



## ВЗАИМОУСЛОВЛЕННОЕ СТРОЕНИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ И ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ МЕРЗЛЫХ ПОРОД НА СЕВЕРЕ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

✉ Гинзбург А.П.<sup>1</sup>, Ходжаева А.К.<sup>1</sup>, Чернова В.А.<sup>2</sup>, Факащук Н.Ю.<sup>3</sup>, Хомутов А.В.<sup>1,3</sup>,  
Луначев А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия

✉ [ginzburgap@yandex.ru](mailto:ginzburgap@yandex.ru)

Представлены первые результаты полевых исследований почвенно-мерзлотных комплексов в типичных тундрах на севере Гыданского полуострова в 2025 г. Описано строение профилей мерзлотных почв и тангентальные срезы верхних горизонтов многолетнемерзлых пород. Охарактеризованы процессы криогенного массообмена между профилями почв и верхними горизонтами мерзлых пород, выраженные в накоплении продуктов почвообразования в надмерзлотных горизонтах и на верхней границе мерзлой толщи. Установлено, что наиболее интенсивны процессы криогенного массообмена в криоземах, что достигается в результате наиболее холодных условий формирования почв на поверхностях III и I позднеплейстоценовых террас на фоне относительно неглубокого протаивания.

Ключевые слова: почвенно-мерзлотный комплекс, переходный слой, промежуточный слой, оглеение, криоземы, глееземы, подбурь, криогенное строение, надмерзлотные горизонты

**Введение.** Мерзлотные почвы на севере Гыданского полуострова исследованы наименее подробно среди всех районов севера Западной Сибири: большая часть работ в регионе посвящена южной части Гыданского полуострова [Городков, 1932; Тонконогов, 1977; Московченко, 2016], тогда как на широте устья р. Гыда и севернее почвенные исследования единичны [Abakumov, Tomashunas, 2016; Ji et al., 2019; Почвы Ямало-Ненецкого..., 2022]. Особенно мало внимания до сих пор было уделено процессам вещественных взаимодействий профилей мерзлотных почв с верхними горизонтами многолетнемерзлых пород (ММП), т.е. криогенному массообмену в системе почвенно-мерзлотного комплекса [Lupachev, Gubin, 2023]. Эта система включает профиль современной мерзлотной почвы, переходный и промежуточный слои (ПС, ПрС) ММП по [Шур, 1988], различающиеся по длительности и периодичности оттаивания в голоцене [Шур, 1988; Lupachev, Gubin, 2023]. По мере перехода в талое состояние, верхние горизонты ММП также включаются в «сферу почвообразования», т.е. могут накапливать продукты почвообразования. Состав и строение ПС, затронутого современными и позднеголоценовыми процессами почвообразования, отражают вещественные взаимодействия почв и ММП на соответствующих этапах их совместного развития. Накопленные в период голоценового климатического оптимума в ПрС ММП продукты почвообразования отражают характер этих процессов, имевший место на более ранних этапах развития мерзлотных почв и ММП. Таким образом, становится возможным установить непрерывность, либо смену тренда почвообразования на конкретной территории в голоцене, исследуя признаки почвообразования, сохранившиеся в мерзлом состоянии в ПС и ПрС почвенно-мерзлотного комплекса (ПМК).

Проведенные в сентябре 2025 г. полевые исследования мерзлотных почв и верхних горизонтов ММП, как единой системы со взаимоусловленным строением и свойствами, являются первой попыткой изучения ПМК на севере Гыданского полуострова. Первичной задачей на данном этапе является характеристика интенсивности процессов криогенного массообмена между почвенным профилем и верхним горизонтом ММП, а также

выявление ведущих факторов, определяющих эту интенсивность, на участке типичных тундр на севере Гыданского полуострова.

**Район исследований.** Работы проводились в окрестностях с. Гыда, расположенного в устье одноименной реки. В мезорельефе ярко выражены пять геоморфологических уровней – III позднеплейстоценовая терраса (32–50 м н.у.м.), останцы II террасы (22–28 м н.у.м.), I голоценовая терраса (10–22 м н.у.м.), комплекс низких голоценовых террас (1–10 м н.у.м.), а также современные поймы (1–2 м н.у.м.). Четвертичные отложения на большей части территории представлены песками мелкозернистыми, легкими и средними суглинками [Бутаков и др., 2018; Тихонравова и др., 2019]. ММП имеют сплошное распространение. По данным модели ТТОР (Temperature at the Top Of Permafrost), температуры ММП на глубинах нулевых сезонных колебаний здесь составляют от –6 до –5°C [Obu et al., 2019]. По данным 1980-х гг., среднегодовые температуры ММП в Северогыданской мерзлотной области составляли от –10 до –8°C [Геокриологическое районирование ..., 1987], то есть, за 40–45 лет среднегодовая температура ММП в этом районе предположительно возросла на 2–5 °C. Также данные 1980-х гг. свидетельствуют о в целом низком биологическом разнообразии тундровых экосистем севера Гыданского полуострова, практическом отсутствии кустарниковых видов, преобладании моховых и лишайниковых тундр [Геокриологическое районирование..., 1987]. В настоящее время водораздельные поверхности заняты травяно-кустарниково-/кустарничково-моховыми тундрами (согласно рабочей версии ландшафтной карты, построенной аналогично карте в [Хомутов, Лейбман, 2016]). В 2024 г. среднегодовая температура воздуха составила –7.2°C. В период 1950–2024 гг. среднегодовая температура воздуха возрастала с градиентом 0.5°C/10 лет [Васильев и др., 2024]. Растительный покров совместно с характером почвообразующих пород обуславливают среднегодовые глубины протаивания почв. Почвы на песчано-супесчаных отложениях под кустарничково-травяно-лишайниково-моховыми тундрами за 10-летний период наблюдений протаивали в среднем на 90–110 см; суглинистые под травяно-кустарниково-моховыми тундрами – на 65–78 см; торфяники с кустарничково-багульниково-мохово-лишайниковым покровом – на 41–47 см [Хомутов и др., 2024].

