

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии РАН

На правах рукописи

Шматова Анастасия Геннадьевна

**МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ПОДЗОНЫ ТИПИЧНЫХ ТУНДР ЕТР:
РАЗНООБРАЗИЕ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ДИНАМИКА**

Специальность: 1.6.12 Физическая география и биогеография, география почв и геохимия
ландшафтов

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук
главный научный сотрудник
С.В. Горячкин

Москва – 2026

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Современное состояние проблемы	10
1.1. Криогенные микроструктуры почвенного покрова: подходы к изучению и классификации	10
1.2. Современные представления о характере и географических закономерностях почвенного покрова тундр	16
1.3. Изученность почвенного покрова Восточно-Европейских тундр.....	22
Глава 2. Физико-географическая характеристика районов исследования	27
2.1. Климат и мерзлотные условия исследованных территорий	27
2.2. Геолого-геоморфологическое строение исследованных территорий	30
2.3. Растительность исследованных территорий	38
Глава 3. Методы исследования	45
3.1. Сбор полевого материала	45
3.2. Исследование почв и микроструктур почвенного покрова	52
3.3. Анализ неоднородности почвенного покрова районов исследований	58
3.4. Анализ динамики структуры ландшафтов плакоров на уровне урочищ.....	62
Глава 4. Почвы как компоненты почвенного покрова и микроструктур	68
4.1. Почвы с криометаморфическим горизонтом	68
4.2. Почвы с глеевым горизонтом (глеевые почвы)	74
4.3. Почвы с криогенным горизонтом (криоземы и торфяно-криоземы)	77
4.4. Альфегумусовые и слаборазвитые почвы на песках	80
4.5. Торфяные почвы.....	84
Глава 5. Криогенные микроструктуры почвенного покрова автономных позиций	87
5.1. Характеристика выделенных морфотипов криогенных микроструктур почвенного покрова.....	87
5.2. Разнообразие КМС по контрастности, характеру связи между компонентами, составу и положению в ландшафте	106
5.3. Уточнение списка и типизации криогенных микроструктур почвенного покрова, встречающихся на территории подзоны типичных тундр ЕТР	114
Глава 6. Организация почвенного покрова автономных позиций типичных тундр	116
6.1. Почвенный покров ключевых участков.....	116
6.2. Состав почвенного покрова автономных поверхностей тундр	134
Глава 7. Динамика почвенного покрова плакоров.....	141
7.1. Динамика перехода между классами лишайниковых тундр и бугорковатых тундр..	142

7.2. Динамика перехода между классами лишайниковых и кустарничково-моховых тундр	143
7.3. Динамика перехода между классами кустарничково-моховых тундр и осоковых сообществ	143
7.4. Динамика перехода между классами осоковых сообществ и ивняков	145
Выводы	147
Список сокращений	149
Список терминов	149
Список литературы	151
Приложения	164

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Почвенный покров тундр отличается высокой неоднородностью на микроуровне [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Горячкин, 2010; Фридланд, 1972а, 1984] – наличием разнообразных криогенных микроструктур почвенного покрова (КМС). В первую очередь это связано с наличием многолетнемерзлых пород и проявлением криогенных процессов, происходящих в деятельном слое, которые нарушают исходное залегание почвенных горизонтов и могут создавать специфический криогенный микрорельеф [Washburn, 1956, 1973; Достовалов, Кудрявцев, 1967; Романовский, 1993; Ершов, 2002; Гаранкина, 2013]. Существующие подходы к характеристике и типизации КМС, разработанные в рамках теории структур почвенного покрова [Атлас Арктики, 1985; Фридланд, 1972а, 1984], как и классификация структурных грунтов Уошборна [Washburn, 1956, 1973], на наш взгляд, не уделяют должного внимания сложному строению почвенного тела, нарушенному криогенными процессами. Помимо этого, подзона типичных тундр Европейского сектора Арктики, в особенности ее западная часть, менее изучена по сравнению с более южными и восточными регионами [Горячкин, 2010; Иванова, Полинцева, 1952; Игнатенко, 1979; Тонконогов, 2010].

В настоящее время, благодаря развитию технологий дистанционного зондирования и современных методов почвенной картографии и ГИС становится возможным значительно продвинуться в решении вопросов распространения КМС и разнообразия их геометрических форм. Анализ цифровых моделей рельефа дает возможность на современном уровне охарактеризовать геоморфологическую позицию той или иной структуры, выявить факторы пространственной приуроченности. Современные методы почвенной картографии позволяют на новом уровне уточнить наши представления о составе почвенного покрова тундр. Анализ данных дистанционного зондирования Земли позволяет выявить динамику ландшафтов, связанную с изменением влажности поверхности, развитием или угнетением растительности (Shevtsova et al., 2020; Magnusson et al., 2021) и, таким образом, определить возможные тренды в динамике почвенного покрова.

Объектом исследования выбран почвенный покров подзоны типичных тундр ЕТР.

Предмет исследования: криогенные микроструктуры почвенного покрова, их разнообразие, распространение и динамика, а также их участие в составе почвенного покрова.

Цель исследования: выявить разнообразие, распространение и динамику криогенных микроструктур автономного почвенного покрова в западной части подзоны типичных тундр ЕТР.

Задачи исследования:

1. Выявить и описать почвы района исследований, дать характеристику их морфологических и химических свойств;
2. Разработать подходы к описанию криогенных микроструктур почвенного покрова для задач их типизации с учетом существующих методик;
3. Выделить и описать наиболее типичные микроструктуры почвенного покрова районов исследования, дать им подробную характеристику согласно разработанным подходам;
4. Сопоставить морфологическое строение описанных микроструктур с ранее выделявшимися типами, установить соответствия или обосновать выделение новых типов;
5. Обобщить полученный материал и проанализировать разнообразие криогенных микроструктур по положению в ландшафте, составу компонентов и контрастности и связи между ними;
6. Составить почвенные карты ключевых участков и оценить степень участия микроструктур в почвенном покрове различных ландшафтов;
7. Провести анализ данных дистанционного зондирования Земли для выявления динамики микроструктур почвенного покрова вследствие климатических изменений.

