*УДК 631.4*

# СВОЙСТВА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕМНОГУМУСОВОЙ КВАЗИГЛЕЕВОЙ СОЛОНЧАКОВОЙ СОЛОНЦЕВАТОЙ КРИОТУРБИРОВАННОЙ МЕРЗЛОТНОЙ ПОЧВЫ БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (БУРЯТИЯ)

**© 2018 г. В. Л. Убугунов[1,*], Н. Б. Хитров[2], Н. П. Чижикова[2], В. И. Убугунова[1], Е. Б. Варламов[2], А. Д. Жамбалова[1], Е. С. Чечетко[2]**

[1]*Институт общей и экспериментальной биологии, Россия, 670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6*

[2]*Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россия, 119017 Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2*

**e-mail: ubugunovv@mail.ru*

Представлены морфологические, физико-химические свойства, гранулометрический, солевой составы и состав минералов фракций <1, 1–5 и >5 мкм темногумусовой квазиглеевой солончаковой солонцеватой криотурбированной глубокомерзлотной легкосуглинисто-супесчаной почвы на аллювиальных отложениях (Salic Mollic Reductaquic Turbic Cryosol (Eutric, Loamic, Calcaric, Fluvic, Sodic)), расположенной в северо-восточной части Баргузинской котловины в зоне влияния областей разгрузки азотных термальных кремнистых вод кульдурского типа (Кучигерские источники). Почва формируется на продуктах разрушения высококалиевых известково-щелочных гранитов баргузинского комплекса Ангаро-Витимского батолита. Отмечено засоление почв от слабой до очень сильной степени, преимущественно сульфатное натриевое с гипсом, который морфологически образует сетку прожилок в поверхностных горизонтах. В илистой фракции ненарушенных слоев аллювия исследованного разреза на глубине 54–145 см обнаружено небольшое количество ректорита. В почвенных горизонтах на глубине 0–54 см, сформированных из этого аллювия, упорядоченная структура ректорита из слюдистых (А) и смектитовых (В) пакетов с мотивом чередования АВАВ… преобразована в неупорядоченную структуру слюда-смектитовых смешанослойных образований под влиянием легкорастворимых солей натрия и криотурбации почвенного материала. Особенностью исследованной почвы является небольшая доля кварца в составе фракций пыли и песка, что обусловлено составом минералов биотитовых и амфибол-биотитовых гранитов и гранитоидов. Гидрогенная аккумуляция сульфатов и гидрокарбонатов натрия в верхних

горизонтах исследованной почвы способствовала разрушению смешанослойных слюда-смектитовых образований с высокой долей (>50%) смектитовых пакетов в гор. AUca,s,cs,th и в условиях поступления атмосферных осадков частичному их иллювиированию в среднюю часть профиля с образованием гумусово-глинистых кутан на боковых гранях агрегатов, отражая слабую степень проявления солонцового процесса.

*Ключевые слова:* ректорит, неупорядоченные смешанослойные образования, кварц, полевые шпаты, гидрослюды, содово-сульфатное засоление, гипс, глинистые кутаны

**DOI:** 10.19047/0136-1694-2018-92-62-94

## ВВЕДЕНИЕ

Преобразование силикатной части почв под влиянием солонцового процесса неоднократно анализировалось в современной литературе. Этот раздел почвоведения является наиболее интересным, поскольку характеризует преобразование минералов, их реакцию на щелочную среду, так как именно глинистые минералы и их распределение формируют текстурную дифференциацию профилей солонцов.

Обобщение материалов по минералогии почв солонцовых комплексов коснулось почв, сформировавшихся на рыхлых отложениях с парагенетической ассоциацией минералов, в которой доминируют разупорядоченные структуры смешанослойных образований слюда-смектитового типа (Травникова, 1968; Дементьева, 1975; Чижикова и др., 1973; Чижикова, Хитров, 2016). В ходе развития солонцового процесса в физико-химических условиях повышенной доли обменного натрия в сочетании с высокой щелочностью и низкой общей концентрацией солей почвенного раствора в верхних горизонтах почвы происходит (1) разрушение исходных почвенных агрегатов, (2) растворение органических веществ, (3) пептизация глинистых минералов, (4) уменьшение размеров (дезинтеграция) пылеватых и глинистых частиц, (5) формирование так называемого “супердисперсного” состояния глинистых минералов, когда их частицы расслаиваются до размеров с минимальным количеством пакетов в кристаллитах, которые становятся рентгеноаморфными веществами, (6) перемещение (миграция) пептизированных частиц и растворенных веществ вниз по профилю. В результате в солонцах и солонцовых почвах формируется элювиально-

иллювиальное профильное распределение ила и сопряженных с ним свойств (Хитров, Любимова, 2013; Чижикова, Хитров, 2016).

В практике изучения минералогического состава почв солонцовых комплексов ранее не обнаружено упорядоченных кристаллитов смешанослойных образований, по кристаллической решетке которых можно было бы судить о механизмах перехода одного структурного состояния минерала в другое.

В ходе почвенно-минералогических исследований на севере Баргузинской котловины нами обнаружены засоленные щелочные солонцеватые почвы проблематичного генезиса с ректоритом, представляющим упорядоченное смешанослойное слюда-сметитовое образование с мотивом чередования ABAB… пакетов диоктаэдрической слюды (A) и пакетов монтмориллонита (B) с химической формулой $NaAl_4(AlSi_7O_{20})(OH)_4 \cdot 2H_2O$. Этот минерал является продуктом трансформации полевых шпатов или мусковита и образуется в пустотах плотных кристаллических пород в виде тонких пленок желтого или светло-коричневого цвета (Геологический словарь, 1978). При увлажнении набухает. В осадочных породах и почвах этот минерал встречается крайне редко за счет физического истирания и химического выветривания (Градусов, Чижикова, 1966; Градусов и др., 1967, 1968; Градусов, 1976).

Проявление засоления почв в этом районе связано с необычным сочетанием экзогенных факторов (мерзлотных, геоморфологических, климатических) с эндогенными (тектонические, разгрузка термальных вод). Ареал засоленных почв локализован в районе пересечения продольного (Баргузинского) и поперечного (Сеюйского) тектонических разломов в зоне современного и палеовлияния разгрузки Кучигерских терм (Убугунов, 2016; Жамбалова и др., 2017).

Цель работы – представить свойства и минералогический состав этой почвы проблематичного генезиса и оценить преобразование ректорита в ней.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования является темногумусовая квазиглеевая солончаковая солонцеватая гипссодержащая криотурбированная глубокомерзлотная легкосуглинистая почва на аллювиальных отложениях (разр. ТЛК-12-11) в северной части Баргузинской

котловины, в окрестностях с. Ядаг, в районе заимки Ангото (рис. 1). Почва сформирована в приустьевой части поймы р. Улюгна (правого притока р. Баргузин), в 4.4 км на юго-запад от с. Улюнхан и приблизительно на таком же расстоянии на юго-юго-восток от Кучигерских гидротермальных источников (N 54°49'46.5"; E 111º01'48.2", высота 553 м над ур. м.) на высоком редко затопляемом участке с относительно ровной, местами слабоволнистой поверхностью. Растительность представлена разнотравно-леймусовым остепненным луговым сообществом. Участок используется под пастбище. Почвообразующими породами являются аллювиальные песчано-супесчано-легкосуглинистые слоистые отложения. С глубины 145 см породы являются многолетнемерзлыми.

По почвенно-географическому районированию (Почвы..., 1983) изученная территория находится на поверхности низких уровней аллювиально-озерно-эоловой равнины (категория IV), на лесной территории (группа А), в районе $IVA_{15}$ луговых карбонатных маломощных супесчаных, лугово-болотных

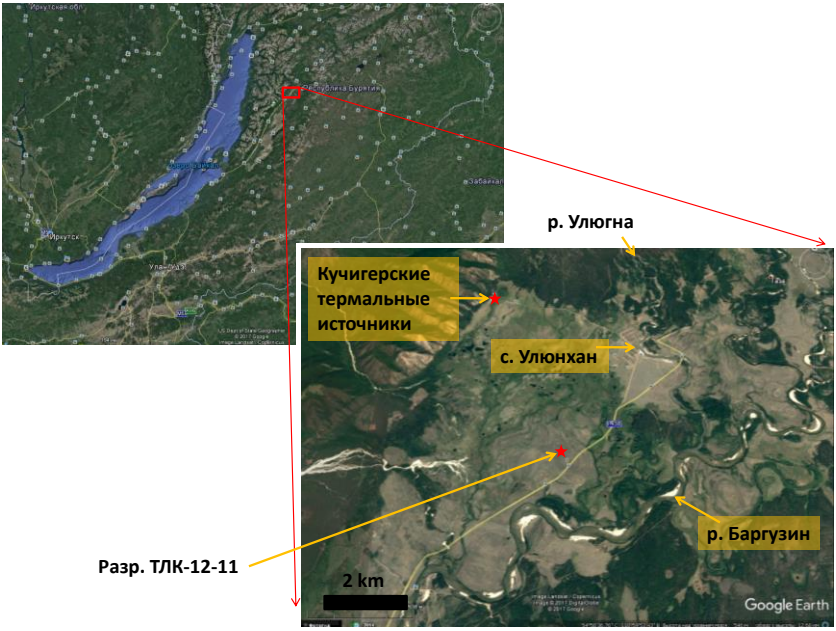


**Рис. 1.** Положение разр. ТЛК-12-11 в Баргузинской котловине.

карбонатных мерзлотных с фрагментами болотных перегнойно- и торфянисто-глеевых карбонатных мерзлотных почв. В кратком описании почвенно-географического района $IVA_{15}$ отсутствует информация о засолении почв. Первые сведения о засоленных почвах в этом районе, их морфологические, физико-химические свойства, степень и химизм засоления приведены в публикациях (Убугунов и др., 2016; Ubugunov, 2016; Жамбалова и др., 2017).

**Методы.** Гранулометрический состав определяли методом Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1986), pH в водной суспензии 1 : 2.5 – потенциометрически, содержание карбонатов – ацидиметрическим методом с пересчетом на эквивалент $CaCO_3$ (%), гумус – по Тюрину, емкость катионного обмена – по Бобко–Аскинази, содержание легкорастворимых солей – в водной вытяжке 1 : 5 (Аринушкина, 1973).

