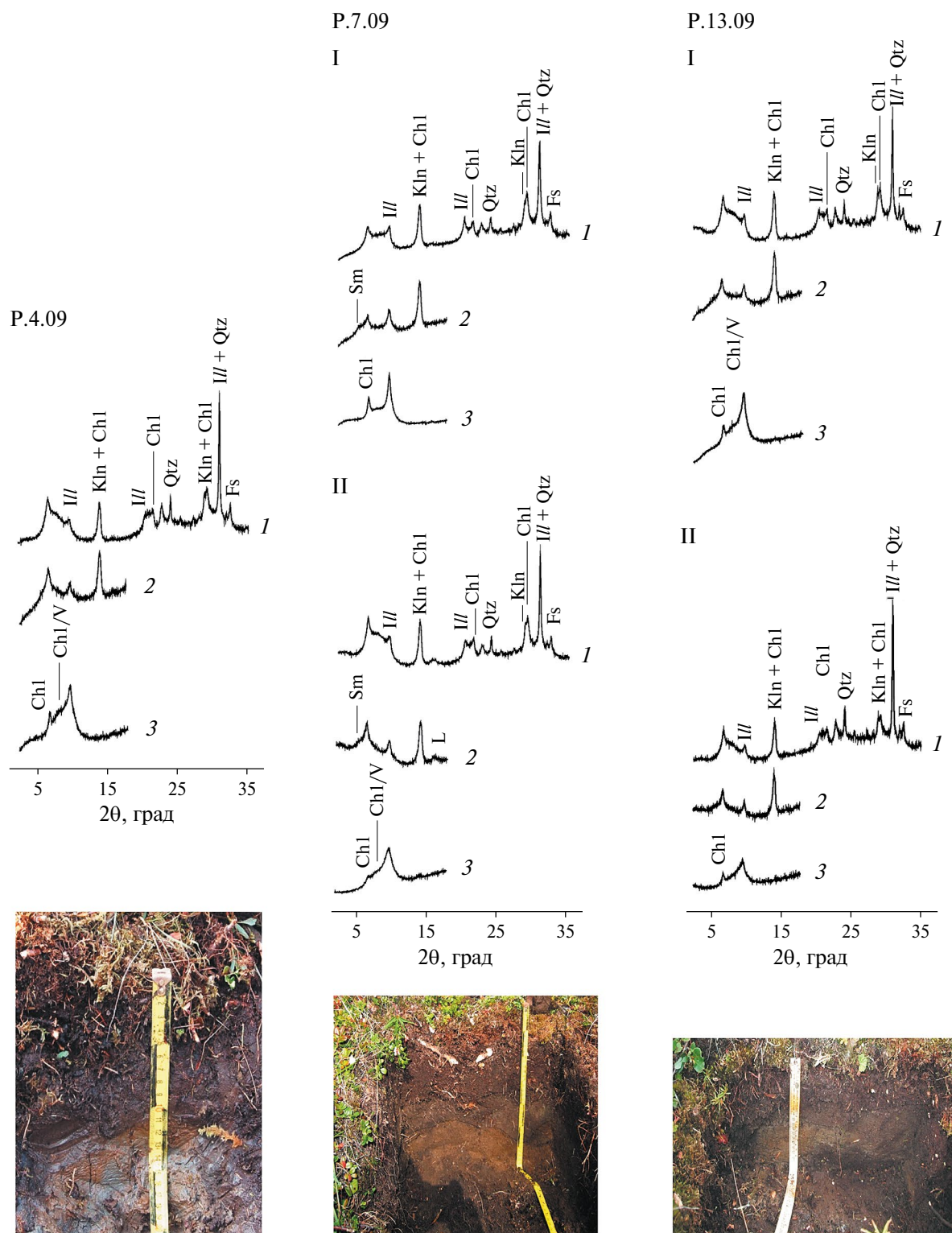


Рис. 2. Рентгendifрактограммы илистых фракций из почв предтундрового редколесья, расположенных на пологом (Р.4-09) и крутом (Р.7-09) склонах и широкой вершине (Р.13-09) увалов. Условные обозначения: I – $G_{\perp}$ в Р.4-09; I – ВНе, II – ВНФ $_{\perp}$ в Р.7-09; I – CR $_{\perp}$, II – CR $_{\perp}$ в Р.13-09. Kln – каолинит, Ill – иллит, Chl – хлорит, Chl/V – смешанослойные хлорит–вермикулитовые образования, Sm – смектитовая фаза, представленная неупорядоченными смешанослойными образованиями с высоким содержанием ($\geq 50\%$) смектитовых слоев, L – лепидокрокит, Qtz – кварц, Fs – полевые шпаты. Образец: 1 – насыщенный магнием, 2 – насыщенный этиленгликолем, 3 – прокаленный при 550°C.

мокрый, суглинистый, тиксотропный. По дну разреза над мерзлотой растекается вода.

Почва классифицирована как глеезем грубогумусированный, криогенно-ожелезненный, мерзлотный [20, 27] или Reductaquic Cryosol (Eutric, Loamic) [45].