Методологическую основу работы составляют: морфологические исследования строения почвенных тел [Кириллова, Силёва, 2017; Розанов, 2004] и их диагностика [Аветов, Кузнецов, Шишконокова, 2021; Ананко, Герасимова, Конюшков, 2020; Герасимова, Ананко, Конюшков, 2018; Хитров, Герасимова, 2022; Полевой определитель почв России, 2008; World Reference Base..., 2022], типизация и характеристика криогенных микроструктур почвенного покрова [Фридланд, 1972; Атлас Арктики, 1985; Национальный атлас..., 2011], сравнительно-географический метод и пространственный анализ почвенного покрова ключевых участков при помощи комплекса методов почвенной картографии, дистанционного зондирования и ГИС [Медведев, Алексеенко, 2017; Методология составления..., 2006]. Изучение почвенного покрова дополнено анализом физико-химических свойств почв [Теория и практика..., 2006].

Области исследования в соответствии с паспортами специальностей. Специальность 1.6.12 «физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов»: 2. Структура, функционирование, динамика ландшафтов; 7. География и картография почв, происхождение и структура почвенного покрова.

Фактический материал и личный вклад автора. Полевой материал был собран автором в период с 2018 по 2023 год в ходе 5 экспедиций на остров Колгуев и экспедиции 2020 года – на полуостров Болванский (ключевой участок В) и острова Ловецкий и Кашин в Печорской губе (ключевой участок L). На Колгуеве автором изучены три района: среднее течение реки Песчанки (ключевой участок КС), центральный возвышенный район (ключевой участок КН) и восточный

район (ключевой участок KE). В работе были задействованы архивы спутниковых изображений открытого доступа: Landsat, Sentinel, Google Earth, а также цифровая модель местности Arctic DEM. Детальные ортофотопланы и цифровые модели местности, использованные в работе, были составлены по материалам съемок с БПЛА, выполненных автором, а также другими участниками экспедиций: А.Е. Гнеденко, И.А. Лавриненко. При составлении карты почвенного покрова полуострова Болванский использовалась карта местообитаний, составленная И.А. Лавриненко [2021].

Автором был полностью выполнен полевой этап работы, проведена пробоподготовка образцов почв для проведения лабораторных анализов, проанализированы полевые и лабораторные данные и подготовлен текст диссертации. Содержание общего органического углерода и азота было определено методом сухого сжигания в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» ИГ РАН (г. Москва). Остальные анализы – определение гранулометрического состава, электропроводности, pH водного и солевого, содержания дитиониторастворимых («несиликатных») соединений железа по методу Мера-Джексона и оксалаторастворимых («аморфных») форм железа и алюминия по Тамму – были выполнены в химической лаборатории Отдела географии и эволюции почв.

Научная новизна. Для подзоны типичных тундр ЕТР проведен анализ состава почвенного покрова на уровне микроструктур. В ходе исследований были уточнены и разработаны подходы к описанию и типизации криогенных микроструктур. В результате на исследованной территории выделено 9 морфотипов микроструктур почвенного покрова автономных позиций: помимо пучинно-бугорковых, трещинно-полигональных и крупнополигональных микроструктур впервые в этой подзоне детально описаны спорадически-пучинно-пятнистые и полосчатые микроструктуры; впервые выделены и охарактеризованы как самостоятельный морфотип спорадически-пучинные, трещинно-конвективные, кольцевые и западинковые микроструктуры. Для всех перечисленных типов микроструктур была установлена их ландшафтная приуроченность, характер связи между компонентами и разнообразие состава. Помимо контрастных криогенных микроструктур – комплексов – были описаны и слабоконтрастные – пятнистости.

В ходе исследований было выявлено, что в составе автономного почвенного покрова подзоны типичных тундр ЕТР доминируют – в зависимости от региональных особенностей – почвы с криометаморфическими горизонтами, подзолы или криоземы. Анализ состава почвенного покрова плакоров показал, что в некоторых ландшафтах он обладает сравнительно низкой контрастностью на уровне микроструктур: в составе почвенного покрова трех из пяти ключевых участков доля комплексов составляла менее половины площади автономных поверхностей.

В работе проведена оценка потенциальной динамики почвенного покрова подзоны типичных тундр ЕТР под влиянием климатических изменений: установлено, что наиболее подвержены изменениям спорадически-пучинно-пятнистые и трещинно-полигональные микроструктуры, выявлен потенциал образования новых пучинно-бугорковатых структур, связанный с трендом зарастания осоковых ложбин ивняками.

Теоретическая и практическая значимость. Подход к описанию криогенных микроструктур почвенного покрова, разработанный и опробованный в настоящей работе, закладывает основы для их дальнейшей типизации и классификации. В нем учитываются сложность строения и формирования микроструктур: особое внимание уделяется внутренней организации, а геометрическое строение рассматривается независимо от генезиса микроструктуры (генезиса криогенных деформаций). Проведенная типизация КМС и описание их строения, в особенности данные о распределении и качестве органического вещества, являются необходимой основой для расчетов и моделирования динамики запасов органического вещества почв. Выявленная ландшафтная приуроченность и географическое распространение микроструктур позволяют вывести эти расчеты на пространственный и даже региональный уровень, качественно увеличивая точность оценок.

Защищаемые положения:

I. В западной части подзоны типичных тундр ЕТР *почвы с криометаморфическим горизонтом (криометаморфические почвы и подбуры криометаморфические)* являются одними из основных, а местами преобладающими компонентами почвенного покрова автономных позиций, формируя как однородные ареалы, так и входя в состав микроструктур. Наряду с ними, в некоторых районах, существенную роль в почвенном покрове помимо *подбуров* играют *криоземы*. *Глеевые почвы (глееземы, торфяно-глееземы и глееземы криометаморфические)* на автономных поверхностях формируются преимущественно в составе микроструктур, в связи с чем их преобладание в почвенном покрове может быть обеспечено только высокой долей комплексов с их участием.