Названия почвы приведены по классификации почв СССР (1977) (К-1977), России (Классификация …, 2004; Полевой определитель …, 2008) (РК-2004(8)) и международной классификации почв WRB (IUSS, 2015) (WRB-2015).

Выделение тонкодисперсных фракций проводили по методу Горбунова (1971). Минералогический состав определяли рентгендифрактометрическим методом с использованием универсального рентгендифрактометра HZG-4A фирмы Carl Zeiss Yena (Германия). Препараты готовили методом седиментации на покровные стекла. Минералы диагностировали на основе ряда руководств по минералогии (Рентгеновские методы …, 1965; Костов, 1971; Руководство …, 1975; Градусов, 1976; Соколова и др., 2005). Съемку ориентированных препаратов, насыщенных магнием, осуществляли в трех состояниях образца: воздушно-сухом, сольватированном этиленгликолем в течение 2 сут и после прокаливания при температуре 550°C в течение 2 ч.

Диагностика минералов. *Гидрослюда* биотитового типа диагностирована по наличию рефлексов в области 10 Å (1.0 нм), 5.0 Å (0.5 нм) и 3.34 Å (0.334 нм) образцов, снятых в воздушно-сухом состоянии, после сольватации этиленгликолем и прокаливании при 550°C в течение 2 ч. Низкая интенсивность рефлекса в области 5 Å (0.5 нм) является доказательством принадлежности этой гидрослюды к биотитовому (триоктаэдрическому) типу.

*Ректорит* – упорядоченное смешанослойное образование слюда-смектитового типа – определен по наличию целочисленной серии отражений кратных 24Å (2.4 нм), 12Å (1.2 нм) и т.д. Сольватация образцов этиленгликолем приводит к набуханию смектитовых пакетов, в результате чего рефлексы сдвинуты в область 17Å (1.7 нм). Прокаливание образцов при 550°С в течение 2 ч способствует сжатию структуры минерала до 10Å (1.0 нм).

*Хлорит* диагностирован по наличию рефлексов в области 14 Å (1.4 нм), 4.74 Å (0.474 нм) и 3.53Å (0.353 нм). Сольватация образцов этиленгликолем не приводит к изменению положения рефлекса хлорита. Прокаливание усиливает интенсивность 14Å (1.4 нм) рефлекса и снижает интенсивности всех последующих рефлексов.

*Каолинит* установлен по наличию рефлексов в области 7.1Å (0.71 нм) и 3.57Å (0.357 нм). Сольватация образцов этиленгликолем не приводит к изменениям межплоскостных расстояний. Прокаливание при 550°С разрушает минерал полностью.

Полуколичественное содержание основных минеральных фаз во фракциях <1 мкм установлено по методике Биская (Biscaye, 1965) с дополнительным разделением каолинита и хлорита по более ранней работе того же автора (Biscaye, 1964), в пылеватых фракциях – по методу Кука (Cook et al., 1975).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Морфологические свойства почвы.** Фотография почвенного профиля разр. ТЛК-12-11 представлена на рис. 2. Почва имеет следующее морфологическое строение.

AUca,s,cs,th 0–20(32) см – буровато-темно-серый (2.5Y 3/2 и 4/2 сухой), влажный, уплотнен, легкосуглинистый, структура имеет два уровня: высший – непрочные блоки, отделяемые друг от друга узкими трещинами, вдоль которых сосредоточено много корней в виде плоской сетки; внутри блоков непрочные комковатые агрегаты, удерживаемые густой объемной сетью тонких корней травянистых растений; трещины преимущественно в закрытом виде, их стенки, являющиеся гранями блоков, местами покрыты более темными гумусово-глинистыми кутанами, по таким поверхностям горизонт разламывается при копке лопатой; в верхней части горизонт слабо вскипает от HCl, ниже – местами бурно; с глубины 3–5 см много вертикально ориентированных белых прожилок мучнистого гипса шириной 0.5–2 мм и длиной от 5 до

**Рис. 2.** Почвенный профиль разр. ТЛК-12-11. Желтые и черные отрезки на мерной ленте равны 10 см.

20–30 мм (рис. 3), переход ясный, выражен по цвету и плотности, граница языковатая за счет криотурбации нижележащего горизонта.

Qca,dc,@,s,cs,th 20(32)–54 см – Неоднородно окрашенный вследствие криотурбаций, фон светло-оливково-бурый (2.5Y4/3, 5/3 влажный) или оливково-желтый (2.5Y 6/6, 6/8) с пятнами и полосчатыми завихрениями буровато-серого и буровато-темно-серого материала гумусового горизонта. Морфологически выражена диагональная трещина, уходящая вглубь, до дна вскрытого профиля, заполненная аллювиальным песком. Горизонт влажный, плотный, среднесуглинистый, структура плитчато-пластинчатая (рис. 4); имеется полигональная сетка закрытых трещин, стенки которых обычно покрыты гумусово-глинистыми кутанами или в трещине обнаруживается засыпанный материал гумусового горизонта (рис. 5), бурно вскипает от HCl, горизонт максимального сосредоточения карбонатов, которые распределены неравномерно, образуя диффузные пятна (признак dc), встречаются вертикально ориентированные палевые прожилки из кристалликов гипса, корни травянистых растений, встречаются кротовины (сусликовины), заполненные темным материалом; при подсыхании на стенке разреза появляется белый налет выцветов

легкорастворимых солей; переход постепенный, выражен по цвету, граница волнистая.

Cca,s,q~~ 54–63(77) см – пестро окрашенный, оливково-светло-бурый со светло-серыми и охристо-ржавыми многочисленными пятнами, влажный, плотный, легкосуглинистый аллювий, слоисто-пластинчатый, встречаются единичные корни травянистых растений, бурно вскипает от HCl; переход резкий, выражен по цвету, гранулометрическому составу и плотности, граница языковато-карманная.

2Cca,s~~ 63(77)–91(98) см – светло-серый, увлажненный, рыхлый, бесструктурный, связнопесчаный аллювий, вскипает от HC1; переход резкий выражен по цвету и гранулометрическому составу, граница волнистая.

3Cca,s,q~~ 91(98)–130 см – серия чередующихся тонких легкосуглинистых прослоев темно-серого почти черного цвета с супесчаными мелкозернистыми прослоями светло-бурого цвета аллювия с ржаво-охристыми пятнами, влажный, плотный, бурно вскипает от HCl; переход резкий по цвету и гранулометрическому составу, граница мелко волнистая.

4Cca,s~~⊥ 130–145 см – слоистый супесчаный аллювий с ржаво-охристыми псевдофибрами, влажный, плотный, бесструктурный, бурно вскипает от HCl, с глубины 145 см мерзлота.

**Рис. 3**. Фотографии гор. AUca,s, cs,th: вертикальный срез (а), объемный блок (б), белые прожилки – мучнистый гипс.

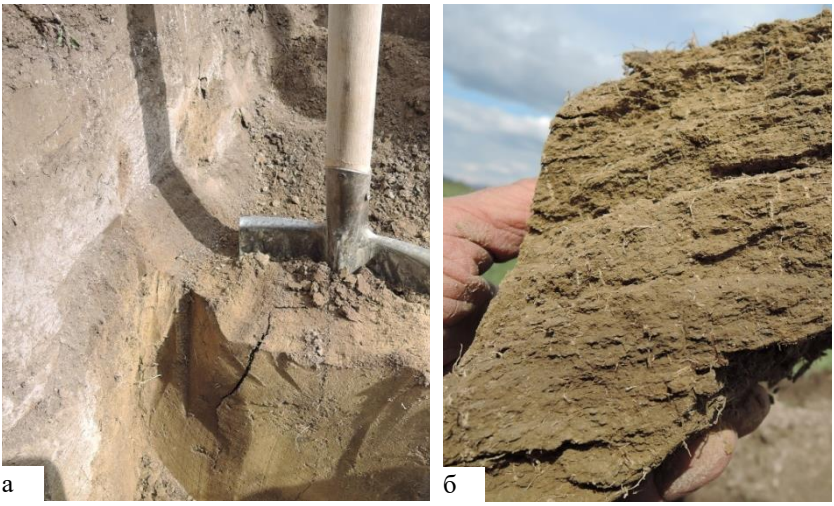


**Рис. 4.** Фотографии гор. Qca,dc,@,s,cs,th: внедрение лопаты привело к раскрытию естественной трещины с кутанами на гранях блоков (а); белесый налет на боковой стенке – это выцветы легкорастворимых солей, возникшие при высыхании поверхности стенки; плитчато-пластинчатая структура горизонта (б).

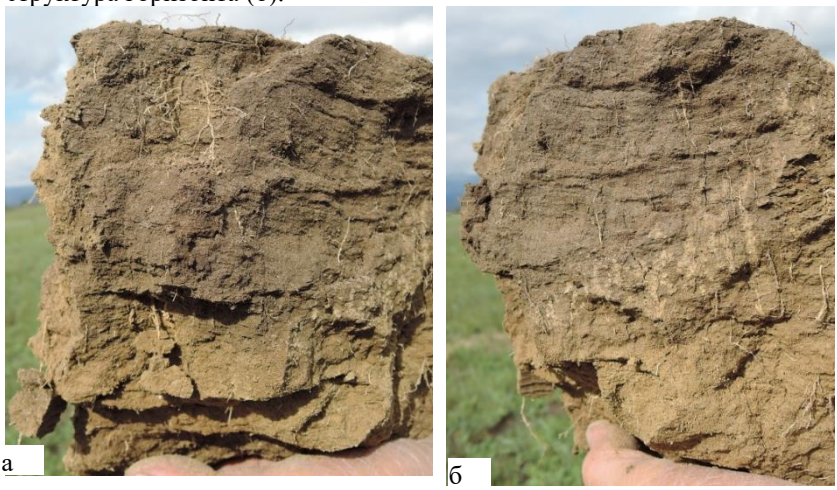


**Рис. 5**. Фотографии гор. Qca,dc,@,s,cs,th: фон оливково-бурый; грани блоков покрыты серыми кутанами (а); сохранившийся фрагмент засыпки гумусированного материала (б); светлые вертикально ориентированные скопления кристалликов гипса.