На плоских широких вершинах увалов несмотря на то, что они также сложены суглинистыми отложениями, создаются условия лучшего дренажа. Здесь под пушицево-моховым лиственничным редколесьем формируются криогенные почвы. Средняя высота *Larix cajanderi* 2.1 м, максимальная 3.5 м. Микрорельеф кочковатый: высота кочек 10–12 см, диаметр 25–30 см. Моховой напочвенный покров с брусникой и багульником преобладает в западинах между кочками, на кочках растут пушица, ива, багульник. В зависимости от местоположения на кочке (P.12-09) и между кочками (P.13-09) (71°58'58" N, 127°03'46" E, h 38 м), в разрезах выражены различия по перераспределению органического материала в связи с криотурбациями и по степени его преобразования.

Разрез P.12-09 имеет следующую последовательность горизонтов: органогенные горизонты Oao и Oh общей мощностью около 15 см. Ниже залегает горизонт CR₁ (16(18)–26(35) см) – серовато-светло-бурый с ржавыми пятнами по ходам корней и включениями темно-бурыми фрагментами органического материала, суглинистый, порошистый, сильно влажный криотурбированный. На границе с мерзлотой (с глубины 35 см) проявляются сизоватые пятна и непрочная листоватая структура. Почва классифицирована как криозем глееватый грубогумусированный, перегнойный [20, 27] или Oxyaquic Turbic Cryosol (Eutric, Loamic) [45].

Разрез P.13-09: Oao (0–6(7) см)–CR_g (6(7)–15(18) см)–CR₁ (15–20 см). Отличается меньшей мощностью органогенного горизонта и наличием крупного фрагмента темно-бурого органического материала, внедренного по стенке криотурбированного горизонта, залегает на льдистой мерзлоте. Профиль классифицирован как криозем грубогумусированный глееватый [20, 27] или Turbic Cryosol (Eutric, Loamic) [45].

Особый интерес в плане изучения генезиса почв представляют почвы на крутых (35°–40°) склонах увалов. Увалы имеют резкий спуск к песчаной пойме южной части острова. Из-за крутизны склонов создаются условия хорошего дренажа. Разрез P.7-09 (71°58'07" N, 127°06'09" E, h 34 м) заложен под багульничково-бруснично-моховой лиственничной редкой. Лиственницы *Larix cajanderi* здесь лучшего класса бонитета, чем на плоских широких вершинах увалов, средняя высота деревьев 2.7 м, максимальная 5.3 м. Глубина протаивания 30–34 см. Последовательность горизонтов: подстилка (0–3(5) см)–Th (3(5)–16(18) см)–ВНе (16(18)–21(28) см)–ВНФ_g (21(28)–30(34) см).

Подстилка состоит из живых мхов, сухого опада лиственницы, багульника и слабо разложившихся корней брусники; Th – темно-бурый перегнойный, плотно переплетен корнями, встречаются крупные корни ивы диаметром до 1 см, влажный, до 20% от объема горизонта приходится на мелкозем; ВНе – буровато-коричневый, влажный, плотный, пронизан корнями, порошисто-комковатый, неоднородный по гранулометрическому составу – в основной массе супесчаный с клиньями суглинка, характеризуется наличием расплывчатых белесых пятен, что указывает на проявление слабой оподзоленности; ВНФ_g – несмотря на легкосуглинистый гранулометрический состав выделяется довольно яркой желто-охристой окраской, характерной для альфегумусовых горизонтов, с локальными бурными пятнами, пронизан корнями, влажный. Залегает на слабодистой мерзлоте, ледяные прослои отсутствуют.

Почва классифицирована как торфяно-подбур глееватый, перегнойный, оподзоленный, мерзлотный [20, 27] или Spodic Histic Cryosol (Loamic) [45].

Таким образом, в условиях затруднительного дренажа, реализованного (1) на супесчаных породах и близком залегании мерзлоты в мелкобугорковатой и полигонально-валиковой тундре (P.2-09, P.3-09), а также (2) на суглинистых породах на пологих склонах увалов под редколесьем (P.4-09, P.5-09), формируются глееземы (P.2-09, P.3-09, P.5-09) и торфяно-глееземы (P.4-09). В редколесье, в условиях лучшего дренажа, что обусловлено положением в рельефе – (1) на плоских широких вершинах увалов (P.12-09, P.13-09) и (2) очень крутых склонах увалов (P.7-09) формируются: криоземы (P.12-09, P.13-09) и торфяно-подбуры (P.7-09).

МЕТОДЫ

Полевые исследования включали морфологическое описание почвенных разрезов и отбор образцов. Названия почв и индексы горизонтов даны в соответствии с российскими [20, 27] и международными подходами [45]. Физико-химический анализ почв проведен по общепринятым методикам. Гранулометрический состав определяли методом пипетки по Н.А. Качинскому в модификации Почвенного института; рН – потенциометрически; обменные катионы (Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺) по методу Гедройца. Общее содержание органического углерода определяли методом Тюрина. Для верхних горизонтов с высоким содержанием растительных остатков различной степени разложения приведены значения потери при прокаливании.