II. На исследованной территории выделено девять криогенных микроструктур почвенного покрова, относящихся к трем группам: 1) ранее описанные в европейских тундрах – *пучинно-бугорковатые, трещинно-полигональные и крупнопolygonальные*; 2) ранее описанные в тундрах других регионов и впервые – в европейских типичных тундрах – *спорадически-пучинно-пятнистые и полосчатые*; 3) впервые выделенные и охарактеризованные как морфотип КМС: *спорадически-пучинные, трещинно-конвективные, кольцевые и западинковые микроструктуры*.

III. Не все криогенные микроструктуры являются комплексами, как в основном считалось ранее: были описаны участки с выраженным микрорельефом, но слабоконтрастными

комбинациями почв — пятнистостями (большинство крупнополигональных и некоторые пучинно-бугорковатые микроструктуры).

IV. Криогенные комплексы не всегда доминируют в почвенном покрове тундровых ландшафтов, а низкая доля комплексов может быть характерна для почвенного покрова, сформированного как на песчаных, так и на суглинистых отложениях. В трех из пяти ключевых участков контрастные микроструктуры уступают место либо ЭПА криометаморфических почв, либо слабоконтрастным микроструктурам, в состав которых входят подбуры криометаморфические или подбуры оподзоленные.

Степень достоверности полученных результатов обеспечивается обширной географией работ, использованием большого объема фактического материала, привлечением данных дистанционного зондирования различного пространственного разрешения и методов ГИС для пространственного анализа. Было исследовано около 200 разрезов и траншей, составлено 5 карт ключевых участков.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были представлены: на 23м Всемирном конгрессе по почвоведению (Нанкин, КНР, 2026), VIII и IX съездах Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (2022 (онлайн); Казань, 2024), на научных семинарах «Почвы во времени и пространстве» им. В.О. Таргульяна – в 2023 и 2024 г. и семинаре «Теоретические проблемы почвенного криогенеза» (Макеевские чтения) – дважды в 2025 г. Помимо этого, материалы исследования были представлены в докладах и тезисах на следующих конференциях: конференции молодых ученых «Почвоведение: горизонты будущего» (Москва, 2019, 2022, 2023, 2024), молодежной школе-конференции «Меридиан» (Курск, 2018, 2019; Москва, 2023), ежегодной конференции по результатам экспедиционных исследований «Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России» (Санкт-Петербург, 2019, 2022), научно-практической конференции «Геодезия, Картография, Геоинформатика и Кадастры. Наука и образование» (Санкт-Петербург, 2019), международной конференции «Polar Early Career Conference» (2021, онлайн), конференции «Актуальные вопросы изучения и сохранения растительного мира Арктики и горных районов» (Апатиты, 2021, онлайн), интернет-конференции «Природная и антропогенная неоднородность почв и статистические методы ее изучения» (Москва, 2021, онлайн), научно-практической конференции «Мерзлотные почвы в антропоцене» (Салехард, 2023), конференции «К познанию цельного образа криосферы Земли. Изучение природных явлений и ресурсного потенциала Арктики и Субарктики» (Тюмень, 2023), конференции «Биологические проблемы Севера» (Магадан, 2024), конференции по мерзлотоведению «Проблемы криосферы Земли» (Пущино, 2025).

Публикации. Материалы исследований изложены в 24 печатных работах, включая 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в базы данных Scopus, RSCI, Белый список, а также в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка сокращений, списка терминов, списка литературы (196 источников, из которых 45 на иностранном языке) и 5 приложений. Содержательная часть диссертации изложена на 148 страницах, иллюстрирована 20 таблицами и 57 рисунками. Общий объём диссертации с приложениями составляет 217 страниц.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю С.В. Горячкину за многолетнее наставничество, ценные советы и помощь в работе над диссертацией и написании статей. Также автор признателен А.А. Медведеву и И.О. Алябиной, руководившим работой на ее начальных этапах. Автор благодарит коллектив отдела географии и эволюции почв ИГ РАН за обсуждение и советы на всех этапах подготовки работы, коллектив лаборатории радиоуглеродного датирования ИГ РАН за помощь в работе с образцами. Автор особо благодарит коллег: Н.О. Тельнову, Д.Е. Конюшкова и С.Ф. Хохлова, Г.В. Матышака, С.В. Лойко, И.Г. Шоркунова и Е.А. Гаранкину, Ф.А. Романенко, А.В. Бартову и Е.А. Гусева, А.А. Попову и Е.И. Пижанкову, О.В. Лавриненко и всех, кто на разных этапах работы консультировал, давал советы, помогал с подготовкой к экспедиции и оказывал моральную поддержку. Автор выражает глубокую благодарность П.М. Глазову и Ю.А. Лощагиной – бессменным организаторам Колгуевских экспедиций; а также И.А. Лавриненко и О.В. Лавриненко – организаторам экспедиции на Болванский п-ов и острова Печорской губы. Автор благодарит Д.Г. Петрова, В.А. Лобкова, А.В. Кондратьева, А.Е. Гнеденко и всех участников экспедиций – за помощь в полевых работах, плодотворную атмосферу и приятную компанию. Кроме того, работа не была бы выполнена без всесторонней моральной и материальной поддержки родными и близкими.

Полевые работы были выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ №22-17-00168 (рук. А.А. Тишков); анализ космических снимков для выявления динамики ландшафтов был проведен в рамках гранта РФФИ №18-05-60057 (рук. А.А. Тишков). Материалы исследования обобщены и представлены в диссертационной работе в рамках выполнения гранта Министерства науки и высшего образования РФ №075-15-2024-554 (рук. чл.-корр. РАН О.Н. Соломина). Лабораторные и морфологические исследования выполнены в рамках темы государственного задания FMWS-2024-0010 (рук. И.В. Замотаев). Систематизация и анализ криогенных микроструктур по полевым и литературным данным был проведен за счет средств мини-гранта ИГ РАН (рук. А.Г. Шматова).