Название почвы: по К-1977 – луговая карбонатная солончаковая сильнозасоленная солонцеватая мерзлотная легкосуглинистая на слоистом супесчано-суглинистом аллювии; по РК-2004(8) – темногумусовая квазиглеевая солонцеватая криотурбированная карбонатная дисперсно-карбонатная сильнозасоленная солончаковая гидрокарбонатно-сульфатная натриевая гипссодержащая глубоко мерзлотная легкосуглинисто-супесчаная на слоистых аллювиальных отложениях; по WRB-2015 – Salic Mollic Reductaquic Turbic Cryosol (Eutric, Loamic, Calcaric, Fluvic, Sodic).

Таким образом, на основе морфологического анализа почвенного профиля следует, что формирование почвы происходило в условиях близкого залегания многолетнемерзлых пород аллювиального происхождения, которые, являясь абсолютным водоупором, способствовали переувлажнению и развитию восстановительных процессов в весенне-летний период оттаивания верхней части профиля с образованием квазиглеевого горизонта. Произрастание луговой травянистой растительности с хорошо развитыми корневыми системами привело к формированию темногумусового горизонта буровато-серого цвета с непрочной комковатой структурой мощностью 20–25 см. Ежегодное промерзание и оттаивание верхней части профиля в условиях переувлажнения является причиной, во-первых, образования плитчато-пластинчатого строения минеральной почвенной массы верхних горизонтов, во-вторых, проявления вихревого и волнистого рисунка перемешивания средней части почвенного профиля и волнистой или карманистой нижней границы гумусового горизонта в результате криотурбации, в-третьих, образования полигональной сети вертикальных морозобойных трещин, в наиболее широкие из которых засыпается материал гумусового горизонта, а по стенкам более узких трещин формируются натечные гумусово-глинистые пленки (кутаны) в гор. AU и Q. Обратим внимание, что о встречаемости гумусово-глинистых кутан в почвах Баргузинской котловины сведений нет. Их наличие в исследуемом почвенном профиле свидетельствует о вертикальной миграции илистых частиц, что может рассматриваться как проявление солонцового процесса в слабой форме. Весь профиль содержит карбонаты кальция, благодаря их наличию в продуктах выветривания известково-щелочных гранитов горного обрамления долины р. Баргузин. Сравнительно близкое расположение области разгрузки

Кучигерских подземных гидротермальных источников в условиях вечной мерзлоты и гидрологической сети, направленной по уклону от родников в сторону исследуемого разреза, очевидно, является причиной наличия легкорастворимых солей и гипса в разр. ТЛК-12-11. Содержание солей обсудим ниже, а здесь обратим внимание на морфологическое их проявление, о котором в научных публикациях о почвах Баргузинской котловины информация отсутствует. В ряде публикаций обычно обращают внимание на формирование солевых корок на поверхности солончаков (Почвы ..., 1983; Убугунов и др., 2016; Черноусенко и др., 2017). В исследуемой почве (разр. ТЛК-12-11) солевая корка на поверхности отсутствовала. В гумусовом гор. AUca,s,cs,th наблюдается густая сетка белесых прожилок мучнистого гипса (рис. 3). Более редкие вертикально ориентированные палевые прожилки, состоящие из мелких кристалликов гипса, встречаются в нижней трети гор. Qca,dc,@,s,cs,th (рис. 5). Наличие легкорастворимых солей в только что вскрытом разрезе морфологически не заметно. Вместе с тем за счет высокой атмосферной сухости воздуха и сильного ветра стенка разреза быстро высыхает, и на ней начинает формироваться белый налет выцветов солей, усиливающийся по мере поступления из стенки почвы солевых растворов к фронту испарения.

**В гранулометрическом составе** почвы преобладают фракции крупной пыли и мелкого песка, на долю которых по профилю приходится суммарно от 53 до 83% от общего количества фракций (табл. 1). Верхние горизонты до глубины 54 см имеют очень близкий состав со слабой сортировкой, что обусловлено, наиболее вероятно, процессами криогенного перемешивания материала почвенных горизонтов (рис. 6). Ненарушенная часть слоистых аллювиальных отложений отличается резким изменением соотношения фракций песка и пыли. Распределение ила имеет максимум на глубине 20–54 см. При слоистости аллювия, являющегося почвообразующей породой, он частично может быть литологически обусловленным. Вместе с тем, наличие гумусово-глинистых кутан в гор. Qca,dc,@,s,cs,th позволяет допустить усиление максимума фракции <1 мкм за счет иллювиирования (вмывания) ила в этот горизонт.

**Физико-химические свойства**. Почва имеет слабощелочную реакцию среды, диапазон варьирования значений pH по профилю от 7.7 до 8.5 с пиком в слоистом аллювии (табл. 2). Карбонаты

**Таблица 1.** Гранулометрический состав разр. ТЛК-12-11

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракций (мм), % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1–0.25 | 0.25–0.05 | 0.05–0.01 | 0.01–0.005 | 0.005–0.001 | <0.001 | <0.01 |
| AUca,s,cs,th | 0–20(32) | 9 | 27 | 38 | 7 | 11 | 8 | 26 |
| Qca,dc,@,s,cs,th | 20(32)–54 | 9 | 23 | 33 | 7 | 11 | 17 | 35 |
| Cca,s,q~~ | 54–63(77) | 2 | 42 | 36 | 6 | 6 | 9 | 21 |
| 2Cca,s,q~~ | 63(77)–91(98) | 33 | 44 | 14 | 1 | 2 | 7 | 10 |
| 3Cca,s,q~~ | 91(98)–130 | 0 | 38 | 40 | 7 | 7 | 9 | 23 |
| 4Cca,s~~⊥ | 130–145 | 3 | 66 | 17 | 3 | 3 | 8 | 14 |

**Таблица 2**. Физико-химические свойства темногумусовой квазиглеевой солонцеватой солончаковой криотурбированной глубокомерзлотной почвы (разр. ТЛК-12-11)

| Горизонт | Глубина, см | $pH_{H_2O}$ | $CaCO_3$ | Гумус | ЕКО*, смоль(экв)/кг |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | % | | |
| AUca,s,cs,th | 0–20(32) | 7.7 | 3.0 | 5.04 | 24.0 |
| Qca,dc,@,s,cs,th | 20(32)–54 | 7.8 | 14.5 | 1.62 | 17.1 |
| Cca,s,q~~ | 54–63(77) | 8.1 | 8.3 | 0.62 | 15.8 |
| 2Cca,s,q~~ | 63(77)–91(98) | 7.7 | 7.0 | 0.11 | 11.4 |
| 3Cca,s,q~~ | 91(98)–130 | 8.5 | 8.1 | 0.42 | 10.2 |
| 4Cca,s~~⊥ | 130–145 | 8.1 | 8.5 | 0.39 | 6.3 |

* ЕКО – емкость катионного обмена.

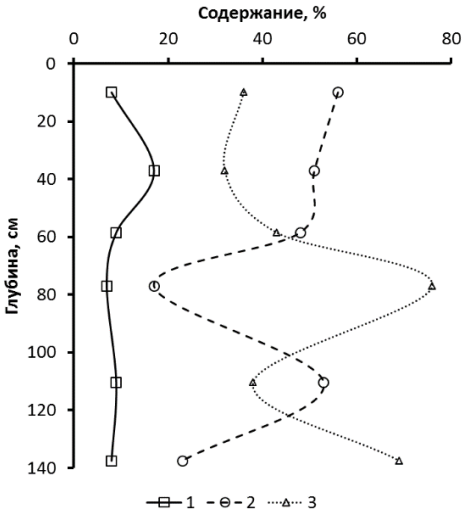


**Рис. 6**. Профильное распределение трех фракций гранулометрического состава: 1 – ил (<1 мкм), 2 – пыль (1–50 мкм), 3 – песок (50–1000 мкм).

($CaCO_3$) присутствуют с поверхности, максимум их приурочен к квазиглеевому горизонту (14.5%), а ниже их содержание стабилизируется на уровне 7.0–8.5%. Приуроченность максимума карбонатов к глубине 20–50 см в сочетании с морфологической формой их проявления в виде диффузных пятен (признак dc) позволяет предполагать их гидрогенную аккумуляцию из надмерзлотной верховодки. При этом в поверхностном гор. AUca,s,cs,th карбонаты кальция, содержавшиеся в почвообразующем материале аллювия, постепенно растворяются и выщелачиваются вниз по профилю под влиянием повышенного выделения углекислого газа в почвенный воздух при дыхании корней и микроорганизмов и поступления талых вод и атмосферных осадков.

Исследуемая почва является засоленной с поверхности, иными словами, относится к роду солончаковых, для которых верхняя граница первого солевого горизонта расположена на глубине от 0 до 30 см (рис. 7). Профильное распределение легкорастворимых солей имеет срединно-аккумулятивный тип с максимумом 1% токсичных солей на глубине 20–54 см в гор. Qca,dc,@,s,cs,th. Такой тип распределения солей свидетельствует о гидрогенном их накоплении из надмерзлотной верховодки с периодической небольшой промывкой с поверхности дождевыми и талыми водами.

Степень и химизм засоления меняется по профилю. Поверхностный горизонт (0–20 см) имеет среднее сульфатное магниевое засоление с гипсом, квазиглеевый гор. Q (20–54 см) – очень сильное гидрокарбонатно-сульфатное натриевое с гипсом, гор. Cca,s,q$^{\sim\sim}$ (54–63 см) – слабое хлоридно-гидрокарбонатное натриевое засоление, глубже в слоистом аллювии сульфатное натриевое засоление с гипсом постепенно уменьшается от сильной степени до слабой. Содержание хлоридов низкое по всему профилю, как правило, не превышающее 0.3 смоль(экв)/кг, исключая гор. Cca,s,q$^{\sim\sim}$ (54–63 см), в котором оно увеличивается до 1.25 смоль(экв)/кг.

В составе водной вытяжки 1 : 5 около половины сульфатов обусловлено растворением гипса, остальная часть сульфатов гипотетически связана с магнием и натрием. Высокое содержание кальция в водной вытяжке 1 : 5 связано с растворением карбонатов и гипса в процессе анализа, поэтому он исключается из расчета токсичных солей, препятствующих росту и развитию растений. Вместе с тем характер изменения соотношения катионов в водной вытяжке

по профилю почвы дает дополнительную информацию для утверждения о восходящем движении солей. В нижних горизонтах слоистого аллювия доминируют сульфаты натрия. Вверх по профилю увеличивается доля кальция в водной вытяжке в связи с увеличением содержания гипса в почве, наблюдаемого даже морфологически. Этот гипс является вторичным, образовавшимся в исходно незасоленной почве по мере поступления в нее сульфатно-натриевых растворов, вытеснения обменного кальция натрием и последующего осаждения сульфата кальция в виде гипса.