Минералогический состав илистой фракции и профильное распределение минеральных фаз были изучены в нескольких разрезах редколесья. Илистые фракции (<0.001 мм) выделяли по методу Горбунова. Для коагуляции илистой фракции

использовали 0.5 М раствор $MgCl_2$. Предварительная обработка образцов включала насыщение этиленгликолем и прокаливание при температуре 550°C в течение 3 ч. Съемку ориентированных образцов проводили на приборе Rigaku MiniFlex II (Rigaku Corporation, Япония) X-γ дифрактометр (XRD), CoK_{α} . Глинистые минералы диагностировали при расшифровке рентгенодифрактограмм в соответствии с [39, 44], также использовали базу данных [47] для идентификации гидроксида железа – лепидокрокита (γ -FeOOH).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Аналитическая характеристика почвенных профилей. Минеральные горизонты почв тундры относятся к супесчаным по гранулометрическому составу

с доминированием – практически до 90% физического песка (табл. 1). Глеевые почвы пологих склонов увалов под редколесьем легкосуглинистые (P.4-09) и супесчано-легкосуглинистые (P.5-09) с преобладанием частиц крупной пыли (27–32%) и мелкого песка (34–56%). В криоземах на широких вершинах увалов под редколесьем (P.12-09, P.13-09) отмечается утяжеление гранулометрического состава до средне- и легкосуглинистого. Выражена тенденция небольшого увеличения доли илистых частиц (8–12%) и физической глины (22–32%) от подножия к вершине увалов. Разрез на крутом склоне увала (P.7-09) неоднороден по гранулометрическому составу, который изменяется с глубиной от супесчаного до легкосуглинистого. Преобладают в профиле фракции мелкого песка и крупной пыли, на долю которых приходится до 65–78% в мелкозем.

Таблица 1. Гранулометрический состав объектов исследования и другие аналитические данные

Горизонт, глубина, см	НГ, %	Плотность твердой фазы, г/см ³	Содержание гранулометрических фракций, %, размер частиц, мм						
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
Почвы тундры									
Глеезем перегнойный, криогенно-ожелезненный, мерзлотный, P.2-09									
Gcf, 6(11)–17	1.80	2.57	22.2	43.0	23.7	4.5	3.3	3.3	11.1
G [⊥] , 17–30	2.21	2.58	15.6	42.3	29.0	4.5	4.4	4.2	13.1
Глеезем перегнойный, криогенно-ожелезненный мерзлотный, P.3-09									
Gcf [⊥] , 6(7)–14(17)	2.95	2.52	9.0	48.9	29.0	6.1	4.1	2.9	13.1
Почвы предтундрового редколесья (пологие склоны увалов)									
Торфяно-глеезем перегнойно-торфяный, мерзлотный, P.4-09									
G [⊥] , 13–...	2.75	2.49	5.5	34.0	32.3	5.3	11.8	11.1	28.2
Глеезем грубогумусированный, криогенно-ожелезненный мерзлотный, P.5-09									
G, 7–13(14)	2.54	2.40	4.9	56.2	28.2	3.3	3.6	3.8	10.7
Gcf [⊥] , 13(14)–20	1.57	2.55	15.4	34.7	27.4	7.3	7.0	8.2	22.5
Почвы предтундрового редколесья (широкие вершины увалов)									
Криозем грубогумусированный перегнойный, P.12-09									
CR [⊥] , 16(18)–26(35)	2.32	2.50	6.5	34.2	27.4	18.3	1.7	11.9	31.9
Криозем грубогумусированный глееватый, P.13-09									
CRg, 6(7)–15(18)	2.43	2.38	4.4	36.7	35.6	8.1	7.0	8.2	23.3
CR [⊥] , 15–20	3.00	2.25	2.5	34.2	41.6	6.5	7.0	8.2	21.7
Почвы предтундрового редколесья (крутые склоны увалов)									
Торфяно-подбур глееватый, перегнойный, оподзоленный, мерзлотный, P.7-09									
BHe, 16(18)–21(28)	2.59	2.46	6.0	45.8	31.8	6.1	5.3	5.0	16.4
BHFg [⊥] , 21(28)–30(34)	3.47	2.43	5.9	41.4	23.2	8.6	8.2	12.7	29.5

Примечание. НГ – гигроскопическая влага.

Легкий гранулометрический состав в глеевых почвах тундры (Р.2-09, Р.3-09) способствует формированию органогенного (Oh) горизонта небольшой мощности (4–5 см). Для этого горизонта характерно высокая доля (до 1/3 объема) навейного песка. В профиле Р.3-09 органический материал отличается средней степенью разложения, что

обусловлено более благоприятными для минерализации тепловыми условиями на валике. В глеевых почвах редколесий (Р.4-09, Р.5-09) мощность органогенного горизонта доходит до 10 см, а содержание органического вещества, оцененного по потерям при прокаливании, в 1.5–2 раза больше, чем в глеевых почвах тундр. Содержание органического