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Криогенные микроструктуры почвенного покрова: подходы к изучению и классификации

Подходы к изучению явления криогенной неоднородности почвенного покрова

Криогенные микроструктуры почвенного покрова являются сложным и многогранным для исследования объектом: с одной стороны – это почвенный покров, обладающий неоднородностью, с другой стороны – один из результатов действия криогенных процессов, происходящих в деятельном слое, с третьей – микро-неоднородность ландшафта и, соответственно, один из факторов мозаичности растительного покрова. Поэтому упоминание или описание КМС можно найти в разных работах, не только почвенных. В зависимости от того, под каким углом и насколько узко или широко рассматривается данное явление, могут использоваться различные термины [Мудров, 2007; Рычагов, 2006; Lewkowicz et al., 2024]: криогенный микрорельеф, структурные грунты (patterned ground), криогенные почвенные комплексы [Васильевская, 1980]¹, или более узкие ландшафтные названия: пятнистые тундры, полигональные тундры, бугорковатый микрорельеф, hummocks, frost boil и т.д. Все эти термины имеют отношение к одному явлению неоднородности почвенного и растительного покрова, возникшей в результате криогенных деформаций, происходящих в деятельном слое.

В зависимости от задач внимание исследователя может быть сосредоточено на одной из сторон данного явления: геометрии узора поверхности, внутреннем строении, генезисе, процессах и т.д. Некоторые работы рассматривают данное явление более комплексно, другие – более узко. Так, в работах криолитологов основное внимание уделяется полигональному растрескиванию и пучению [Достовалов, Кудрявцев, 1967; Романовский, 1993; Ершов, 2002; Маслов и др., 2005; Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах, 1985]. Реже рассматриваются криогенные пятна и процессы их образования [Достовалов, Кудрявцев, 1967; Маслов и др., 2005; Романенко, Хольнов, Зарецкая, 1998; Washburn, 1956, 1973].

В работах почвоведов наибольшее внимание уделяется строению почвенного профиля [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Васильевская, 1980; Игнатенко и др., 1987; Губин, Лупачев, 2008; Забоева, 1967; Игнатенко, 1967b, 1972b; Ping et al., 2017] и вопросам генезиса [Ван Влие-Лану, 1998; Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Караваева, Полтева, 1967; Bockheim, Tarnocai, 1998; Kokelj, Burn, Tarnocai, 2007; Mackay, 1980; Tarnocai, Zoltai, 1978; Van Vliet-Lanoe,

¹ не следует путать с почвенно-мерзлотным комплексом по Губину и Лупачеву [2008]

Seppala, 2002]; в монографиях могут затрагиваться оба вопроса. Реже рассматриваются микрорельеф [Губин, Лупачев, 2008; Иванова, Польшина, 1952] и геометрия поверхности [Васильевская, 1980; Гордеев, 1974; Ливеровский, 1934].

Подходы к рассмотрению неоднородного почвенного покрова

При изучении почвенного покрова возможны два теоретических подхода к рассмотрению его неоднородности [Соколов, 1997, с. 311]: в первом подходе каждое латеральное изменение в наборе почвенных горизонтов или признаков определяет смену компонента почвенного покрова, при втором подходе почвенный покров с регулярной неоднородностью рассматривается как ареал одной, но латерально циклически анизотропной почвы.

Первый подход реализован в рамках теории структур почвенного покрова (СПП): в понятии об элементарном почвенном ареале (ЭПА) и почвенной комбинации [Козловский, 1992; Соколов, 1997, 2004; Фридланд, 1965, 1972а, 1984]. Второй – в концепции педона и полипедона [Джеррард, 1984; Johnson, 1963], лежащей в основе американской, канадской и международной классификации почв [Soil Taxonomy, 1999; The Canadian System of Soil Classification, 1998; World Reference Base for Soil Resources, 2022].

Рассмотрим основополагающие различия этих двух концепций.

Теоретически под ЭПА подразумевается «почвенное образование, внутри которого отсутствуют какие-либо почвенно-географические границы и которые по своей природе могут иметь весьма различную площадь» [Фридланд, 1972а, с. 31]. Однако на практике обычно в качестве ЭПА принимается пространство, занимаемое почвой, относящееся к какой-либо одной классификационной единице наиболее низкого ранга [Скрябина, 2007, с. 10].

При однородном почвенном покрове размер ЭПА, как правило, сильно превышает десятки метров квадратных, а в рамках второй концепции ему в этом случае соответствует понятие полипедона или почвенного индивидуума – группы смежных педонов, характеристики которых находятся в пределах одной и той же почвенной серии [Johnson, 1963] (Таблица 1.1.1).

Для почвенного покрова, обладающего высокой и закономерно повторяющейся (циклической) неоднородностью, единицей его организации будет выступать либо – в рамках модели СПП – почвенная комбинация, компоненты которой будут рассматриваться как самостоятельные почвенно-классификационные единицы (т.е. ЭПА), либо – в рамках другой модели – единицей организации является педон – наименьший объем почвы, необходимый для характеристики всего ареала (полипедона) данной пространственно-анизотропной почвы [Джеррард, 1984; Соколов, 1997; Johnson, 1963] (Таблица 1.1.1).

Из таблицы 1.1.1 следует, что ЭПА могут участвовать в составе почвенного покрова на разных иерархических уровнях: более крупные ЭПА являются компонентами почвенного

покрова более высокого уровня наравне с микроструктурами. Поскольку это типичный случай для настоящей работы, в дальнейшем под ЭПА будут иметься в виду только более крупные ЭПА, которые будут также именоваться «самостоятельные ЭПА», то есть формирующиеся вне микроструктур, или «однородные ареалы почв».

Таблица 1.1.1 – Соответствие иерархических уровней в разных моделях, для разного почвенного покрова

Однородный почвенный покров		Почвенный покров с циклической неоднородностью*	
<i>Теория СПП</i>	<i>Концепция педона/полипедона</i>	<i>Теория СПП</i>	<i>Концепция педона/полипедона</i>
ЭПА	Полипедон	Микроструктура	Полипедон
-	Педон	Микрокомбинация	Педон
		ЭПА	-

Примечание: период изменения почвенных свойств, то есть диаметр повторяющейся ячейки, менее 7 м

Рассмотрим, как реализуется тот или иной подход на практике.