Помимо обменного кальция, натрий вытесняет и обменный магний по мере движения растворов вверх по профилю. Поэтому в верхней части почвы в составе водной вытяжки дополнительно появляются сульфаты магния, имеющие высокую растворимость.

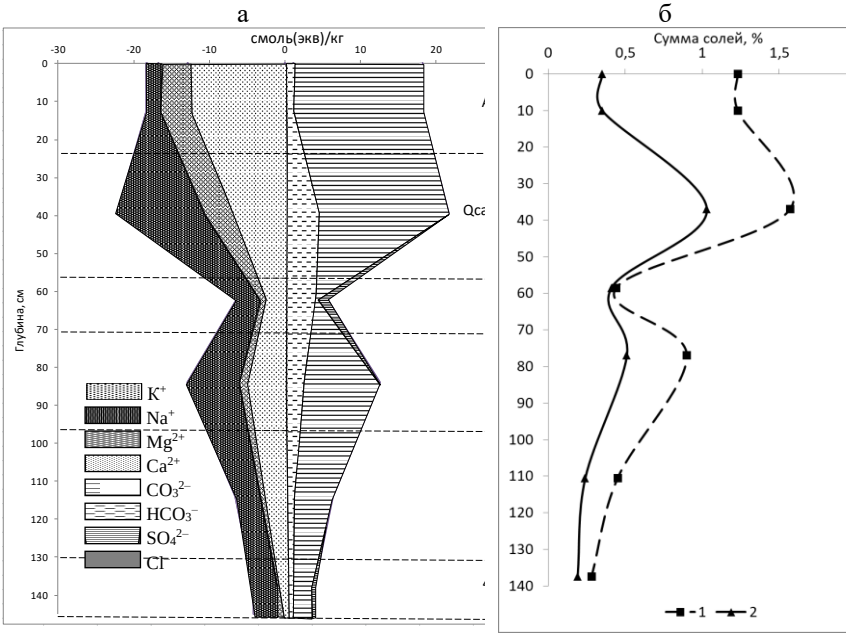


**Рис. 7.** Профильное распределение легкорастворимых солей по данным водной вытяжки: а – солевой график, б – сумма солей: общая (1) и токсичных (2).

Особо выделяется гор. Cca,s,q~~ (54–63 см), в котором отмечается хлоридно-гидрокарбонатный натриевый тип химизма, свидетельствующий о проявлении щелочных условий.

Наиболее вероятным источником легкорастворимых солей в исследуемом разрезе являются подземные щелочные слабоминерализованные термальные воды Кучигерских родников (Плюснин и др., 2013; Шварцев и др., 2015), расположенных в 4–5 км выше по течению имеющихся водотоков. Хотя для определения реальных путей миграции солей в ландшафте необходимы специальные исследования.

**Минералогический состав илистой фракции (<1 мкм)** аллювиальных отложений, являющихся почвообразующим материалом, представлен ди- и триоктаэдрическими гидрослюдами (48–60%), упорядоченными и неупорядоченными смешанослойными слюда-смектитовыми и хлорит-вермикулитовыми образованиями (25–36%), хлоритом (6–9%) и каолинитом (5–8%) (табл. 3, рис. 8). Именно в илистой фракции ненарушенной части аллювия глубже 54 см обнаружено небольшое количество ректорита – упорядоченного смешанослойного слюда-смектитового образования.

**Таблица 3.** Минералогический состав фракции менее 1 мкм (разр. ТЛК-12-11)

| Горизонт | Глубина, см | Ил, % | $\frac{I_{1.0нм}}{I_{0.5нм}}$ | Содержание минералов во фракции, % | | | | % от почвы | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | СМ | ГС | Х | КЛ | СМ | ГС | Х | КЛ |
| AUca,s,cs | 0–20(32) | 8 | 4.1 | 21* | 66 | 7 | 6 | 1.6 | 5.3 | 0.6 | 0.5 |
| Qca,dc,@,s, cs, th | 20(32)–54 | 17 | 2.5 | 45 | 40 | 8 | 7 | 7.6 | 6.7 | 1.4 | 1.3 |
| Cca,s,q~~ | 54–63(77) | 9 | 2.3 | 36 | 48 | 9 | 7 | 3.3 | 4.3 | 0.8 | 0.6 |
| 2Cca,s,q~~ | 63(77)–91(98) | 7 | 2.6 | 25 | 58 | 9 | 7 | 1.8 | 4.1 | 0.6 | 0.5 |
| 3Cca,s,q~~ | 91(98)–130 | 9 | 2.6 | 29 | 56 | 8 | 8 | 2.6 | 5.0 | 0.7 | 0.7 |
| 4Cca,s~~⊥ | 130–145 | 8 | 6.4 | 29 | 60 | 6 | 5 | 2.3 | 4.8 | 0.5 | 0.4 |

*Хлорит-вермикулитовое неупорядоченное смешанослойное образование.
Примечание. СМ – смешанослойные образования; ГС – гидрослюда; Х – хлорит; КЛ – каолинит.

Несмотря на то, что аллювий имеет ярко выраженную слоистость по гранулометрическому составу, в частности по соотношению пылеватой и песчаной фракций, минералогический состав его илистой фракции сравнительно однородный. Только в самом нижнем слое (130–145 см) наблюдается преобладание гидрослюд триоктаэдрического типа. В этом слое соотношение $I_{1.0нм}/ I_{0.5нм}$ равно 6.4, тогда как вышележащие слои аллювия содержат гидрослюды с соотношением $I_{1.0нм}/ I_{0.5нм}$ 2.3–2.6, что соответствует смеси ди- и триоктаэдрических типов.

Учитывая, что ректорит является продуктом трансформации полевых шпатов, он довольно редко встречается в осадочных породах и почвах, поскольку легко подвержен процессам физического истирания и химического выветривания. Обнаружение небольшого количества ректорита в аллювиальных отложениях исследуемого разреза позволяет предположить, что обломочный материал, послуживший источником для аллювия, находится сравнительно близко в бассейне р. Улюгна на склонах Баргузинского хребта.

Минералогический состав горизонтов на глубине от 0 до 54 см заметно преобразован почвенными процессами: перемешиванием материала за счет криотурбации, химическим воздействием легкорастворимых солей щелочного состава и слабо выраженным солонцовым процессом.

В поверхностных горизонтах фоновая слоистость аллювиальных отложений ликвидирована за счет процессов криотурбации, а по наличию гумусовых глинистых кутан, обнаруженных морфологически, и максимуму содержания илистой фракции в горизонте Qca,dc,@,s,cs,th можно предположить, что формирование элювиально-иллювиального распределения ила хотя бы частично связано с проявлением солонцового процесса.

Поверхностный темногумусовый горизонт отличается наибольшим количеством гидрослюд (66%) и наименьшим количеством неупорядоченных хлорит-вермикулитовых образований. Структурное состояние минералов, фиксируемое по интенсивности рефлексов и их асимметрии, свидетельствует о существенном изменении кристаллической решетки этих минералов под действием солонцового процесса. Последнее подтверждается наличием рентгеноаморфных веществ, которые создают фон на рентгендифрактограммах в пределах от 18° до 31° 2θ. В этом горизонте полностью

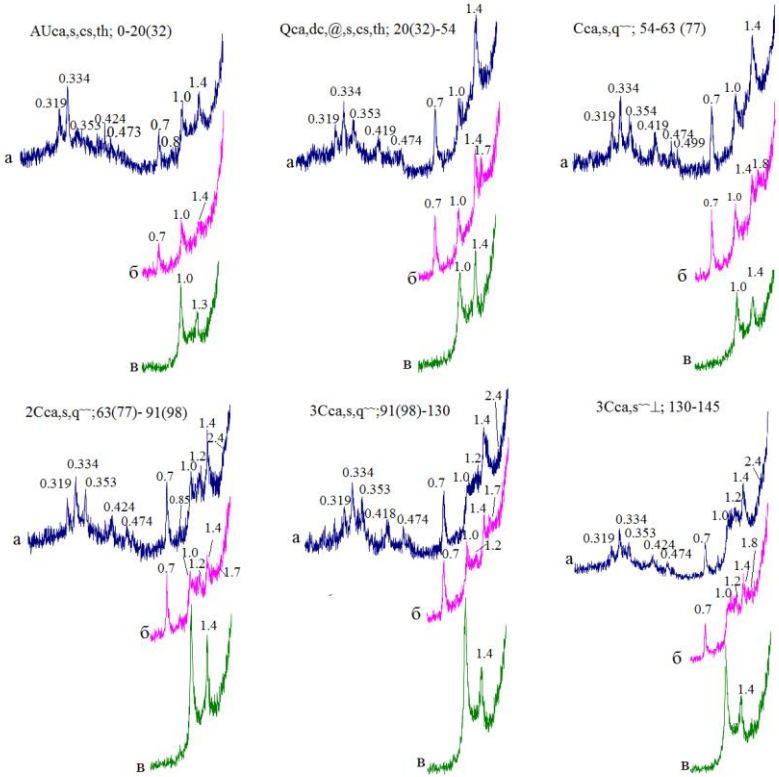


**Рис. 8.** Рентгендифрактограммы фракций <1 мкм, выделенных из темногумусовой квазиглеевой солонцеватой солончаковой криотурбированной мерзлотной легкосуглинисто-супесчаной почвы на слоистых аллювиальных отложениях (разр. ТЛК-12-11). Межплоскостные расстояния в нм; а – воздушно-сухое состояние образца, б – после сольватации этиленгликолем, в – после прокаливания при 550°С в течение 2 ч.

отсутствуют ректорит и неупорядоченное слюда-смектитовое смешанослойное образование. Таким образом, темногумусовый горизонт может рассматриваться в качестве элювиального без морфологических признаков проявления.