Таблица 2. Физико-химические свойства объектов исследования

Горизонт, глубина, см	рН		ППП	Сорг	Обменные катионы, смоль (экв)/кг		
	водный	солевой	%		Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺
Почвы тундры							
Глеезем перегнойный, криогенно-ожелезненный, мерзлотный, Р.2-09							
Oh, 2–6(11)	6.4	—	24.6	—	33.7	9.2	—
Gcf, 6(11)–17	6.1	—	—	2.6	9.9	2.3	—
G ⁺ , 17–30	5.6	—	—	1.9	6.2	3.8	—
Глеезем перегнойный, криогенно-ожелезненный мерзлотный, Р.3-09							
Oh, 2–6(7)	6.7	—	21.7	—	21.4	10.7	—
Gcf ⁺ , 6(7)–14(17)	6.4	—	—	3.1	13.2	3.6	—
Почвы предтундрового редколесья (пологие склоны увалов)							
Торфяно-глеезем перегнойно-торфяный, мерзлотный, Р.4-09							
T, 3–7(10)	4.9	3.6	38.6	—	11.7	7.2	13.4
Th, 7(10)–13	4.6	4.6	26.5	—	12.1	10.3	10.4
G ⁺ , 13–...	5.2	5.2	—	4.3	6.7	6.0	2.1
Глеезем грубогумусированный, криогенно-ожелезненный мерзлотный, Р.5-09							
Oao, 3(4)–7	5.7	—	54.0	—	27.6	13.8	—
G, 7–13(14)	6.2	—	—	4.7	13.5	6.7	—
Gcf ⁺ , 13(14)–20	5.5	—	—	2.5	5.7	3.4	—
Почвы предтундрового редколесья (широкие вершины увалов)							
Криозем грубогумусированный перегнойный, Р.12-09							
Oao, 2(4)–10(12)	4.4	3.4	40.4	—	14.4	9.0	25.4
Oh, 10(12)–16(18)	4.8	3.7	28.7	—	11.9	6.2	15.1
CR ⁺ , 16(18)–26(35)	5.1	3.7	—	3.2	5.2	2.6	3.1
Криозем грубогумусированный глееватый, Р.13-09							
Oao, 2(4)–6(7)	4.7	3.7	32.2	—	13.3	7.1	12.1
CRg, 6(7)–15(18)	5.7	—	—	5.5	9.9	5.2	—
CR ⁺ , 15–20	5.8	—	—	8.2	13.8	4.2	—
Почвы предтундрового редколесья (крутые склоны увалов)							
Торфяно-подбур глееватый, перегнойный, оподзоленный, мерзлотный Р.7-09							
Th, 3(5)–16(18)	5.1	—	21.1	—	15.3	8.1	5.3
BHe, 16(18)–21(28)	5.6	—	—	4.5	10.8	4.4	1.6
BHfg ⁺ , 21(28)–30(34)	6.0	—	—	4.3	9.3	5.4	1.1

Примечание. ППП – потери при прокаливании, прочерк – не определяли.

углерода ($C_{\text{орг}}$) в глеевых почвах редколесий также больше и составляет 2.5–4.7% против 1.9–3.1% в почвах тундры (табл. 2).

Криоземы так же, как глеевые почвы редколесий (Р.12-09, Р.13-09), характеризуются высокими значениями потерь при прокаливании в верхней части профиля и высоким содержанием органического углерода. Отмечается повышенное (до 8.3%) содержание органического углерода в криотурбированных горизонтах разреза Р.13-09, т.е. сформированном в западине, где внедрение органического материала более выражено на глубине 15–20 см. Минимальные значения потерь при прокаливании среди почв редколесья отмечены в профиле на крутом склоне увала (Р.7-09), но при этом содержание органического углерода в минеральных горизонтах этого профиля остается достаточно высоким (4.3–4.5%).

Значения pH в исследованных почвах находятся в кислом–слабокислом (нейтральном) диапазоне. Прослеживаются некоторые закономерности изменений значений pH в зависимости от положения в рельефе. Наименее кислыми (вплоть до нейтральных значений pH в верхнем горизонте) являются глеевые почвы тундры (Р.2-09, Р.3-09). Для глеевых почв редколесья отмечены более низкие значения pH, которые находятся в кислом диапазоне в торфяно-глееземе (Р.4-09) и слабокислом в глееземе (Р.5-09). Криоземы редколесья кислые в случае формирования профиля на кочке (Р.12-09) и кислые–слабокислые в западине (Р.13-09). Органогенный горизонт в профиле на крутом склоне увала (Р.7-09) кислый, вниз по профилю значения pH смещаются в слабокислый диапазон.

В составе обменных катионов в почвах преобладают Ca^{2+} и Mg^{2+} при преобладании доли Ca^{2+} , увеличение их содержания в верхних органогенных горизонтах объясняется биогенным накоплением. Доля H^+ закономерно увеличивается в наиболее кислых верхних органогенных горизонтах, где она сравнима с общей долей Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Минералогический состав илистых фракций почв изучен в трех разрезах редколесья: торфяно-глеезем (Р.4-09), криозем (Р.13-09) и разрезе Р.7-09, классифицированном как торфяно-подбур, генезис которого в соответствии с подходами [20, 27] наиболее неоднозначен (рис. 2). Из индивидуальных глинистых минералов во всех горизонтах из изученных профилей диагностированы: слюды/иллит, хлорит и каолинит. На диоктаэдрическую природу слюд указывает наличие интенсивного отражения $d_{002} \sim 0.5$ нм на дифрактограммах. Одновременное присутствие в образце каолинита и хлорита подтверждается широким пиком в области 0.354–0.358 нм, вершина которого расщепляется на пики 0.354 нм (d_{004} хлорит) и 0.358 нм (d_{002} каолинит). Смешанослойные образования представлены

неупорядоченными слюда-сметитовыми с низким <50% содержанием сметитовых слоев. На наличие этих образований указывает улучшение симметричности 1.0 нм пика на дифрактограммах насыщенных образцов по сравнению с таковыми в воздушно-сухом состоянии. Кроме того, во всех горизонтах разрезов Р.4-09 и Р.13-09 присутствуют неупорядоченные смешанослойные хлорит-вермикулитовые образования, что подтверждается появлением широкого отражения в области 1.0–1.4 нм на дифрактограммах прокаленных образцов. Минеральные горизонты этих профилей идентичны по минералогическому составу.