В иностранной литературе при описании криогенно-нарушенных почв для характеристики узора поверхности дается или название типа структурного грунта по классификации Уошборна [Ping et al., 2017], или его подробная характеристика, включающая форму, размеры, а также льдистость ММП и т.д. [Bockheim, Kimble, Ping, 1996]. В некоторых случаях [Van Vliet-Lanoe, Seppala, 2002], для описания формы криогенного явления используется терминология словаря ассоциации IPA (International Permafrost Association) [Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms, 2005]. При описании педона должен указываться % каждого горизонта; для анализов берутся составные образцы эквивалентных прерывистых горизонтов [Bockheim, Kimble, Ping, 1996].

В русскоязычной литературе криогенно-неоднородный почвенный покров рассматривается в рамках теории СПП. В ней выделяется несколько масштабных уровней организации почвенного покрова. Неоднородности почвенного покрова, связанные с развитием криогенных деформаций и криогенного микрорельефа рассматриваются на уровне микроструктур. Согласно теории СПП, микроструктура (реально существующий участок почвенного покрова) состоит из повторяющейся микро-комбинации, которая одновременно является моделью всей структуры [Фридланд, 1984, с. 13]. Микроструктура, как и полипедон, характеризуется определенным пространственным узором, генезисом и эволюцией [Фридланд, 1972a]. Микрокомбинация, согласно теории СПП, состоит из ЭПА, в данном случае выступающих скорее как классификационные, чем пространственно-географические единицы, поскольку их размер в плане может быть заметно меньше вертикального размера почвенного

тела. Генетическая, геохимическая и функциональная связь между компонентами, ее направленность и степень выраженности – рассматривается отдельно и является важной характеристикой микрокомбинации. Таким образом, микроструктура характеризуется составом компонентов, их контрастностью и характером связи между ними [Фридланд, 1972а]. Поскольку в большинстве случаев микроструктура состоит из комбинаций только одного типа, то все характеристики последней равно можно перенести и на всю микроструктуру. Таким образом, расчленение почвенного тела на компоненты, подчас весьма искусственное и дискуссионное [Соколов, 2004, с. 123], тем не менее, дает возможность в рамках данного подхода более полно охарактеризовать неоднородность почвенного покрова. В связи с этим в настоящей работе будет реализован именно этот подход, разработанный в рамках теории СПП.

Подходы к типизации и классификации криогенных микроструктур почвенного покрова

Типизации криогенных микроструктур почвенного покрова в атласах

Попытки создать классификацию почвенных комбинаций или структур почвенного покрова [Фридланд, 1965, 1972а, 1984] не получили широкого признания [Соколов, 2004], к тому же, эти классификации, будучи всеобъемлющими, не адаптированы для систематизации знаний о КМС. Тем не менее, для решения конкретной практической задачи – отображения многообразия форм и состава криогенных микроструктур на обзорных картах – были разработаны их типизации.

Наиболее полная систематизация микроструктур почвенного покрова, характерных для всей арктической зоны, предложена в Атласе Арктики (1985). На почвенной карте выделены как почвы, так и почвенные комплексы различного состава и типов. В пояснительном тексте дается краткое описание 13 комплексов почв [Атлас Арктики, 1985, с. 181], под которыми подразумеваются некие типологические единицы. Четкого принципа номенклатуры нет: в названии используются как генетические термины – «пучинно-бугорковатый», «солифлюкционно-линейный», так и слова, указывающие на геометрию: «многоугольный», «спорадический», «линейный». Такое сочетание различных характеристик, по всей вероятности, является следствием того, что в теории СПП генезис и геометрия рассматриваются вместе, как одна характеристика. То есть можно говорить, что в атласе выделены генетико-геометрические типы микроструктур.

В качестве примеров строения того или иного типа КМС, в атласе приведены схемы почвенных профилей. Это позволяет понять какое именно место в комплексе занимает та или иная почва, указанная в легенде в составе данного комплекса. Благодаря схемам, типизация Атласа Арктики может быть использована как рабочий инструмент, поскольку позволяет

сопоставлять строение микроструктур из разных источников и устанавливать их типовую принадлежность.

Стоит отметить, что исходя из легенды почвенной карты и схем строения, одному типу комплекса может соответствовать разный набор почв и наоборот, один и тот же набор почв может образовывать комплексы разных типов. Так на схемах приведено 7 разновидностей трещинно-нанопolygonальных комплексов, а подбуры оподзоленные и почвы пятен могут образовывать как спорадически-пятнистый, так и солифлюкционно-линейный комплекс (выдел 17а и 17б легенды карты). То есть мы видим выражение идеи о том, что есть некий тип строения комплекса, объединяющий его генетическую, геометрическую и морфологическую характеристику, и что он не связан напрямую только с одной почвенной комбинацией, а может быть представлен разным составом почв. То есть тип и состав микроструктуры – две ее независимые характеристики.

На Почвенной карте РСФСР масштаба 1:2 500 000, изданной чуть позже [1988], для северных территорий (включая тайгу) выделено 11 вариантов комплексов. Их названия и состав частично отличаются от приведенных в Атласе Арктики: часть комплексов объединено в более крупные группы, добавлены новые, не выделявшиеся в атласе (Таблица 3.2.1). В легенде карты также представлен состав КМС, однако нет указаний о месте почвы в комплексе (почва бугорка, почва трещины и т.д.).

В Национальном атласе почв [2011] (Карта почв России масштаба 1:15млн) комплексы объединены в более крупные четыре типологические общности, к ним приведены схемы строения (несколько для каждой группы).

На ряде других обзорных карт: Государственной почвенной карте [1982], Почвенной карте Российской Арктики [Михайлов, 2016], почвенной карте в Национальном Атласе Арктики [2017] отражен лишь состав КМС.