В почвенном покрове доминируют глееземы и торфяно-глееземы, в т.ч. перегнойно-торфяные мерзлотные [Abakimov, Tomashunas, 2016; Почвы Ямало-Ненецкого..., 2022] в комплексах с почвами пятен. Значительно меньшие доли общей площади почвенного покрова занимают полигонально-трещинные комплексы пелоземов слаборазвитых (арктических) с почвами пятен и мерзлотных трещин, а также бугорковые кочкарниковые комплексы глееземов перегнойно-торфяных (мерзлотных) с почвами пятен, торфяно-глееземами и торфяными мерзлотными почвами [Почвенная карта..., 1988].

**Методы исследований.** Всего на участке исследований было заложено 10 разрезов почв (рис. 1) на поверхностях III, I и низкой голоценовой террасе, склонах террас, а также в ложбине стока у подножья склона III террасы. Выбор такой системы заложения разреза был обусловлен доминированием этих геоморфологических уровней в общей ландшафтно-геоморфологической структуре территории. Таким образом, были охарактеризованы ПМК в доминирующих сочетаниях природных условий. Разрезы закладывались до подошвы слоя сезонного протаивания. В одном из разрезов было выполнено бурение скважины на глубину 60 см ниже верхней границы ММП, в остальных производилось углубление в толщу верхнего горизонта ММП на 10-15 см. Бурение выполнялось мотобуром Hütter GGD-52 (мощностью 2.3 лс) при помощи стальной буровой ложки диаметром 59 мм. Описание криогенного строения верхнего горизонта ММП выполнялись по Т.Н. Жестковой и др. [1980]. Почвы были описаны по действующей версии классификации почв России [Полевой определитель..., 2008].

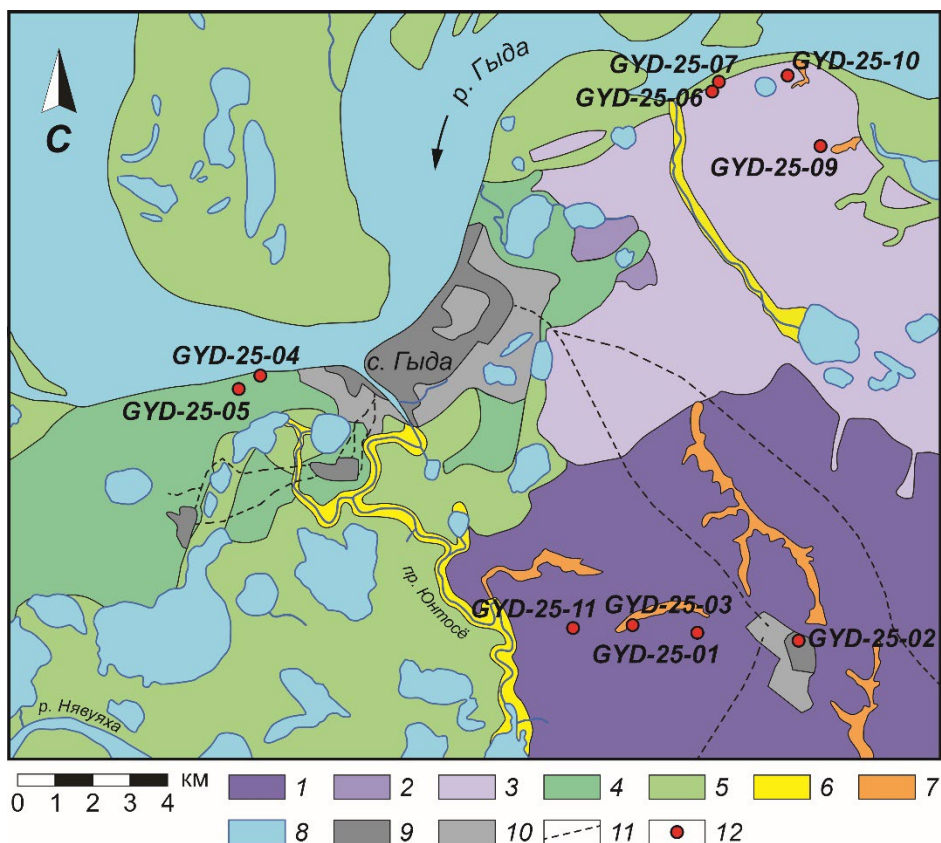


Рис. 1. Геоморфологическая схема участка исследований (элементы рельефа выделены по принципам ландшафтно-геоморфологической дифференциации из [Хомутов, Лейбман, 2016] с дополнениями): 1 – морская терраса; 2 – останцы морской террасы; 3 – озерно-аллювиальная терраса; 4 – аллювиальные террасы; 5 – высокая пойма; 6 – низкая пойма; 7 – овражно-балочная сеть; 8 – водные объекты; 9 – антропогенно-преобразованные участки; 10 – антропогенно-преобразованные участки, сохранившие черты исходных экосистем; 11 – вездеходные колеи; 12 – заложенные почвенные разрезы.