Гор. Qca,dc,@,s,cs,th (20–54 см) характеризуется максимумом содержания фракции <1 мкм (17%), самым высоким содержанием неупорядоченных смешанослойных образований нескольких типов

(45%), и наименьшим содержанием гидрослюд (40%) в составе ила. Среди смешанослойных образований значительную долю составляют слюда-смектиты, и в меньшей степени – хлорит-вермикулиты. Ректорит в этом горизонте также отсутствует.

На основании распределения ила и его минералогического состава сочетание почвенных горизонтов AUca,s,cs,th и Qca,dc,@,s,cs,th в профиле допустимо рассматривать как элювиально-иллювиальную систему, дифференцированную по солонцовому типу. Среди морфологических признаков такую дифференциацию подтверждает только наличие гумусово-глинистых кутан, что свидетельствует о слабовыраженной форме солонцового процесса за счет активной гидрогенной аккумуляции солей и карбонатов.

Обратим внимание еще раз, что в этих горизонтах отсутствует ректорит. Это свидетельствует о его разрушении в почвенных горизонтах исследуемого профиля. В горизонтах присутствуют неупорядоченные хлорит-вермикулитовые и слюда-смектитовые смешанослойные образования.

Хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования, как более жесткие структуры, наблюдаются и в элювиальной, и в иллювиальной частях. Причем в элювиальном гор. AUca,s,cs,th это единственные сохраняющиеся смешанослойные образования, все остальные разрушены, и перемещены вниз по профилю. Среди последних заметную долю составляют слюда-смектитовые смешанослойные образования. Их максимум отмечается только в гор. Qca,dc,@,s,cs,th, что позволяет заключить о заметной миграции (иллювиирования) этих минералов из вышележащего горизонта.

Основными компонентами являются гидрослюды биотитового типа, хлорит и сильно неупорядоченное слюда-смектитовое образование, т.е. солонцовый процесс привел к изменению структурной организации чередования пакетов, превратив ректорит (упорядоченное смешанослойное образование) в неупорядоченное смешанослойное образование слюда-смектитового типа с различной сегрегацией пакетов слюдистого и смектитового типа. Именно в таком состоянии минерал мигрирует из элювиальной части с формированием иллювиального горизонта.

**Минералогический состав фракции тонкой пыли (1–5 мкм)**, выделенной из темногумусовой квазиглеевой солонцеватой солончаковой криотурбированной почвы, представлен следующими минералами: плагиоклазами, калиевыми полевыми шпатами,

слюдами ди- и триоктаэдрического типа, кварцем, каолинитом, хлоритом и амфиболами (табл. 4, рис. 9).

В слоистой ненарушенной части аллювиальных отложений глубже 54 см в тонкой пыли преобладают (33–44%) триоктаэдрические слюды (биотит) с отношением $I_{1.0нм}/ I_{0.5нм}$ от 4.4 до 8.6. Плагиоклазы (12–15%), калиевые полевые шпаты (11–17%) и каолинит (11–14%) встречаются приблизительно в равном количестве. Чуть меньше содержание кварца (6–10%) и хлорита (8–12%). Присутствие амфиболов (роговой обманки) небольшое – 2–6%.

Источником отмеченных минералов являются биотитовые и амфибол-биотитовые граниты и гранитоиды главной фазы формирования Ангаро-Витимского батолита (Маркина, 2004). Сравнительно высокая доля биотита, очевидно, связана с частичной дезинтеграцией его частиц более крупного размера в процессе переноса водным потоком.

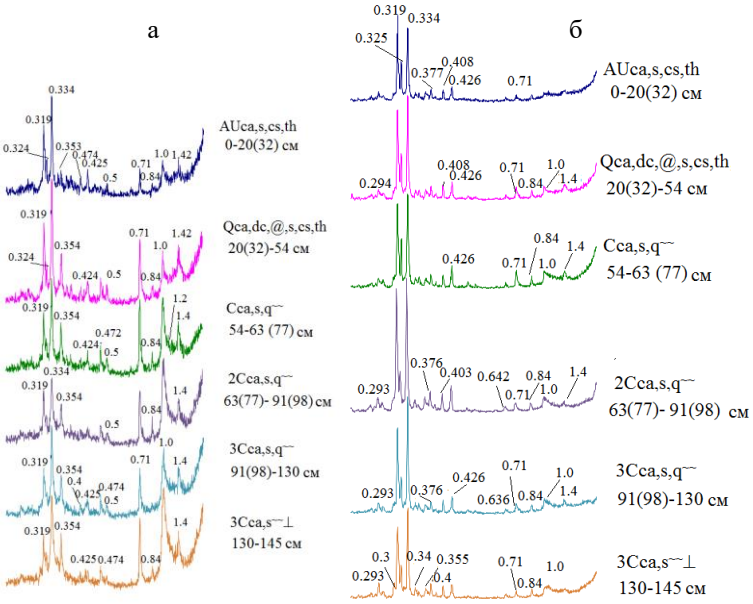


**Рис. 9.** Рентгендифрактограммы фракций 1–5 мкм (а) и >5 мкм (б), выделенных из темногумусовой квазиглеевой солонцеватой солончаковой криотурбированной мерзлотной легкосуглинисто-супесчаной почвы на слоистых аллювиальных отложениях (разр. ТЛК-12-11). Межплоскостные расстояния в нм.

**Таблица 4**. Содержание минералов фракции 1–5 мкм (разр. ТЛК-12-11)

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракции, % | $\frac{I_{1.0нм}}{I_{0.5нм}}$ | Содержание минералов во фракции, % | | | | | | | % от почвы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | КВ | П | КПШ | АМ | Сл | Х | КЛ | КВ | П | КПШ | АМ | Сл | Х | КЛ |
| AUca,s,cs,th | 0–20 | 11 | 2.6 | 13 | 25 | 24 | 3 | 22 | 5 | 7 | 1.4 | 2.8 | 2.7 | 0.4 | 2.5 | 0.6 | 0.8 |
| Qca,dc,@,s,cs,th | 20–54 | 11 | 2.6 | 11 | 19 | 22 | 3 | 24 | 10 | 12 | 1.2 | 2.1 | 2.4 | 0.3 | 2.6 | 1.1 | 1.3 |
| Cca,s,q~~ | 54–63 | 6 | 4.4 | 8 | 14 | 14 | 4 | 36 | 10 | 14 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 0.2 | 2.1 | 0.6 | 0.8 |
| 2Cca,s,q~~ | 63–91 | 2 | 6.1 | 6 | 14 | 11 | 6 | 44 | 8 | 11 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.9 | 0.2 | 0.2 |
| 3Cca,s,q~~ | 91–130 | 7 | 4.3 | 10 | 15 | 17 | 2 | 33 | 12 | 12 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 0.2 | 2.3 | 0.8 | 0.8 |
| 4Cca,s~~⊥ | 130–145 | 3 | 8.6 | 8 | 12 | 12 | 3 | 43 | 8 | 13 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 1.3 | 0.2 | 0.4 |

Примечание: КВ – кварц; П – плагиоклазы; КПШ – калиевые полевые шпаты; АМ – амфиболы; Сл – слюды; Х – хлорит; КЛ – каолинит.

**Таблица 5**. Содержание минералов фракции >5 мкм (разр. ТЛК-12-11).

| Горизонт | Глубина, см | Содержание фракции, % | $\frac{I_{1.0нм}}{I_{0.5нм}}$ | Содержание минералов во фракции, % | | | | | | | % от почвы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | КВ | П | КПШ | АМ | Сл | Х | КЛ | КВ | П | КПШ | АМ | Сл | Х | КЛ |
| AUca,s,cs,th | 0–20 | 81 | 2.6 | 13 | 44 | 29 | 2 | 7 | 2 | 2 | 10.8 | 35.6 | 23.1 | 1.8 | 5.8 | 1.9 | 1.9 |
| Qca,dc,@,s,cs,th | 20–54 | 72 | 3.5 | 15 | 35 | 32 | 3 | 9 | 3 | 4 | 10.5 | 25.3 | 23.0 | 1.9 | 6.4 | 2.0 | 2.7 |
| Cca,s,q~~ | 54–63 | 86 | 4.2 | 13 | 33 | 29 | 3 | 13 | 4 | 6 | 11.1 | 28.0 | 24.5 | 2.9 | 11.0 | 3.7 | 4.8 |
| 2Cca,s,q~~ | 63–91 | 92 | 5.9 | 17 | 45 | 22 | 2 | 10 | 1 | 3 | 15.9 | 41.1 | 20.3 | 2.2 | 9.3 | 0.6 | 2.5 |
| 3Cca,s,q~~ | 91–130 | 85 | 4.1 | 17 | 34 | 29 | 3 | 11 | 3 | 4 | 14.1 | 28.9 | 24.8 | 2.4 | 9.3 | 2.1 | 3.3 |
| 4Cca,s~~⊥ | 130–145 | 89 | 4.8 | 15 | 32 | 37 | 4 | 8 | 3 | 2 | 13.0 | 28.7 | 32.8 | 3.1 | 7.0 | 2.2 | 2.0 |

Примечание. КВ – кварц; П – плагиоклазы; КПШ – калиевые полевые шпаты; АМ – амфиболы; Сл – слюды; Х – хлорит; КЛ – каолинит.

В почвенных горизонтах на глубине от 0 до 54 см доля слюд уменьшается в 1.5 раза, составляя 22–24%. Причем отношение $I_{1.0нм}/I_{0.5нм}$ также уменьшается до 2.6, что означает присутствие мусковита и биотита приблизительно в равной пропорции. Это может быть связано с разрушением более легко выветривающегося биотита в условиях воздействия солей и криотурбации. В поверхностном элювиированном гор. AUca,s,cs,th почти в 2 раза уменьшается доля и других слоистых силикатов: хлорита и каолинита. В результате в гор. AUca,s,cs,th и Qca,dc,@,s,cs,th отмечается относительное увеличение доли плагиоклазов, калиевых полевых шпатов и кварца.

**Минералогический состав фракции >5 мкм** аналогичен составу тонкой пыли, отличается соотношением минералов, распределение которых по профилю можно считать сравнительно равномерным (табл. 5). Во фракции >5 мкм явно доминируют плагиоклазы (32–45%) и калиевые полевые шпаты (22–37%), в меньшем количестве представлен кварц (13–17%) и слюды (преимущественно биотит – 7–13%). Содержание хлорита, каолинита и амфиболов составляет по 1–4% каждого. Полученное соотношение минералов хорошо согласуется с минералогическим составом биотитовых гранитов Ангаро-Витимского батолита (Маркина, 2004).