Типизация структурных грунтов

Термин “patterned ground” является ближайшим аналогом понятия «криогенная микроструктура почвенного покрова» в зарубежной литературе [Мудров, 2007; Ping et al., 2017; Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms, 2005]. В русскоязычной литературе используется либо дословный перевод – «структурный грунт» [Ван Влие-Лану, 1998; Чернов, 1980], либо термин «криогенный микрорельеф» [Гаранкина, 2013; Холод, 2014].

Структурными грунтами обозначается неоднородная поверхность земли, представляющая из себя отчетливо упорядоченные формы, образованные чередованием повышений и понижений микрорельефа и/или сортировкой обломочного материала, и/или растительности (в т.ч. ее отсутствия, т.е. пятен) [Мудров, 2007; Washburn, 1956; Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms, 2005]. Таким образом, «структурный грунт» –

более узкое морфологическое понятие, чем «криогенная микроструктура почвенного покрова», подразумевающее большее внимание к внутреннему строению.

В середине прошлого века Уошборном была разработана классификация структурных грунтов [Washburn, 1956, 1973], согласно которой все структурные грунты разделяются по наличию сортировки крупнообломочного материала на сортированные и несортированные, а по форме (узору) делятся на пять основных типов: circles (округлые очертания), polygons (угловатые), nets (сглаженные углы, среднее между первыми двумя), steps и stripes. Предложено также разделение по генезису (процессам): базово все структурные грунты делятся на сформированные с участием растрескивания поверхности и без него; далее учитывается генезис трещин или наличие других процессов.

Совокупность каждой из этих характеристик – узора, сортировки и генезиса – дает определенный тип структурного грунта. По содержанию он соответствует типологическим единицам, выделяемым на почвенных картах, однако с более строгой структурой (Таблица 1.1.2).

Несмотря на детальность классификации, в ней не учитывается внутренняя, объемная организация грунтов. Важность этой информации отмечал и сам Уошборн [Washburn, 1973]. Следовательно, типизация структурных грунтов, основанная на геометрических формах узора поверхности, является недостаточно детальной для решения проблем неоднородности почвенного покрова на микроуровне.

Таблица 1.1.2 – Сопоставление типизаций криогенных микроструктур почвенного покрова и классификации структурных грунтов

Источник	Критерий, используемый для типизации			
	Узор поверхности	Наличие сортировки	Генезис	Компоненты почвенного покрова
Типизации КМС				
Атлас Арктики, 1985	13 типов (включают форму и генезис микроструктуры, а также наличие сортировки)			Состав по классификационной принадлежности почв; Указан в легенде карты
Легенда к почвенной карте РСФСР, 1:2,5 млн, 1988	11 типов (для Арктики) (включают форму, микрорельеф и сортировку)		—	
Карта почв России, 1:15 млн. в Национальном атласе почв РФ, 2011	5 типов (включают форму и микрорельеф)	—	—	
Классификация структурных грунтов				
Washburn, 1956, 1973	5 форм	2 варианта: есть/нет	Более 13 процессов формирования	—

Таким образом, в отличие от типизации КМС в Атласе Арктики [1985], классификация структурных грунтов отдельно рассматривает форму и генезис, но не рассматривает внутреннюю организацию. Тем не менее, классификация структурных грунтов широко используется зарубежными исследователями [Mackay, 1980; Tarnocai, Zoltai, 1978; Walker et al., 2012; Warburton, 2013], в том числе почвоведомы [Drew, Tedrow, 1962; Ping et al., 2017].

1.2. Современные представления о характере и географических закономерностях почвенного покрова тундр

Характер почвенного покрова тундр

Факторы дифференциации

Особенности структуры почвенного покрова тундр определяются действием ряда факторов и процессов дифференциации почвенного покрова. Они подробно рассмотрены в статье В.Д. Васильевской с соавторами [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993]. Среди них, помимо универсальных факторов, действующих во всех природных областях (рельеф, геоморфологические процессы, почвенно-грунтовые воды, неоднородность материнских пород, деятельность животных и человека, время формирования почвенного покрова) выделяется ряд специфических факторов и процессов, свойственных только для полярных областей:

1. Мерзлотные процессы, ответственные за создание, в первую очередь, почвенных комплексов: пучение, трещинообразование, солифлюкция, термокарст и другие.
2. Фактор неоднородности снежного покрова. Он действует на почвенный покров опосредованно через влияние на развитие растительности, причем отрицательное воздействие на ее развитие оказывает как недостаточный снежный покров (промерзание), так и слишком глубокий (долгое стаивание, короткий вегетационный сезон).
3. Ветер и ветровой режим определяют интенсивность снежной и ветровой корразии приподнятых участков микро- и мезорельефа, а также влияют на перераспределение снежного покрова, то есть водно-тепловой режим почв.
4. Специфическая для полярных зон морозная сортировка проявляется на грунтах с высоким содержанием крупнообломочного материала и приводит к возникновению литологической микро-неоднородности на исходно однородной толще.
5. Криотурбации и другие пластичные деформации грунтов могут, напротив, приводить к выравниванию исходно неоднородного литологического фона, а также к частичному

или полному стиранию элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля [Караваева, Таргульян, 1970].

6. Высокая неоднородность растительного покрова определяет как качество и количество локально поступающего органического вещества, так и водно-тепловой режим почв.

Особенности почвенного покрова полярных областей

Перечисленные факторы и процессы определяют характерные особенности почвенного покрова тундровой зоны. В первую очередь – его высокую комплексность, то есть преобладание в почвенном покрове контрастных криогенных микроструктур [Горячкин, Караваева, Таргульян, 1998; Горячкин, 2010; Национальный атлас почв..., 2011; Васильевская, Караваева, Наумов, 1993]. Ареалы однородного почвенного покрова скорее представляют собой исключение в СПП тундровых ландшафтов. Эта особенность характерна для всей Арктики, в связи с чем вся территория от севера Скандинавского полуострова до Берингова пролива, согласно В.М. Фридланду [1984], выделяется как «страна криогенных почвенных комплексов севера Евразии».