**Результаты исследований.** ПМК III и I позднелейстоценовых террас. ПМК, развитые на возвышенных террасах в районе устья р. Гыда, к началу сентября 2025 г. протаяли на относительно небольшие глубины – от 50 до 81 см. На III террасе средние глубины протаивания почв были больше на 20–30 см, что, вероятно, обусловлено более сухим гидротермическим режимом почв, а также меньшими мощностями поверхностных органогенных горизонтов (4–5 см на III террасе, 10 см – на I террасе) (рис. 2). Общей чертой профильного строения большей части заложенных разрезов почв на этих террасах является приповерхностный глеевый горизонт. Даже в разрезе GYD-25-02, заложенном на самой высокой части поверхности III террасы, которая была здесь существенно преобразована при строительстве инженерного сооружения, в верхней части разреза почвы наблюдается тонкий органогенный горизонт О, развитый на техногенной насыпи – горизонте C<sub>тг</sub>. Ниже расположен фрагментарный горизонт [О] исходной погребенной почвы – глеезема надмерзлотно-органонакопительного мерзлотного. В погребенном профиле также четко выделяется приповерхностный глеевый горизонт [G] (рис. 2б). В отличие от приповерхностного минерального горизонта, надмерзлотный горизонт далеко не во всех изученных разрезах оглеен. Чаше в надмерзлотном горизонте, а также на верхней границе ПС ММП чаще накапливаются соединения окисленного железа (Fe<sup>3+</sup>) (рис. 2). Кроме того, очень ярко выражен процесс надмерзлотного накопления органического вещества, преимущественно тонкодисперсного. Например, в разрезах GYD-25-01, -02 и -10 тангентальные срезы верхней границы ММП содержат большое количество темноцветных органогенных морфонов – фрагментов тонкодисперсного органического вещества почв. В разрезе GYD-25-10 в надмерзлотном горизонте

сосредоточено большое количество погребенных фрагментов органогенных горизонтов [Th], попавших туда вследствие активных процессов криотурбации. Мерзлые морфоны [Th] в т.ч. содержатся и на тангентальном срезе кровли ММП в этом разрезе (рис. 2г).

Верхние горизонты ММП отличаются средней (в отдельных случаях – высокой) льдистостью, сетчатой и неполносетчатой криогенными текстурами. Толщина шпиров льда на горизонтальном срезе верхнего горизонта ММП была в пределах 2–5 мм, расстояние между соседними шпирами достигало 4–7 см. Шпиры пересекают друг друга под углами 70–120°, образуя на горизонтальном срезе верхнего горизонта ММП 3–6-угольники.