По профильному распределению и составу минеральных фаз выделяется разрез Р.7-09. В обоих горизонтах профиля диагностированы перечисленные выше индивидуальные минералы и неупорядоченные слюда-сметитовые образования с низким содержанием сметитовых слоев. Хлорит-вермикулитовые образования присутствуют только в нижнем минеральном горизонте NHf_{gl} . Небольшой пик ~ 1.7 нм, появляющийся на дифрактограммах насыщенных образцов, указывает на присутствие сметитовой фазы в обоих горизонтах профиля. Сметитовая фаза представлена неупорядоченными смешанослойными образованиями с высоким >50% содержанием сметитовых слоев. Небольшая доля сметитовой фазы не позволяет однозначно утверждать, результатом трансформации слюд или хлорита они являются. В нижнем минеральном горизонте присутствует гидроксид железа – лепидокрокит ($\gamma\text{-FeOOH}$), на что указывает диагностический пик 0.627 нм [47] на дифрактограммах воздушно-сухого и насыщенного образцов, исчезающий на дифрактограммах прокаленного образца. Из неглинистых минералов во всех образцах присутствуют кварц и полевые шпаты.

ОБСУЖДЕНИЕ

Особенности минералогического состава. Исследованные разрезы находятся на обширной территории, которая на карте петрографо-минералогических разрядов основных парагенетических групп почвообразующих четвертичных отложений и образований выделена в хлорит-гидросланцевый петрографо-минералогический разряд пород [2]. Минеральная ассоциация в исследованных почвах острова Тит-Ары, как и в почвах Восточно-Сибирского нагорья, в том числе за пределами Якутии [25], и Колымской низменности [35, 41], включая изученные ранее почвы бассейна р. Алазея [8, 9, 46], характеризуется присутствием двух доминирующих компонентов: хлорита и слюд.

В изученных профилях острова Тит-Ары дифрактограммы образцов из торфяно-глеезема (Р.4-09) и криозема (Р.13-09) практически полностью идентичны друг другу, что указывает на

отсутствие интенсивного развития процессов выветривания, которые на минералогическом уровне могли бы обусловить профильную дифференциацию минеральных фаз. Профиль торфяно-подбура (Р.7-09) отличается наличием (а) смектитовой фазы в обоих минеральных горизонтах и (б) гидроксида железа — лепидокрокита в горизонте, залегающем на мерзлоте. В минералогическом составе почв холодных регионов, особенно формирующихся при близком залегании мерзлоты, не всегда можно однозначно различить результаты прошлых и современных процессов почвообразования и выветривания [37]. В исследованных разрезах нельзя однозначно утверждать о природе смешанослойных образований — слюда-смектитовых с низким <50% содержанием смектитовых слоев и хлорит-вермикулитовых. Это могут быть (а) современные педогенные образования, (б) либо унаследованные как от предыдущих этапов почвообразования, так и от почвообразующей породы.

Неочевидно и происхождение смектитовой фазы в обоих горизонтах в разрезе Р.7-09. Она может быть как продуктом трансформации хлорита [43], так и слюды [43, 48, 49]. Появление смектита (вплоть до доминирования по содержанию над унаследованными минералами) характерно для элювиального горизонта подзолов [42]. В исследованном профиле нет элювиального горизонта. Отметим, что увеличение смектитового компонента в результате диспергации, разрушения и деградиционной трансформации унаследованных от породы “хлоритовых структур” было, например, диагностировано ранее в верхних горизонтах подбуров и буроземов, развитых на основных породах острова Валаам [30]. В исследованном профиле Р.7-09 на уровне признака морфологически выражено развитие оподзоливания в верхнем из альфегумусовых горизонтов. Стоит обратить внимание, что ранее в кислых горизонтах мерзлотных почв (криозем из межлассного комплекса на границе лесотундры и северной тайги и торфяно-глезем на территории аласа северной тайги) в бассейне р. Алазея диагностировали вермикулит [9]. Вермикулит рассматривали как продукт современной трансформации хлорита в кислой среде в соответствии со схемой стадийного выветривания [39]. С учетом довольно небольшого расстояния между разрезами на острове Тит-Ары, логично предположить, что смектитовая фаза в разрезе (Р.7-09) является продуктом современного почвообразования, как и лепидокрокит, который также диагностирован в этом профиле. Лепидокрокит, формирующийся на криогенном барьере, чему способствует мобилизация двухвалентного железа, высвобождающегося из структуры хлорита при его дегградации, и дальнейшее окисление железа в зоне промерзания—оттаивания, был диагностирован в криоземах едомы Колымской низменности [35]. Также

диагностировали лепидокрокит в профиле приморского луга (тамп) (маршевая почва на льдистой мерзлоте) [9]. Такие луга формируются вдоль низких морских берегов, заливаемых приливами.

Генезис и закономерности распространения почв.