**Сравнение результатов влияния солонцового процесса в исследуемом разрезе с данными по солонцам других регионов.** Исследованная почва является солончаковой сильнозасоленной с выраженным гидрогенным характером накопления гипса в виде сетки белых прожилок в поверхностных горизонтах и максимумом содержания легкорастворимых солей и карбонатов кальция на глубине 20–50 см. По морфологическим признакам отчетливо выделяется темногумусовый гор. AU и квазиглеевый гор. Q с признаками перемещения материала криотурбацией и полигональной морозобойной трещиноватостью с засыпкой гумусового материала и тонкими гумусово-глинистыми кутанами на стенках. Последние в сочетании с щелочной реакцией среды и элювиально-иллювиальным распределением ила позволяют идентифицировать почву как солонцеватую. По совокупности этих признаков исследуемая почва больше похожа на засоленные мерзлотные почвы Якутии, описанные Л.Г. Еловской (1987). От солонцеватых почв Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности она

отличается комплексом признаков, связанных с мерзлотными явлениями. К солонцам она не может быть отнесена из-за отсутствия морфологически выраженных гор. SEL и BSN (Полевой определитель…, 2008).

Минералогический состав, с одной стороны, позволяет обратить внимание на региональное своеобразие почвообразующего материала, с другой – дает основание для оценки проявления солонцового процесса.

Исследованный разр. ТЛК-12-11 имеет три особенности, обусловленные региональными источниками обломочного материала, отложенного в виде аллювия. Во-первых, в ненарушенной почвообразованием части слоистого аллювия обнаружено небольшое количество ректорита – упорядоченного слюда-смектитового смешанослойного образования. До сих пор информация о присутствии этого минерала в почвах или породах отсутствовала. На территории СССР исследования касались его свойств и структуры в горных породах (Градусов, Чижикова, 1966; Градусов и др., 1967, 1968; Градусов, 1976). Собственно, в почвенных горизонтах исследованной почвы ректорит также не сохранился за счет разупорядочивания его структуры и разрушения под влиянием солевых растворов и криотурбации твердого материала. Во-вторых, в исследованном разрезе характерны неупорядоченные хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования, которые составляют основную часть смешанослойной фазы в темногумусовом горизонте. Это обусловлено наличием заметных количеств биотита в гранитах и гранитоидах Баргузинского хребта (Маркина, 2004; Носков, 2011), в ходе трансформационных преобразований которого образуются подобные структуры (Acker, Bricker, 1992; Соколова и др. 2005; Price, Velbel, 2014). Хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования ранее были обнаружены в элювиальных гор. SEL некоторых солонцов Крыма (Чижикова и др., 2017а, 2017в), Ергеней (Чижикова и др., 2018), в осолоделых горизонтах почв Кулундинской низменности (Чижикова, Хитров, 2016) и в нижних горизонтах почв солонцовых комплексов Приобского плато и Кулундинской низменности (Чижикова, Хитров, 2016). Кроме того, в почвах Заволжской части Прикаспийской низменности (Дементьева, 1975) и на первой террасе Маныча (Кронблюм и др., 1972) в средней части профиля отмечали присутствие вермикулита как продукта трансформации

хлорита. Таким образом, эта региональная особенность имеет отражение в общем характере дифференциации минералогического состава илистой фракции в ходе солонцового процесса. Хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования как относительно более устойчивые к разрушению щелочными растворами по сравнению со слюда-смектитовыми смешанослойными образованиями (Соколова и др., 2005) имеют тенденцию относительного накопления в гор. SEL. В-третьих, пылеватые и песчаные фракции исследованной почвы содержат сравнительно мало кварца на фоне доминирования плагиоклазов и калиевых полевых шпатов. Эта региональная особенность также обусловлена составом высококалиевых известково-щелочных гранитов и гранитоидов Ангаро-Витимского батолита (Цыганков и др. 2010; Носков, 2011). Напротив, пылеватые и песчаные фракции многих почв, включая солонцы, Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности состоят на 40–70% из кварца и на 20–40% из калиевых полевых шпатов (Ярилова, 1953; Чижикова и др., 2017б; Алексеева и др., 2010). Отмеченная региональная особенность почв и пород Баргузинской котловины, очевидно, обуславливает поступление в ландшафты заметных количеств натрия и калия при выветривании минералов (Бородин, 2016).

В исследованной почве вертикальная дифференциация ила и его минералогического состава имеет сходные черты с таковыми в солонцеватых почвах и солонцах других регионов, для которых характерны элювиально-иллювиальное распределение ила, уменьшение содержания смешанослойной фазы и относительное увеличение доли гидрослюд на общем фоне уменьшения содержания ила в элювиальном гор. SEL и иллювиального накопления ила и смешанослойной фазы в солонцовом гор. BSN (Травникова, 1968; Дементьева, 1975; Борзенко и др., 2003; Алексеева и др., 2010; Чижикова, Хитров, 2016). В разр. ТЛК-12-11 наблюдается максимум содержания ила на глубине 20–54 см, который частично может быть связан и с литологической неоднородностью аллювиальных отложений, и с иллювиированием илистых частиц, что подтверждается морфологическим обнаружением глинистых кутан. При этом распределение минералогического состава ила отражает развитие элювиальных процессов в гор. AU и иллювиального накопления в гор. Q. В поверхностном гор. AUca,s,cs отмечается общее снижение

интенсивности рефлексов за счет образования рентгеноаморфных соединений при разрушении минералов, уменьшения содержания смешанослойной фазы, в составе которой остались наиболее устойчивые хлорит-вермикулитовые структуры, а слюда-смектитовые практически полностью разрушены или вынесены вниз по профилю, а также относительное накопление гидрослюд с возможным их пополнением продуктами дезинтеграции биотита из пылеватых фракций. В гор. Q максимум ила сопряжен с максимальной долей неупорядоченных слюда-смектитовых образований. На этом основании можно заключить, что в формировании исследованной почвы внес свой вклад солонцовый процесс в слабой форме его выраженности.

## ВЫВОДЫ

1. В илистой фракции ненарушенных слоев аллювия в северо-восточной части Баргузинской котловины на глубине 54–145 см обнаружено небольшое количество ректорита. В почвенных горизонтах на глубине 0–54 см, сформированных из этого аллювия, упорядоченная структура ректорита из слюдистых (A) и смектитовых (B) пакетов с мотивом чередования ABAB… преобразована в неупорядоченную структуру слюда-смектитовых смешанослойных образований под влиянием легкорастворимых солей натрия и криотурбации почвенного материала.

2. Региональной особенностью исследованной темногумусовой квазиглеевой солонцеватой солончаковой криотурбированной мерзлотной легкосуглинисто-супесчаной почвы на аллювиальных отложениях в Баргузинской котловине является небольшая доля кварца в составе фракций пыли и песка, что обусловлено составом минералов биотитовых и амфибол-биотитовых гранитов и гранитоидов баргузинского комплекса Ангаро-Витимского батолита.

3. Гидрогенная аккумуляция сульфатов и гидрокарбонатов натрия в верхних горизонтах исследованной почвы способствовала разрушению смешанослойных слюда-смектитовых образований с высокой долей (>50%) смектитовых пакетов в гор. AUca,s,cs,th и в условиях поступления атмосферных осадков частичному их иллювиированию в среднюю часть профиля с образованием гумусово-глинистых кутан на боковых гранях агрегатов, отражая слабую степень проявления солонцового процесса.

4. Диагностика горизонтов в соответствии с “Полевым определителем почв России” (2008) в сочетании с аналитической информацией о свойствах и минералогическом составе разных гранулометрических фракций позволяют сформулировать представления о генезисе изученной почвы. Верхние горизонты карбонатных супесчано-суглинистых аллювиальных отложений в условиях близкого залегания многолетней мерзлоты подвергаются перемешиванию в результате криотурбации. В них длительное время действуют восстановительные процессы, формируя квазиглеевый горизонт. Разнотравно-леймусовая остепненная луговая растительность способствовала образованию темногумусового горизонта. Боковой приток солей над многолетнемерзлым экраном в условиях промерзания–оттаивания, частичного промывания осадками и расхода воды на транспирацию и испарение в сухое и жаркое лето привел к гидрогенной аккумуляции легкорастворимых солей, гипса и карбонатов в поверхностных горизонтах, которая, в свою очередь, спровоцировала разрушение минералов и элювиально-иллювиальное строение профиля.

**Благодарность.** Работа выполнена при поддержке РФФИ проекты № 15-04-08528, 18-04-00454 и РНФ (грант №14-38-00023).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Демкин В.Д., Алексеева В.А., Соколовска З., Хайнс М., Калинин П.И.* Физико-химические и минералогические признаки солонцового процесса в почвах нижнего Поволжья в позднем голоцене // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1171–1189.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1961. 491 с.
3. *Борзенко С.Г., Дронова Т.Я., Колесников А.В., Соколова Т.А., Толпешта И.И., Сиземская М.Л.* Химико-минералогическая характеристика солончакового солонца и лугово-каштановой почвы // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2003. № 3. С. 3–8.
4. *Бородин Л.С.* Граниты Ангаро-Витимского батолита: модельный петрохимический и генетический анализ // Литология. 2006. №4. С. 40–56
5. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
6. Геологический словарь: в двух томах. Том 2. Н-Я. Паффенгольц К.Н. (отв. ред). М.: Недра, 1978. 456 с.