Другой важной особенностью почвенного покрова тундр является неустойчивое, динамическое состояние [Горячкин, 2010; Национальный атлас почв..., 2011; Васильевская, Караваева, Наумов, 1993]. Оно связано с цикличностью процессов пятно-образования, а также процессами пучения и термокарста, вызывающими направленные изменения [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Караваева, Полтева, 1967; Михайлов, 2020; Тыртиков, 1979].

С высоким распространением пятнистых тундр связана еще одна особенность почвенного покрова тундр – его разорванность [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993]. Причем площадь незадернованной поверхности возрастает к северу, в связи с усилением экстремальности факторов мерзлотного режима и ветровой корразии.

Почвенно-географическое районирование европейских тундр

Согласно почвенно-географическому (почвенно-экологическому) районированию европейские тундры относятся к подзоне *тундровых глеевых почв и подбуров субарктической тундры* [Карта почвенно-экологического..., 2019]. В пределах европейского сектора Арктики выделяются две провинции: Кольская и Канинско-Печорская (Рисунок 1.2.1). Подзона типичной (кустарничковой) тундры выделяется только в пределах Канинско-Печорской почвенной провинции [Герасимова, Богданова, Смирнова, 2025].



Рисунок 1.2.1 – Фрагмент карты почвенно-экологического районирования [Национальный атлас Арктики, 2017]. В₂ – Канинско-печорская почвенная провинция зоны тундровых глеевых почв и подбуров тундровых (подбуров) субарктической тундры.

Отличия в почвенном покрове между типичными и южными тундрами

Почвенный покров типичных тундр в отличие от более южных районов характеризуется разорванностью (за счет почв пятен) и наличием в почвах мулль-модерового (грубогумусированного) органо-аккумулятивного горизонта и меньшей мощностью моховой подстилки [Горячкин, 2010; Горячкин, Караваева, Таргульян, 1998].

Согласно последним обобщениям, для подзоны типичных тундр считаются характерными следующие типы почв [Горячкин, 2010]:

- криометаморфические (в том числе глееватые) и криоземы на суглинках;
- дерновые грубогумусированные и перегнойно-темногумусовые остаточно-карбонатные на щебнистых отложениях;
- подбуры (в том числе оподзоленные) и подзолы на песках;
- глееземы и торфяно-глееземы в условиях слабого дренажа;
- торфяные почвы.

Южные кустарниковые тундры отличаются наличием в почвенном покрове не только подзолов, но и подзолистых почв, а также разнообразием почв с криометаморфическим горизонтом: для зоны характерны глееземы криометаморфические, органо- и дерново-криометаморфические, текстурно-криометаморфические почвы [Герасимова, Богданова, Смирнова, 2025; Горячкин, 2010].

Европейский Север среди всей арктической зоны обладает наиболее мягким климатом вследствие чего криогенные комплексы этой области значительно отличаются. В частности, процессы полигонального растрескивания, наиболее изученного мерзлотооведами [Достовалов, Кудрявцев, 1967; Романовский, 1993; Ершов, 2002], здесь имеют ограниченное распространение. В связи с этим для Европейских тундр – как южных, так и типичных – характерны комплексы бугорковатых и пятнистых тундр, тогда как для более северных и более восточных районов характерны трещинно-пятнистые и трещинно-нанополлигональные микроструктуры [Добровольский, Урусевская, 2004; Герасимова, Богданова, Смирнова, 2025; Фридланд, 1984; Игнатенко, Норин, Друзина, 1970].

Отличия в почвенном покрове в пределах подзоны типичных тундр ЕТР

Подзона типичных тундр в пределах Европейского сектора Арктики выделяется на острове Колгуев, полуострове Русский Заворот, севере Большеземельской тундры, острове Вайгач и Югорском полуострове [Грибова, 1972; Атлас Арктики, 1985; Лавриненко, 2012].

На полуострове Русский Заворот, а также севере Большеземельской тундры между Паханческой и Хайпудырской губой распространены голоценовые морские террасы [Карта плиоцен-четвертичных образований..., 2013]. На почвенных картах на этих территориях выделяются: 1) маршевые засоленные и солонцеватые почвы (Рисунок 1.2.2 – светло-бледно-зеленая заливка); 2) торфяные болотные почвы, в том числе низинные и верховые (Рисунок 1.2.2 – индексы T_n и T_p ; Рисунок 1.2.3 – индекс 40). Согласно Почвенной карте РСФСР [1988] здесь выделяются два типа комплексов: 1) полигонально-трещинные переходные к валиковым, в состав которых входят торфянисто- и торфяно-глеевые болотные почвы и почв мерзлотных трещин (Рисунок 1.2.2, индекс Γ^T); 2) полигонально-валиковые комплексы торфяных болотных переходных почв, тундровых глеевых торфянистых и торфяных почв и почв мерзлотных трещин (Рисунок 1.2.2, индекс T_p). Согласно Атласу Арктики [1985] здесь выделяется плоскобугристый комплекс тундровых болотных низинных и тундровых торфянисто и торфяно-глеевых почв (Рисунок 1.2.3 – индекс 376). Таким образом, в районах низких морских террас преобладают торфяные и маршевые почвы и характерные для них полигональные и плоскобугристые комплексы.