Близкое залегание мерзлоты обуславливает наличие водоупора и вместе с незначительным испарением влаги приводит к избыточному увлажнению и интенсивному развитию оглеения в почвах на территории острова Тит-Ары. Это ведет к повсеместному развитию глеевых почв, а также хорошо выраженных признаков оглеения в криоземах. Почвы острова отражают общую закономерность, характерную для низовьев р. Лены, где почвы почти всегда носят следы оглеения, а до 40% площади занято болотными типами почв [7]. Минимально оглеение проявляется в альфегумусовом профиле (Р.7-09). В этом же профиле, несмотря на суглинистый состав горизонта, залегающего на мерзлоте, отмечается максимальная глубина оттаивания (до 34 см). Такие почвы формируются только на южном склоне увалов с крутым спуском к песчаной пойме.

Почвообразующая порода залегает ниже границы сезонного оттаивания: происходит ежегодное промерзание почв и смыкание сезонной мерзлоты с многолетней, представленной низкотемпературными (–11...–13°C) мерзлыми породами [40]. Специфика формирования органогенного горизонта от подстильно-торфяного (Oh, Oao) до торфяного (Т, Th) определяется условиями почвообразования в зависимости от положения по элементам мезо- и микрорельефа. К общим закономерностям относятся (а) отсутствие в профиле крупных включений грубого органического материала и значительное разложение растительных остатков и (б) аккумулятивное перераспределение грубого органического вещества с максимумом накопления в верхней части профиля. Такое распределение характеризуется как близкое к криотурбационному типу с высокой степенью гомогенизации материала минеральной части [22]. Относительно высокое содержание органического углерода в минеральных горизонтах исследованных почв согласуется с представлением о значительной прогумусированности мерзлотных криотурбированных почв [36], что ранее отмечали для почв различных регионов Якутии [8]. Согласно литературным данным, гумусированность оглеенных почв в тундровой зоне объясняется накоплением органического углерода в результате: (а) разложения корневого опада *in situ* в верхней части профиля [1, 12, 13, 16, 23]; (б) криогенного массообмена в результате погребения органогенных горизонтов при морозном растрескивании, солифлюкции, пучении, пятнообразовании [6, 12]; (в) мерзлотной ретинизации (миграция водорастворимых органических веществ в глубь профиля к фронту многолетней мерзлоты и их постепенное накопление в минеральной толще в связи с замедленным

разложением [1, 12, 13, 18, 19]; (г) наследованием высокого содержания органического углерода от почвообразующей породы [5].

Преобладание на острове юго-восточных и северо-западных ветров, нехарактерных для Северной Якутии [29], обуславливает слабую затронутость почвообразованием низких надпойменных террас наиболее подветренных восточных и западных сторон. Местами они оголены, или на поверхности фиксируются аккумуляции навейного песка. Промерзание почв повсеместно сопровождается морозобойным растрескиванием, пучением и криотурбацией почвенной массы, что приводит к сильной дифференциации почвенного и растительного покрова на уровне микро- и нанорельефа [40]. Почвенный покров острова представлен разными мезокомбинациями глеевых почв тундры, а также глеевых и в различной степени оглеенных почв предтундровых редколесий (криоземы и альфегумусовые). Аллювиальные слоистые почвы формируются в пойме [20, 27].

Тундровые участки и формирующиеся здесь глеезы распространены на песчаной первой надпойменной террасе, т.е. занимают наиболее низкие, не считая пойму, гипсометрические позиции. Под редколесьем увалов, занимающем более высокое положение в рельефе, формируются суглинистые глеезы и торфяно-глеезы на пологих склонах. Плоские, широкие вершины увалов, где создаются условия лучшего дренажа по сравнению с пологими склонами, заняты криоземами. Наиболее специфичны почвы, формирующиеся на крутых (35° – 40°) склонах увалов, для которых характерен резкий спуск к песчаной пойме в южной части острова. Почвы, несмотря на небольшую мощность, характеризуются утяжелением гранулометрического состава вниз по профилю от супесчаного до легкосуглинистого, что обусловлено преобладанием юго-восточных и северо-западных ветров, обеспечивающих интенсивный принос песчаного материала с поймы. Почвы классифицированы как торфяно-подбуры [20, 27], они характеризуются наличием морфологически выраженного альфегумусового горизонта. Здесь диагностированы смектитовая фаза и сформированный на криогенном барьере гидроксид железа — лепдокорокит, которые можно рассматривать как результат современных процессов почвообразования и выветривания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные почвенно-генетическое и почвенно-минералогическое исследования на территории острова Тит-Ары, расположенного на левом берегу устьевого части р. Лены, выявили как характерные для Северной Якутии черты почвообразования, так и обусловленные особенностями мезорельефа острова, который влияет на такие условия, как

почвенный дренаж, характер оттаивания мерзлоты, мощность сезонно-талого слоя.