7. *Горбунов Н.И.* Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5–15.
8. *Градусов Б.П.* Минералы со смешанослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976. 128 с.
9. *Градусов Б.П., Капитонов М.Д., Чижикова Н.П.* Исследования лабильного компонента ректорита из Кули-Колона, насыщенного межслоевыми катионами // Записки Всесоюзного минералогического общества. Сер. II, Ч. 96. М.–Л., 1967. С. 728–732.
10. *Градусов Б.П., Чижикова Н.П.* Межслоевые катионы в ректорите из Кули-Колон (Таджикистан) // Рентгенография минерального сырья. М.–Л.: Наука, 1966. № 7.
11. *Градусов Б.П., Чижикова Н.П., Травникова Л.С.* О природе межслоевых промежутков в ректорите из Дагестана // Доклады Академии наук СССР, 1968. Т. 180. № 2. С. 446–448.
12. *Дементьева Т.Г.* Химико-минералогические особенности почв солонцового комплекса пустынно-степного Заволжья // Почвоведение. 1975. № 4. С. 98–112.
13. *Еловская Л.Г.* Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1987. 171 с.
14. *Жамбалова А.Д., Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г.* Морфологические и агрохимические особенности засоленных почв северной окраины Центрально-Азиатской зоны // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2017. № 1(46). С. 6–13.
15. *Замана Л.В.* Мерзлотно-гидрогеологические и мелиоративные условия Баргузинской впадины. Новосибирск: Наука, Сибирское отд-е, 1988. 134 с.
16. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
17. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос,1977. 223 с.
18. *Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Т.* Изменение глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца // Почвоведение. 1972. № 1. С. 67-85.
19. *Костов И.* Минералогия. М.: Мир, 1971. 584 с.
20. *Маркина Н.А.* К проблеме происхождения Ангаро-Витимского батолита (опыт сравнительного анализа Витимканского и Заганского комплексов) // Вестник Воронежского ун-та. Геология. 2014. № 1. С. 93-103.
21. *Носков Д.А.* Геохимические особенности и условия образования Ангаро-Витимского батолита (Восточное Прибайкалье). Дис. … канд. геол.-минер. наук. Иркутск, 2011. 204 с.
22. *Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К.* Гидрогеохимические особенности состава азотных тем Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 54. С. 647–664.

23. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
24. Почвы Баргузинской котловины. Новосибирск: Наука, 1983. 269 с.
25. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / Под ред. Брауна Г. М.: Мир, 1965. 599 с.
26. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов / Под ред. Франк-Каменецкого В.А. Л.: Недра, Ленинградское отд., 1975.
27. *Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И.* Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К, 2005. 336 с.
28. *Травникова Л.С.* Минералогический состав фракции <1 μ некоторых солонцов черноземной и каштановой зон // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1968. Вып. 2. С. 52–60.
29. *Убугунов В. Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г.* Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 212 с.
30. *Хитров Н.Б., Любимова И.Н.* Глава 11. Теоретические и методические основы предотвращения вторичного осолонцевания почв // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т.1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Коллективная монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2013. С. 465–516.
31. *Черноусенко Г.И., Панкова Е.И., Калинина Н.В., Убугунова В.И., Рухович Д.И., Убугунов В.Л., Цыремпилов Э.Г.* Засоленные почвы Баргузинской котловины // Почвоведение. 2017. № 6. С. 1-20. doi: 10.7868/S0032180X1706003X
32. *Чижикова Н.П., Градусов Б.П., Травникова Л.С.* Особенности профилей глинистого материала почв Барабинской лесостепи в связи с их эволюцией // Научные доклады высшей школы. Сер. биол. науки. 1973. № 8. С. 99–106.
33. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б.* Разнообразие глинистых минералов почв солонцовых комплексов юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1506–1520. doi: 10.7868/S0032180X16120054
34. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Варламов Е.Б., Чурилин Н.А.* Профильное распределение минералов в солонце Ергеней // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 91. С. 63–84. 10.19047/0136-1694-2018-91-63-84
35. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Варламов Е.Б., Чурилин Н.А.* Распределение минералов по профилю солонца Присивашья // Таврический вестник аграрной науки. 2017а. № 2. 103–116
36. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Самсонова А.А., Варламов Е.Б., Чурилин Н.А., Роговнева Л.В., Чевердин Ю.И.* Минералы трехкомпонентной пятнистости агрочерноземов Каменной Степи // Почвоведение. 2017б. № 4. С. 468–482. doi: 10.7868/S0032180X17020022

37. *Чижикова Н.П., Хитров Н.Б., Тронза Г.Е., Кольцов С.А., Варламов Е.Б., Чечетко Е.С., Чурилин Н.А.* Минералогический состав солонцов Северо-Крымской низменности // Почвоведение. 2017в. № 12. С. 1499–1513. doi: 10.7868/S0032180X17120061
38. *Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М., Рейков М., Лю Д.И., Ларионов А.Н., Пресняков С.Л., Лепехина Е.М., Сергеев С.А.* Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С 1249–1276.
39. *Шварцев С.Л., Замана Л.В., Плюснин А.М., Токаренко О.Г. Р*авновесие азотных терм Байкальской рифтовой зоны с минералами водовмещающих пород как основа для выявления механизмов их формирования // Геохимия. 2015. № 8. С.720-733. doi: 10.7868/S0016752515060084
40. *Ярилова Е.А.* Минералогический состав чернозема Каменной степи и влияние на него искусственного лесонасаждения и травопольных севооборотов // Вопросы травопольной системы земледелия. Т. 2. Итоги работ по изучению изменения почв под воздействием комплекса Докучаева–Костычева–Вильямса. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 205–266.
41. *Ясько В.Г.* Роль современных криогенных процессов в формировании состава подземных вод гидрогеологических массивов Забайкалья / Вопросы гидрогеологии криолитозоны. Якутск, 1975. С. 1133–142.
42. *Acker J.G., Bricker O.P.* The influence of pH on biotite dissolution and alteration kinetics at low temperature // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1992. V. 56. P. 3073–3092.
43. *Biscaye P.E.* Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction // Am. Mineralogist. 1964. V. 49. № 9/10. P. 1281–1289.
44. *Biscaye P.E.* Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans // Geol. Soc. Am. Bull. 1965. V. 76. P. 803–832.
45. *Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I.* Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside // Hayes D.E., Frakes L.A., et al., Init. Repts. DSDP, 28: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 1975. P. 999–1007.
46. IUSS Working Group WRB. 2015. 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. FAO, Rome.
47. *Price J.R., Velbel M.A.* Rates of Biotite Weathering, and Clay Mineral Transformation and Neoformation, Determined from Watershed Geochemical Mass-Balance Methods for the Coweeta Hydrologic Laboratory, Southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA // Aquat. Geochem. 2014. V. 20. P. 203–224. https://doi.org/10.1007/s10498-013-9190-y

48. *Ubugunov V.L.* Hydromorphic solonetzs of northern Buryatia (Russia), Central Asian Enviromental and agricultural problems, potential, solutions. Internetional conference, Darhan-Uul, Mongolia, 2016, pp 151–156.

# THE PROPERTIES AND THE MINERALOGICAL COMPOSITION OF DARK-HUMUS QUAZI-GLEI SOLONCHAK SOLONETZIC CRYOTURBED CRYOSOLS OF BARGUZIN HOLLOW (BURYATIA)

**V. L. Ubugunov[1], N. B. Khitrov[2], N. P. Chizhikova[2], V. I. Ubugunova [1], E. B. Varlamov[2], A. D. Zhambalova[1], E. S. Chechetko[2], N. A. Churilin[1]**

[1]*Institute of General and Experimental Biology, Russia, 670047 Ulan-Ude, Sakhyanova street, 6*

[2]*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii per. 7-2*

Morphological, physical-chemical properties, texture, salt composition mineralogical composition of the particle-size fractions <1, 1-5 and >5 mkm of dark-humus quasigleyic solonchakous solonetzic cryoturbated deeply permafrost loamy-sandy soil developed from alluvial sediments (Salic Mollic Reductaquic Turbic Cryosol (Eutric, Loamic, Calcaric, Fluvic, Sodic)) are presented. The soil is situated at the northern-eastern part of Barguzin Depression in the impact zone of dumping of nitrogen siliceous thermal underground waters of Kuldur type (Kuchiger springs). The soil forms from materials of disintegration of high-content-potassium calcareous-alkali granites of Barguzin complex of Angara-Vitim Batholith. It was found soil salinity of weak to very strong degree, presumably sulfate-sodium with gypsum. There is a net of gypsum filaments in the solum that is observed by morphological analysis. Low amount of rectorite was found in clay fraction of undisturbed layers of alluvium at the depth of 54-145 cm in the studied soil profile. Regular structure of rectorite comprised mica (A) and smectite (B) packets with alternation motive ABAB… is transformed into irregular structure of mica-smectite interstratifications by impact of soluble sodium salts and cryoturbation of soil material in soil horizons at the depth of 0-54 cm formed from the alluvium. Regional peculiarity of studied soil is small shear of quartz in silt and sand fractions that is a result of mineral composition of biotite and amphibole-biotite granites and granitoids. Irregular mica-smectite interstratifications with high shear (>50%) of smectite packets are destroyed by impact of sodium sulfate and hydrocarbonates hydrogenic accumulation in the solum and are partially illuviated into middle part of soil profile with formation

of humus-clay cutans on the lateral sides of aggregates by infiltration of rain waters. Existence of humus-clay cutans is an evidence of weak degree of solonetzic process.

*Keywords*: rectorite, irregular interstratifications, quartz, feldspars, hydromicas, soda-sulfate salinity, gypsum, clay cutans.

## REFERENCES

1. Alekseeva T.V., Alekseev A.O., Demkin V.D., Alekseeva V.A., Sokolovska Z., Hajns M., Kalinin P.I. Physical-chemical and Mineralogical Diagnostic Features of Solonetzic Process in Soils of the Lower Volga Region in the Late Holocene, *Eurasian Soil Science*, 2010, V. 43 (10), pp. 1083-1101. doi: 10.1134/S1064229310100029
2. Arinushkina E.V. *Guide for chemical soil analysis*, Moscow, 1961. 491 p.
3. Borzenko S.G., Dronova T.Ya., Kolesnikov A.V., Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Sizemskaja M.L. Chemical-mineralogical characteristics of the solonchakous Solonetz and midow-chestnut soil, *Moscow University Soil Science Bulletin*, 2003, No. 3, pp. 3-8.
4. Borodin L.S. Granites of the Angara-Vitim Batholith: model petro-chemical and genetic analysis, *Litologiya*, 2006, No. 4, pp. 40-56
5. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Methods for study of soil physical properties*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1986, 416 p.
6. *Geological dictionary: in two volumes. Vol. 2. N-Ya.* Paffengol'ts K.N. (ed.). M.: Nedra, 1978. 456 p.
7. Gorbunov N.I. Methods of soil preparation for mineralogical analysis, *Methods of mineralogical and micromorphological studies of soils.* Moscow: Nauka Publ., 1971, pp. 5-15.
8. Gradusov B.P. *Minerals with interstratificated structure in soils*, Moscow: Nauka Publ., 1976. 128 p.
9. Gradusov B.P., Kapitonov M.D., Chizhikova N.P. Study of the labile component in rectorite from Kuli-Kolon saturated by interlayer cations, *Proceedings of all-Union mineralogical society.* Ser. II, Vol. 96. Moscow–Leningrad, 1967, pp. 728-732.
10. Gradusov B.P., Chizhikova N.P. Interlayer cations in rectorite of Kuli-Kolon (Tajikistan), *Roentgenography of mineral raw materials.* Moscow–Leningrad, Nauka Publ., 1966. No. 7.
11. Gradusov B.P., Chizhikova N.P., Travnikova L.S. On the nature of the interstratifications in rectorite of the Dagestan, *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1968, V. 180, No. 2, pp. 446-448.
12. Dement'eva T.G. Chemical-mineralogical characteristics of soils of solonetz complex at the desert-steppe of the Trans-Volga region, *Pochvovedenie*, 1975, No. 4, pp. 98-112.