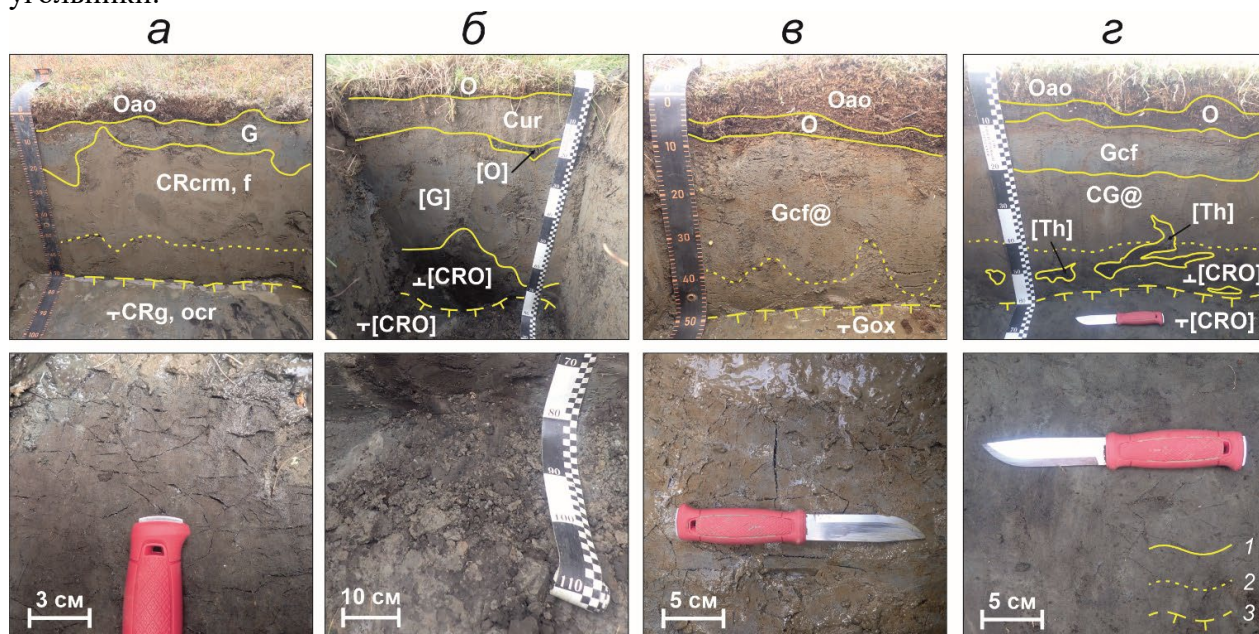


Рис. 2. Профили мерзлотных почв и тангентальные срезы верхних горизонтов ММП: (а) глеезем криогенно-ожеженный криометаморфический криотурбированный надмерзлотно-органоккумулятивный, III терраса (GYD-25-01); (б) пелозем урбистратифицированный на погребенном глеезем надмерзлотно-органоккумулятивном, III терраса (GYD-25-02); (в) глеезем криогенно-ожеженный криотурбированный, I терраса (GYD-25-09); (г) глеезем криогенно-ожеженный криотурбированный надмерзлотно-органоккумулятивный, I терраса (GYD-25-10). 1 – границы горизонтов; 2 – границы надмерзлотных частей горизонтов, не выделяемых в качестве отдельных горизонтов; 3 – верхние границы ММП.

*ПМК низких голоценовых террас.* Для ПМК, развитых на низких голоценовых террасах также характерно в целом неглубокое оттаивание, в особенности на участках, где доминируют почвы суглинистого состава, имеющие мощные торфяные горизонты. Так, при мощности торфяного горизонта Т 10–12 см глубина протаивания на начало сентября достигала всего 48 см (рис. 3). Такая малая мощность слоя сезонного протаивания, вероятно, обуславливает тесное взаимодействие почвенного профиля и верхнего горизонта ММП, а также ярко выраженные признаки криотурбаций в почвенном профиле. Границы между горизонтами минеральной части профиля крайне извилистые и представляют собой «луковицы» или «фестоны». Подобные криогенные морфоны в целом редко наблюдаются в столь неглубоко оттаивающих почвах и более характерны для альфегумусовых криогенных почв южной периферии криолитозоны Западной Сибири [Матышак и др., 2023]. Вероятно, их развитие связано с высоким статическим давлением сверху при промерзании, из-за чего вышележащий более песчаный горизонт Cf@ частично погрузился в толщу нижележащего суглинистого горизонта  $\pm$ Cg@, который из-за большей пластичности аналогично заполнил зоны под меньшей нагрузкой. Глубина проникновения фестонов горизонта Cf@ вглубь нижележащего горизонта  $\pm$ Cg@, как видно по зачистке передней стенки, не достигает верхней границы ММП. Тем не менее, на тангентальном срезе кровли ММП встречаются небольшие участки, где преобладают



соединения  $\text{Fe}^{3+}$ , выделяющиеся на общем фоне мерзлого горизонта. Аналогичные участки встречаются вдоль нижних границ фестонов непосредственно на контакте с нижележащим горизонтом.

Верхний горизонт ММП в разрезе ПМК GYD-25-05 был весьма сходен с теми, что наблюдались в разрезах ПМК на III и I высоких террасах.

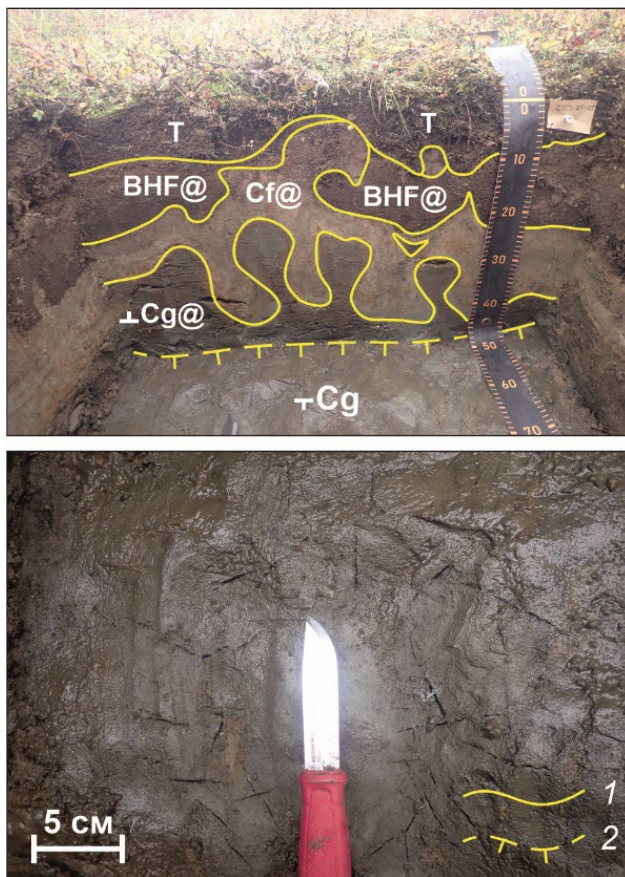


Рис. 3. Профиль и тангентальный срез торфяно-подбугра иллювиально-железисто-гумусового ожезненного криотурбированного глееватого, низкая голоценовая терраса (GYD-25-05). 1 – границы горизонтов; 2 – верхние границы ММП.