К общим с почвами Северной Якутии чертам относятся: слабая активность процессов выветривания минеральной компоненты почв; морфологически выраженная гомогенизация профиля; относительно высокая гумусированность минеральных горизонтов; интенсивное развитие оглеения; близкое залегание мерзлоты и нахождение почвообразующей породы ниже границы сезонного оттаивания, обуславливающее ее обособление от почвенного профиля. Специфичность условий почвообразования создается на крутых склонах увалов. Здесь формируются альфегумусовые почвы, для которых характерно слабое развитие оглеения и максимальная глубина оттаивания. Именно в этом случае отмечено присутствие смектитовой фазы, что можно рассматривать как результат современного почвообразования и выветривания, приводящих к развитию деградационной трансформации минеральной компоненты, и формированию лепидокорокита на криогенном барьере.

БЛАГОДАРНОСТЬ

XRD-данные получены в ресурсном центре СПбГУ “Рентгенодифракционные методы исследования”.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по проекту № 0297-2021-0026, ЕГИСУ НИОКТР № АААА-А21-121012190036-6.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильевская В.Д.* Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М.: Наука, 1980. 235 с.
2. *Градусов Б.П.* Карта почвообразующих и подстилающих пород мира. Ее генетико-географический анализ и закономерности почвообразования // Почвоведение. 2000. № 2. С. 180–195.
3. *Губин С.В.* Динамика формирования тундровых неглеевых почв // Почвоведение. 1993. № 10. С. 62–70.
4. *Губин С.В.* Позднеплейстоценовое почвообразование на Приморских низменностях Севера Якутии // Почвоведение. 1994. № 8. С. 5–14.
5. *Губин С.В.* Позднеплейстоценовое почвообразование на лессово-ледовых отложениях

- северо-востока Евразии. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Пушино, 1999. 36 с.
6. Губин С.В. Голоценовая история формирования почв на приморских низменностях севера Якутии // Почвоведение. 2001. № 12. С. 1413–1420.
7. Десяткин Р.В., Тетерина Л.В. Почвы дельты реки Лены // Генезис и мелиорация почв Якутии. Якутск: Якутский научный центр СО АН СССР, 1991. С. 55–66.
8. Десяткин Р.В., Лесовая С.Н., Оконешникова М.В., Иванова А.З. Криоземы и палевые слабодифференцированные почвы тундр и тайги Якутии: свойства, минералогический состав и классификация // Почвоведение. 2021. № 12. С. 1423–1436. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21120042>
9. Десяткин Р.В., Лесовая С.Н., Оконешникова М.В., Иванова А.З., Платонова Н.В. Мерзлотные почвы бассейна р. Алазея: свойства, минералогический состав и классификация // Почвоведение. 2023. № 2. С. 131–142. <https://doi.org/10.31857/S0032180X2260086X>
10. Еловская Л.Г., Петрова Е.И., Тетерина Л.В. Тундровые почвы Приморской низменности // Почвенные исследования Якутии. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1974. С. 27–37.
11. Еловская Л.Г., Петрова Е.И., Тетерина Л.В. Почвы Северной Якутии. Новосибирск: Наука, 1979. 303 с.
12. Игнатенко И.В. Почвы основных тундровых биогеоценозов Западного Таймыра // Биогеоценозы Таймырской тундры и их продуктивность. Л.: Наука, 1971. С. 57–107.
13. Игнатенко И.В. Почвенный покров // Ары-Мас. Природные условия, флора и растительность самого северного лесного массива. Л.: Наука, 1978. С. 30–57.
14. Исаев А.П., Габышева Л.П., Михалева Л.Г. Особенности роста лиственницы Каяндера у северной границы ареала на острове Тит-Ары (низовья р. Лены) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2009. Т. 114. № 3. С. 59–62.
15. Исаев А.П., Габышева Л.П., Михалева Л.Г. Эколого-географические особенности лесного массива на острове Ти-Ары (дельта реки Лены) // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 53–61.
16. Караваева Н.А. К характеристике арктотундровых почв о-ва Большого Ляховского // О почвах Восточной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 109–129.
17. Караваева Н.А. Тундровые почвы Северной Якутии. М.: Наука, 1969. 205 с.
18. Караваева Н.А., Таргульян В.О. Об особенностях распределения гумуса в тундровых почвах Северной Якутии // Почвоведение. 1960. № 12. С. 36–45.
19. Караваева Н.А., Таргульян В.О. К изучению почв тундр Северной Якутии // О почвах Восточной Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 53–73.
20. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
21. Куницкий В.В. Криолитология низовья Лены. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989. 162 с.
22. Луначев А.В. Взаимосвязь криоземов тундр Колымской низменности с верхним слоем многолетнемерзлых отложений. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 30 с.
23. Мергелов Н.С. Почвообразование, почвенный покров и запасы углерода в Колымских тундрах и редколесьях. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2007. 28 с.
24. Наумов Е.М. Почвы и почвенный покров Северо-Востока Евразии. Автореф. ... дис. докт. с.-х. наук. М., 1993. 63 с.
25. Наумов Е.М., Градусов Б.П. Особенности таежного почвообразования на крайнем Северо-Востоке Евразии. М.: Колос, 1974. 147 с.
26. Оконешникова М.В. Почвы острова Тит-Ары // Бюл. МОИП. Отд. Биол. 2009. Т. 114. № 3. Приложение 1. С. 150–158.
27. Полевой определитель почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 2008. 182 с.
28. Растительный и животный мир дельты реки Лены. Якутск, 1985. 139 с.
29. Северная Якутия. Физико-географическая характеристика. Л.: Тр. ААНИИ. т. 236. 1962. 279 с.
30. Седов С.Н., Васенева Э.Г., Шоба С.А. Современные и древние процессы выветривания в почвах на основных породах острова Валаам // Почвоведение. 1992. № 7. С. 83–97.
31. Справочник по климату СССР. Вып. 24. ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 398 с.
32. Справочник по климату СССР. Вып. 24. ч. 4. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 350 с.
33. Тетерина Л.В. Почвы Колымской низменности // Почвенные и ботанические исследования в Якутии. Якутск: Институт биологии, 1972. С. 50–61.
34. Тетерина Л.В. Закономерности распространения тундровых почв Оленекско-Анабарской низменности // Биологические проблемы Севера. VII симпозиум. Петрозаводск, 1976. С. 136–139.
35. Alekseev A., Alekseeva T., Ostroumov V., Siegert C., Gradusov B. Mineral transformation in permafrost-affected soils. North Kolyma Lowland, Russia // Soil Sci. Soc. Am. J. 2003. V. 67. P. 596–605. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.0596>
36. Bockheim J.G., Tarnocai C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils // Geoderma. 1998. V. 81. P. 281–293. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(97\)00115-8](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00115-8)
37. Boyer S.J. Chemical weathering of rocks on the Lassiter Coast, Antarctic Peninsula, Antarctica // New Zealand J. Geology Geophysics. 1975. V. 18(4). P. 623–628.