13. Elovskaja L.G. *Classification and diagnostics of permafrost soils of Yakutiya*, Yakutsk: Yakusk branch of Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1987. 171 p.
14. Zhambalova A.D., Ubugunov V.L., Ubugunova V. I., Tsyrempilov E. G. Morphological and agrochemical features of the salt-affected soils of the Northern margin of the Central-Asian zone, *Vestnik Burjatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova.* 2017. No. 1 (46). Pp. 6-13.
15. Zamana L.V. *Permafrost-hydrological and ameliorative conditions of the Barguzin Depression*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otd-e, 1988. 134 p.
16. *Classification and diagnostics of soils of Russia.* Smolensk, 2004. 342 p.
17. *Classification and diagnostics of soils of the USSR*. Moscow, Kolos Publ.,1977. 223 p.
18. Kornblyum E.A., Dement'eva T.G., Zyrin N.G., Birina A.T. Change of clay minerals during formation of the southern and Vertic chernozems, lyman solod and solonetz, *Pochvovedenie*, 1972, No. 1, pp. 67-85.
19. Kostov I. *Mineralogy*. Moscow: Mir Publ., 1971, 584 p.
20. Markina N.A. The problem of the origin of the Angara-Vitim Batholith (the experience of comparative analysis of the Vatim-Kansk and Zagan complexes), *Vestnik Voronezhskogo un-ta. Geologija*, 2014, No. 1, pp. 93-103.
21. Noskov D.A. *Geochemical features and conditions of formation of the Angara-Vitim Batholith (The Eastern PreBaikal Rerion*), Doctor's thesis, Irkutsk, 2011. 204 p.
22. Plyusnin A.M., Zamana L.V., Shvartsev S.L., Tokarenko O.G., Chernjavskiy M.K. Hydrogeological peculiarities of nitrogen therms' composition at the Baikal rift zone, *Russian Geology and Geophysics*, 2013, V. 54, No. 54, pp. 647-664.
23. *Field guide for identification of soils of Russia*. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p.
24. *Soils of the Barguzin Depression*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1983. 269.
25. *The X-ray identification and crystal structures of clay mineral.* G. Brown (ed.). Moscow, Mir Publ., 1965, 599 p. (Translation into Russian from: *The X-ray identification and crystal structures of clay mineral.* G. Brown (ed.). Mineralogical Society (Clay Minerals Group). London. 1961).
26. Guide for the X-ray study of minerals. V.A. Frank-Kamenetsky (ed.). L.: Nedra, Leningrad otd., 1975.
27. Sokolova T.A., Dronova T.Ya., Tolpeshta I.I. *Clay Minerals in soils.* Tula, 2005, 336 p.
28. Travnikova L.S. Mineralogical composition of the fraction <1 mkm of several solonetz of chernozem and chestnut-soil zones, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 1968, V. 2, pp. 52-60.
29. Ubugunov V. L., Ubugunova V.I., Cyrempilov E.G. *Soil and landforms of the Barguzin Hollow*. Ulan-Ude, 2016. 212 p.
30. Khitrov N.B., Ljubimova I.N. Chapter 11. Theoretical and methodical bases of prevention of secondary solonetzization of soils // *Scientific bases of*

*prevention of soil (land) degradation of agricultural lands of Russia and elaboration of systems of reproduction their fertility in adaptation-landscape agriculture*: V.1. Theoretical and methodological basis for the prevention of soil (land) degradation of agricultural lands. Collective monograph, Moscow, 2013, pp. 465-516.

31. Chernousenko G.I., Pankova E.I., Kalinina N.V., Ubugunova V.I., Rukhovich D.I., Ubugunov V.L., Tsyrempilov E.G. Salt-Affected Soils of the Barguzin Depression, *Eurasian Soil Science*, 2017, V. 50 (6), pp. 646-663. doi: 10.1134/S1064229317060035

32. Chizhikova N.P., Gradusov B.P., Travnikova L.S Peculiarities of soil clay material profiles at the Baraba forest-steppe in relation to their evolution. *Nauchnye doklady vysshej shkoly. Ser. biol. nauki.*, 1973, № 8. С. 99-106.

33. Chizhikova N.P., Khitrov N.B. Diversity of clay minerals in soils of solonetzic complexes in the southeast of Western Siberia, *Eurasian Soil Science*. 2016, V. 49, No. 12, pp. 1419-1431. doi: 10.1134/S106422931612005X

34. Chizhikova N.P., Khitrov N. B., Varlamov E.B., Churilin N.A. The profile distribution of minerals within the solonetz in Yergeni, *Dokuchaev Soil Byulletin*, 2018, V. 91, pp. 63-84. 10.19047/0136-1694-2018-91-63-84

35. Chizhikova N.P., Khitrov N.B., Varlamov E.B., Churilin N.A. Profile distribution of minerals in solonetz at the Presivash region. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki.* 2017. №2. 103-116

36. Chizhikova N.P., Khitrov N.B., Samsonov A.A., Varlamov E.B., Churilin N.A., Rogotneva L.V., Chevardin Y.I. Minerals in Three-component combination of Agrochernozems in the Kamennaya Steppe, *Eurasian soil science*, 2017, V. 50 (4), pp. 456-470. doi: 10.1134/S1064229317020028

37. Chizhikova N.P., Khitrov N.B., Tronza G.E., Koltsov S.A., Varlamov E.B., Chechetko E.S., Churilin N.A. Mineralogical composition of Particle-size fractions of Solonetzes from the North Crimean Lowland, *Eurasian soil science*, 50 (12), 1468-1482 (2017). doi 10.1134/S1064229317120055

38. Cygankov A.A., Litvinovskiy B.A., Dzhan' B.M., Reykov M., Lyu D.I., Larionov A.N., Presnyakov S.L., Lepekhina E.M., Sergeev S.A. Magma events' sequence at the late Paleozoic stage of magmatism in Transbaikal Region (results of U-Pb isotope dating), *Geologiya i geofizika*, 2010, V. 51, No. 9, pp. 1249-1276.

39. Shartsev S.L., Zamana L.V., Plyusnin A.M., Tokarenko O.G. Equilibrium between nitrogen terms at Baykal rift zone and minerals of water-accommodating rocks as a basis for detection of processes of their formation // *Geokhimiya.* 2015. No. 8. Pp. 720-733. doi: 10.7868/S0016752515060084

40. Yarilova E.A. Mineralogical composition of chernozem at kamennaya Steppe and impact of man-made forest plantations and crop rotations with grasses on it, *Problems of grass-crop-rotation farming system. Vol. 2. Results of work at the study of soil changes under impact of complex actions suggested by Dokuchaev – Kostychev – Wil'yams*. Moscow, 1953, pp. 205–266.

41. Yas'ko V.G. Role of modern cryogenic processes in the formation of the underground water composition in hydrogeological rock mass at the Transbaikal region, *Issues of hydrology in permafrost zone.* Yakutsk, 1975. C. 1133-142.
42. Acker J.G., Bricker O.P. The influence of pH on biotite dissolution and alteration kinetics at low temperature, *Geochimica et Cosmochimica Acta*., 1992, V. 56, pp. 3073–3092.
43. Biscaye P.E. Distinction between kaolinite and chlorite in recent sediments by X-ray diffraction // Am. Mineralogist, 1964, V. 49, No. 9/10, pp. 1281-1289.
44. Biscaye P.E. Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clays in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans, *Geol. Soc. Am. Bull*., 1965, V. 76, pp. 803–832.
45. Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I. *Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis*, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside // Hayes D.E., Frakes L.A., et al., Init. Repts. DSDP, 28: Washington (U.S. Govt. Printing Office), 1975. P. 999–1007.
46. IUSS Working Group WRB. 2015. *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. FAO, Rome.
47. Price J.R., Velbel M.A. Rates of Biotite Weathering, and Clay Mineral Transformation and Neoformation, Determined from Watershed Geochemical Mass-Balance Methods for the Coweeta Hydrologic Laboratory, Southern Blue Ridge Mountains, North Carolina, USA, *Aquat. Geochem*., 2014, V. 20, pp. 203–224. https://doi.org/10.1007/s10498-013-9190-y
48. Ubugunov V.L. *Hydromorphic solonetzs of northern Buryatia (Russia), Central Asian Enviromental and agricultural problems, potential, solutions. Internetional conference*, Darhan-Uul, Mongolia, 2016, pp. 151–156

## Ссылки для цитирования

*Убугунов В.Л., Хитров Н.Б., Чижикова Н.П., Убугунова В.И., Варламов Е.Б., Жамбалова Д.А., Чечетко Е.С.* Свойства и минералогический состав темногумусовой квазиглеевой солончаковой солонцеватой криотурбированной мерзлотной почвы Баргузинской котловины (Бурятия) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 62-94. doi: 10.19047/0136-1694-2018-92-62-94

Ubugunov V.L., Khitrov N.B., Chizhikova N.P., Ubugunova V.I., Varlamov E.B., Zhambalova A.D., Chechetko E.S., Churilin N.A. The properties and the mineralogical composition of dark-humus quazi-glei solonchak solonetzic cryoturbed cryosols of Barguzin Hollow (Buryatia), *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 62-94. doi: 10.19047/0136-1694-2018-92-62-94