*ПМК склонов террас.* Склоны III позднеплейстоценовой террасы и комплекса низких голоценовых террас представлены глубоко оттаивающими почвами (140 см и глубже), имеющими сложное строение профиля. Оно обусловлено сложными рисунками границ между горизонтами. Вероятно, такая извилистая форма этих границ обусловлена совместным действием криогенных и склоновых процессов, последовательно сменявшими друг друга в ходе развития почв. В профиле ПМК GYD-25-04 на склоне низкой голоценовой террасы наблюдаются новообразования, напоминающие по внешнему виду фестоны в профиле ПМК GYD-25-05, наиболее вероятно, приуроченные к холодному (криогенному) этапу развития почвы (рис. 4б). Ниже в профиле сменяют друг друга перемешанные фрагменты желтоцветных песчаных горизонтов и сероцветных суглинистых, видимо, перемешанных в результате активизации солифлюкционного сноса материала со склона. Аналогичные слои, имеющие контрастный гранулометрический состав, сменяющие друг друга, наблюдаются и в профиле почвы на склоне III террасы (рис. 4а).

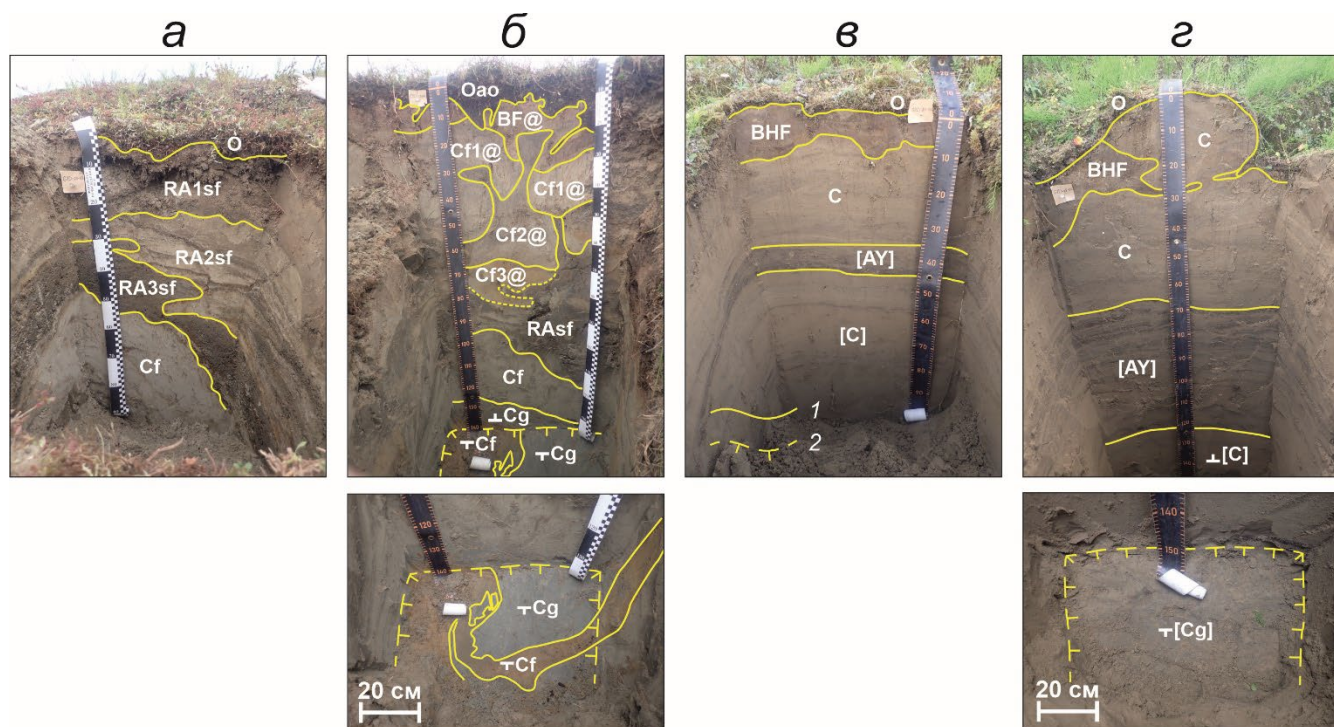


Рис. 4. Профили мерзлотных почв и тангентальные срезы верхних горизонтов ММП: (а) стратозем серогумусовый солифлюкционно-стратифицированный ожелезненный, склон III террасы (GYD-25-03); (б) подбур иллювиально-железистый грубогумусовый языковатый ожелезненный криотурбированный солифлюкционно-стратифицированный глееватый, склон низкой голоценовой террасы (GYD-25-04); (в) подбур иллювиально-железисто-гумусовый на погребенной аллювиальной серогумусовой почве, склон I террасы (GYD-25-06); (г) подбур иллювиально-железисто-гумусовый на погребенной аллювиальной серогумусовой почве, склон I террасы (GYD-25-07). 1 – границы горизонтов; 2 – верхние границы ММП.