38. *Cajander A.K.* Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. I. Die Alluvionen des unteren Lena-Thales // *Acta Soc. Sci. Fennica*. 1903. V. 32(1). P. 1–182.
39. *Churchman G.J.* Clay minerals formed from micas and chlorites in some New Zealand soils // *Clay Miner.* 1980. V. 15(3). P. 59–76.
<https://doi.org/10.1180/claymin.1980.015.1.05>
40. *Desyatkin R.V., Karpov N.S., Zakharova V.I., Desyatkin A.R., Hinzmann L.D.* Soil and vegetative covers on tundra polygon of the GAME project in the vicinity of Tiksi // *Research Report of IHAS*. 1998. V. 4. P. 1–10.
41. *Gentsch N., Mikutta R., Shibistova O., Wild B., Schneck-er J., Richter A., Urlich T. et al.* Properties and bioavail-ability of particulate and mineral-associated organic matter in Arctic permafrost soils. Lower Kolyma Re-gion. Russia // *Eur. J. Soil Sci.* 2015. V. 66. P. 722–734.
<https://doi.org/10.1111/ejss.12269>
42. *Gjems O.* Some notes on clay minerals in Podzol profiles in Fennoscandia // *Clay Minerals Bulletin*. 1960. V. 4(24). P. 208–211.
43. *Gjems O.* A swelling dioctahedral clay mineral of a vermiculite-smectite type in the weathering horizons of Podzols // *Clay Minerals Bull.* 1963. V. 5. P. 183–193.
44. *Harris W., White N.G.* X-ray diffraction techniques for soil mineral identification // *Methods of Soil Analysis*. Editors: Ulery A.L., Drees L.R. Part 5. Mineralogical Methods, SSSA Book Series, No. 5. Madison, Wisconsin, 2008. 81–115 p.
45. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. 2015. FAO, Rome.
46. *Lessovaia S.N., Desyatkin R.V., Okoneshnikova M.V., Ivanova A.Z.* Clay mineralogy of Cryosols formed in an ultra-continental climate of Siberia // *The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. 2021. V. 862. P. 012070.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012070>
47. PDF-2 2020 (Powder Diffraction File). ICDD (International Centre for Diffraction Data). № 01-074-6247.
48. *Righi D., Huber K., Keller C.* Clay formation and podzol development from postglacial moraines in Switzerland // *Clay Minerals*. 1999. V. 34. P. 319–332.
49. *Wilson M.J.* Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates // *Clay Minerals*. 2004. V. 39. P. 233–266.

Soils of Tundra and Sub-Tundra Larch Open Woodland of Tit-Ary Island (Delta of the Lena): Genesis, Properties, and Distribution Trends

M. V. Okoneshnikova^{1,*}, S. N. Lessovaia², A. Z. Ivanova¹, and R. V. Desyatkin¹

¹*Institute of Biological Problems of the Cryolithozone, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, 667891 Russia*

²*Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg, 199178 Russia*

*e-mail: mvok@yandex.ru

Physico-chemical properties and vertical distribution patterns of clay minerals were studied in the permafrost affected soils from the tundra and sub-tundra larch open woodland of Tit-Ary island. That unique complex is located in the delta of the Lena river, Republic of Sakha (Yakutia). Despite the small size of the island and the fact that permafrost is close to the surface, several variants of pedogenesis determine the soil diversity in this area. The soils are characterized by various degrees of gleyic and stagnic properties due to sandy or loamy texture and location in the landscapes (top of the hills as well as steep or gentle slope). Mineral association is the same in the studied profiles characterized by the predominance of two components – chlorite and illite. Iron hydroxide–lepidocrocite occurred on the boundary of permanently frozen ground in the profile within pronounced spodic features as well as smectitic clay identified in the both horizon of this permafrost affected soil can be attributed as a result of modern pedogenesis.

Keywords: permafrost affected soils, island ecosystem, gleyzation, clay minerals, lepidocrocite