Почвы на солифлюкционных склонах I террасы, напротив, имеют достаточно простое строение профиля и ровные субгоризонтальные границы между горизонтами (рис. 4в-г). По-видимому, интенсивность как склоновых, так и криогенных процессов, здесь была невысока в ходе развития почв, а солифлюкционный снос незначительно затронул лишь самые верхние горизонты. Верхние горизонты отличаются рыжевато-бурой окраской, обусловленной подвижными соединениями оксидов и гидроксидов Fe и Al с органическим веществом. В случае ПМК GYD-25-07 наблюдается необычная форма горизонта BHf, целостность которого нарушает наличие на поверхности почвы крупной (около 30 см в высоту и до 50 см в основании) солифлюкционной кочковидной терраски. Горизонт BHf частично погребен под ней, а его языковатые границы стянуты под ее нижнюю часть. В почвах на склонах I террасы в нижних минеральных частях профилей находятся субгоризонтальные темноцветные прослой, вероятно, унаследованные от предыдущего супераквального этапа почвообразования, т.е., являются погребенными горизонтами [AY] аллювиальных почв. Таким образом, на примере этих почв продемонстрирован результат перехода от аллювиального почвообразования к альфегумусовому при снижении уровня воды в р. Гыде в голоцене.

Тангентальные срезы кровель верхних мерзлых горизонтов демонстрируют достаточно слабые признаки процессов взаимосвязи почвенных профилей и ММП. ММП отличаются низкой льдистостью и массивной криотекстурой, и практически не содержат признаков процессов почвообразования. Исключительной особенностью является наличие крупного языка-затека, в составе материала которого преобладают окисленные соединения железа. Этот язык, предположительно, образовавшийся в результате окисления по трещине отседания в склоне, содержится как в сезонноталой части профиля, так и в мерзлой, притом, что тангентальный срез кровли ММП имеет преимущественно



сизо-серую окраску. Скорее всего, слабое взаимодействие между почвенным профилем и верхними горизонтами ММП обусловлено глубоким протаиванием, и потому низкой интенсивностью процессов криотурбации. В отдельных случаях (ПМК GYD-25-03, -06) глубина протаивания здесь может превышать 2–3 м.

*ПМК ложбин стока.* Ложбины стока формируются в подножьях склонов и отличаются более гидроморфными почвами, в сравнении с возвышенными участками террас. Глубины протаивания здесь достигают 70–75 см, при этом органогенные горизонты достаточно мощные и могут достигать 35 см (рис. 5). В строении профиля выделяется горизонт O<sub>mr</sub> (минерально-торфяной), образованный в результате сильного перемешивания материалов горизонтов O и G.

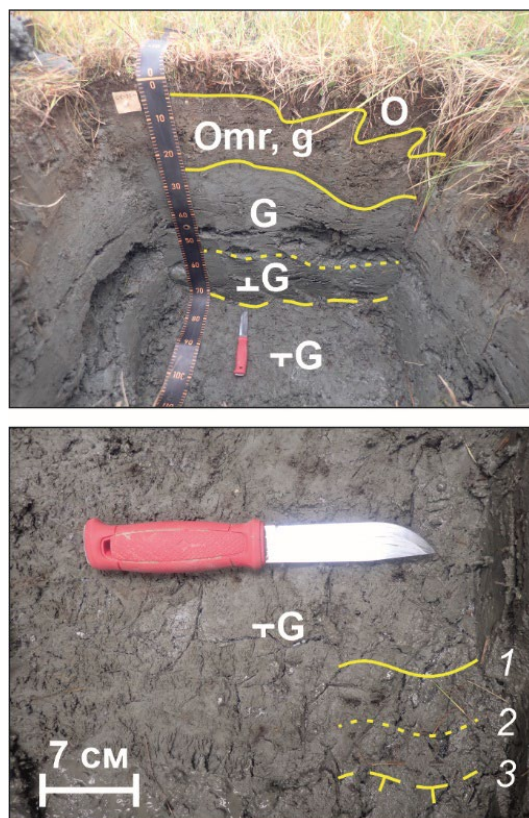


Рис. 5. Профиль и тангентальный срез глеезема грубогумусированного минерально-торфяного мерзлотного, ложбина стока у подножья III террасы (GYD-25-11). 1 – границы горизонтов; 2 – границы надмерзлотных частей горизонтов, не выделяемых в качестве отдельных горизонтов; 3 – верхние границы ММП.

Верхний горизонт ММП характеризуется высокой льдистостью и сетчатой криотекстурой. Шлиры льда на тангентальном срезе имеют толщину 3–5 мм, расстояние между соседними шлирами достигает 2–5 см. Шлиры пересекают друг друга под углами 45–70°, образуя на тангентальном срезе 3–5-угольники. Несмотря на достаточно неглубокое протаивание, интенсивность процессов криогенного массообмена в профиле глеезема (ПМК GYD-25-11), видимо, невысока. Признаки накопления продуктов почвообразования в верхнем горизонте ММП визуально не проявляются (рис. 5).

**Заключение.** Интенсивность процессов криогенного массообмена в ПМК типичных тундр на севере Гыданского полуострова в первую очередь зависит от гидротермического режима почв. В профилях криоземов, где наблюдаются самые холодные условия, при относительно неглубоком протаивании, наиболее ярко выражены признаки процессов криотурбации. В результате этих процессов происходит интенсивное накопление продуктов почвообразования в надмерзлотном горизонте почвенного профиля и на верхней границе толщи ММП (тонкого и грубого органического вещества,

соединений Fe и др.) в ПМК на возвышенных III и I позднелейстоценовых террасах. При этом в более глубоко оттаивающих и более увлажненных почвах (глееземах в ложбинах стока или подбурях на песчаных склонах) визуальные признаки протекания этих процессов были минимальны, а строение почвенных профилей если и было усложнено, то преимущественно вследствие склоновых процессов, а не криогенных нарушений.

**Благодарности.** Исследование проведено при поддержке Российского Научного Фонда, проект РНФ № 25-17-00010.

## ЛИТЕРАТУРА

Бутаков В.И., Тихонравова Я.В., Слагода Е.А. Закономерности формирования геохимического состава подземных льдов и отложений на севере полуострова Гыдан // Нефть и Газ. 2018. № 5. С. 30–40. doi: 10.31660/0445-0108-2018-5-30-40

Васильев А.А., Малкова Г.В., Облогов Г.Е., Хомутов А.В. Тренды деградации мерзлоты Западной Арктики // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Вып. 11. С. 483–490. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-483-490

Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты / авт. Трофимов В.Т., Бадю Ю.Б., Васильчук Ю.К., Кашперюк П.И., Кудряшов В.Г., Фирсов Н.Г. – М.: Наука, 1987. 221 с.

Городков Б.Н. Почвы Гыданской тундры // Труды Полярной комиссии, 1932. Вып. 7. С. 43–62.

Жесткова Т.Н., Заболотская М.И., Рогов В.В. Криогенное строение мерзлых пород. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 135 с.

Матышак Г.В., Гончарова О.Ю., Чепурнова М.А. Криогенные деформации в почвах севера Западной Сибири и их влияние на почвообразование // Мерзлотные почвы в антропоцене: Сб. тезисов Всеросс. научн.-практ. конференции (Салехард – Лабытнанги, ЯНАО, Россия, 20–26 августа 2023 г.) / отв. ред. А.В. Лупачев, Е.М. Лаптева. – Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2023. С. 58–59. doi: 10.5281/zenodo.8199526

Московченко Д.В. Биогеохимические особенности почв бассейна реки Мессояха (Тазовский район Ямало-Ненецкого автономного округа) // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 2. С. 8–21. doi: 10.21684/2411-7927-2016-2-2-8-21

Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Почвенная карта РСФСР / под ред. В.М. Фридланда. – М.: ГУГК, 1988. 16 л.

Почвы Ямало-Ненецкого автономного округа (морфология и разнообразие) / Р.А. Колесников, А.С. Печкин, Е.Н. Моргун. ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». – Салехард, СПб.: ГеоГраф, 2022. 98 с.

Тихонравова Я.В., Лупачев А.В., Слагода Е.А. и др. Строение и формирование ледогрунтовых жил второй озерно-аллювиальной террасы на севере Гыдана в позднем неоплейстоцен–голоцене // Лед и Снег. 2019. Т. 59. № 4. С. 557–570. doi: 10.15356/2076-6734-2019-4-367

Тонконогов В.Д. Почвенный покров / Ямало-Гыданская область: физико-географическая характеристика / под ред. Р.К. Сиско. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 169–197.

Хомутов А.В., Бабкина Е.А., Бурдак Д.В. и др.. Мониторинг глубины сезонного протаивания и температуры многолетнемерзлых пород на севере Западной Сибири в 2024 г. // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2024. Вып. 11. С. 606–616. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-606-616

Хомутов А.В., Лейбман М.О. Оценка опасности проявления криогенных оползней скольжения в тундре Центрального Ямала // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 2. С. 49–60.

Шур Ю.Л. Верхний горизонт толщи мерзлых пород и термокарст / отв. ред. А.В. Павлов. Новосибир.: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 214 с.



Abakumov E., Tomashunas V. Electric Resistivity of Soils and Upper Permafrost Layer of the Gydan Peninsula // *Polarforschung*. 2016. Vol. 86. Is. 1. P. 27–34. doi: 10.2312/polarforschung.86.1.27

Ji X., Abakumov E., Antcibor I. et al. Influence of Anthropogenic Activities on Metals in Arctic Permafrost: A Characterization of Benchmark Soils on the Yamal and Gydan Peninsulas in Russia // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2019. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00607-y>

Lupachev A., Gubin S. The soil-cryogenic complex: Evidence of late Pleistocene Holocene coevolution of permafrost and cryosols at the Kolyma Lowland // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2023. Vol. 34. Is. 3. P. 317–330. doi: 10.1002/ppp.2191

Obu J., Westermann S., Bartsch A. et al. Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km<sup>2</sup> scale // *Earth Science Reviews*. 2019. Vol. 193. P. 299–316. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.023

## MUTUALLY DEPENDENT STRUCTURE OF PERMAFROST-AFFECTED SOILS AND UPPER PERMAFROST HORIZONS IN THE NORTH OF GYDAN PENINSULA

Ginzburg A.P.<sup>1</sup>, Khodzhaeva A.K.<sup>1</sup>, Chernova V.A.<sup>2</sup>, Fakashuk N.Yu.<sup>3</sup>,  
Khomutov A.V.<sup>1,3</sup>, Lupachev A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Physico-Chemical and Biological Problems in Soil Science RAS, Pushchino, Russia

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Soil Science, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre, Tyumen, Russia

The first results of 2025 field studies of soil-cryogenic complexes in typical tundra in the North of Gydan peninsula are presented. Permafrost-affected soil profiles and tangential sections of permafrost upper layers were described. The processes of cryogenic mass-exchange between soil profiles and upper permafrost horizons, reflected in an accumulation of pedogenic products in suprapermafrost soil horizons and permafrost surface, were characterized. It was stated that processes of cryogenic mass-exchange are maximally expressed in cryozems, that is due to coldest soil formation conditions along with relatively thin active layer on III and I terrace surfaces.

Keywords: *soil-cryogenic complex, transient layer, intermediate layer, gleyization, cryozems, gleyezems, podburs, cryogenic structure, suprapermafrost horizons*

## REFERENCES:

Butakov V.I., Tikhonravova Ya.V., Slagoda E.A. Patterns of ground ice and sediments geochemical composition formation in the North of Gydan peninsula // *Oil and Gas*, 2018. No. 5. P. 30–40. doi: 10.31660/0445-0108-2018-5-30-40

Vasiliev A.A., Malkova G.V., Oblogov G.E., Khomutov A.V. Trends of permafrost degradation in Western Arctic // *Relief and Quaternary formations of the Arctic, Sub-Arctic and North-West of Russia*. 2024. Vol. 11. P. 482–490. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-483-490

*Geocryological regions of West Siberian plate* / auth. V.T. Trofimov, Yu.B. Badu., Yu.K. Vasil'chuk, P.I. Kashperuk., V.G. Kudryashov, N.G. Firsov. – Moscow: Science (Nauka), 1987. 221 p.

Gorodkov B.N. Soils of Gydan tundra // *Proc. of the Polar commission*, 1932. Vol. 7. P. 43–62.

Zhestkova T.N., Zabolotskaya M.I., Rogov V.V. Cryogenic structure of frozen rocks. – Moscow: Moscow University Press., 1980. 135 p.

Matyshak G.V., Goncharova O.Yu., Chepurnova M.A. Cryogenic deformation of soils of North Western Siberia and their influence on soil formation // *Permafrost-affected soils in the Anthropocene: Proc. of the All-Russ. conference (Salekhard – Labytnangi, YaNAO, Russia, 20–26 august, 2023)* / Ed-s. A.V. Lupachev, E.M. Lapteva. – Syktyvkar: BI FRC Komi ScC UrB RAS, 2023. P. 58–59. doi: 10.5281/zenodo.8199526

Moskovchenko D.V. Biogeochemical features of soils in the Messoyakha river basin (Tazovsky district, Yamal-Nenets autonomous okrug) // *Bull. Tyumen State University. Ecol. Environ. Manag.*, 2016. Vol. 2. No. 2. P. 8–21. doi: 10.21684/2411-7927-2016-2-2-8-21

*Russian soil field identifier*. – Moscow: Dokuchaev Soil Institute, 2008. 182 p.

*RSFSR Soil Map* / Ed. V.M. Fridland. – Moscow.: GUGK, 1988. 16 l.

*Soils of Yamal-Nenets Autonomous okrug (morphology and diversity)* / auth. R.A. Kolesnikov, A.S. Pechkin, E.N. Morgun. Arctic Research Centre. – Salekhard, St.-Petersburg: GeoGraph, 2022. 98 p.

*Tikhonravova Ya.V., Lupachev A.V., Slagoda E.A. et al.* Structure and formation of ice-ground wedges of the second lacustrine-alluvial terrace in the Northern Gydan in Late Neoleistocene and Holocene // *Ice and Snow*. 2019. Vol. 59. No. 4. P. 557–570. doi: 10.15356/2076-6734-2019-4-367

*Tonkonogov V.D.* Soil cover // *Yamal-Gydan region: physical geography* / Ed. R.K. Sisko. – Leningrad: Hydro-Meteo Press. (Hydrometeoizdat), 1977. P. 169–197.

*Khomutov A.V., Babkina E.A., Burdak D.V. et al.* Monitoring of seasonal thawing and permafrost temperature in the North Western Siberia in 2024 // *Relief and Quaternary formations of the Arctic, Sub-Arctic and North-West of Russia*. 2024. Vol. 11. P. 606–616. doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-606-616

*Khomutov A.V., Leibman M.O.* Evaluating the danger of cryogenic landslides occurrence in the Central Yamal tundra // *Earth's Cryosphere*, 2016. Vol. XX. No. 2. P. 49–60.

*Shur Yu.L.* Upper permafrost horizon and thermokarst / Ed. A.V. Pavlov. Novosibirsk: Science (Nauka). Siberian Branch, 1988. 214 p.

*Abakumov E., Tomashunas V.* Electric Resistivity of Soils and Upper Permafrost Layer of the Gydan Peninsula // *Polarforschung*, 2016. Vol. 86. Is. 1. P. 27–34. doi: 10.2312/polarforschung.86.1.27

*Ji X., Abakumov E., Antcibor I. et al.* Influence of Anthropogenic Activities on Metals in Arctic Permafrost: A Characterization of Benchmark Soils on the Yamal and Gydan Peninsulas in Russia // *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00607-y>

*Lupachev A., Gubin S.* The soil-cryogenic complex: Evidence of late Pleistocene Holocene coevolution of permafrost and cryosols at the Kolyma Lowland // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2023. Vol. 34. Is. 3. P. 317–330. doi: 10.1002/ppp.2191

*Obu J., Westermann S., Bartsch A. et al.* Northern Hemisphere permafrost map based on TTOP modelling for 2000–2016 at 1 km<sup>2</sup> scale. *Earth Science Reviews*, 2019. Vol. 193. P. 299–316. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.04.023