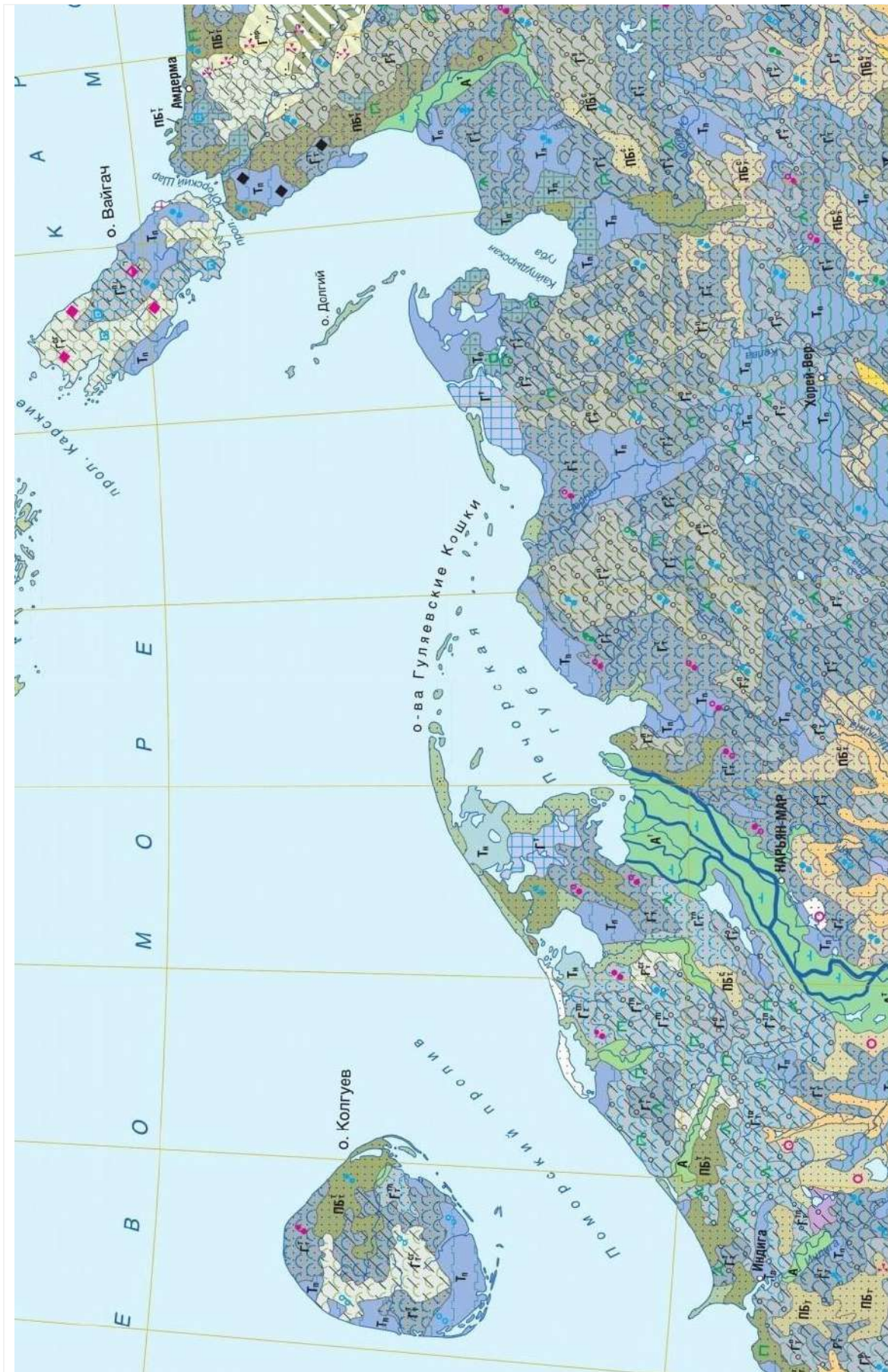


Рисунок 1.2.2 – Фрагмент почвенной карты НАО [Национальный атлас почв ..., 2011], по содержанию соответствующей Почвенной карте РСФСР [1988] (пояснения в тексте)



Рисунок 1.2.3 – Фрагмент почвенной карты масштаба 1:10 000 000 в Атласе Арктики [1985] (пояснения в тексте)

Ландшафты острова Колгуев и Большеземельской тундры весьма схожи по своему литолого-геоморфологическому строению. Они представлены суглинистыми и песчано-суглинистыми морскими и ледниково-морскими холмистыми равнинами, местами с массивами флювиогляциальных песков [Геоморфологическая схема, 2014; Карта четвертичных образований..., 2014]. На суглинках и глинах преобладают бугорковатые комплексы и комплексы с почвами пятен, в состав которых входят глееземы (в том числе перегнойно-торфяные), торфяно-глееземы и почвы пятен; почвы бугорков представлены более или менее оглеенными почвами с сухоторфянистым горизонтом [Ананко, Герасимова, Конюшков, 2020; Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988].

На песках комплексность выражена слабее, широкое распространение приобретают подбуры и тундровые глеевые торфянистые и торфяные [Почвенная карта РСФСР, 1988]. Тем не менее подбуры также образуют пучинно-бугорковатые комплексы с подбурами сухоторфянистыми [Атлас Арктики, 1985] (Рисунок 1.2.3 – индекс 15). Тундровые глеевые торфянистые и торфяные почвы на песках образуют бугорковатые комплексы двух типов: 1) с тундровыми глеевыми торфянисто-перегнойными (Рисунок 1.2.2 – индекс $\Gamma_{\text{T}}^{\text{TP}}$) и 2) с торфянисто- и торфяно-глеевыми болотными почвами и почвами пятен (Рисунок 1.2.2 – индекс $\Gamma_{\text{T}}^{\text{T}}$).

В низменностях распространены обширные массивы плоскобугристых комплексов торфяных болотных переходных и торфяных болотных деградирующих почв [Герасимова, Богданова, Смирнова, 2025; Почвенная карта РСФСР, 1988] (Рисунок 1.2.2 – индекс Т_п).

Таким образом, почвенный покров типичных тундровых ландшафтов острова Колгуев и Большеземельской тундры заметно отличается по составу и строению от ландшафтов низменных морских террас: основу почвенного покрова составляют пучинно-бугорковатые комплексы, в состав которых входят глееземы и торфяно-глееземы, а также часто – почвы пятен. На песках формируются подбуры, образующие как пучинно-бугорковатые комплексы, так и самостоятельные ЭПА.

На острове Вайгач и Югорском полуострове значительно возрастает доля скальных выходов и щебнистых субстратов, в том числе сланцев, песчаников и известняков. На них формируются слаборазвитые почвы – литоземы грубогумусовые, перегнойные и сухоторфянистые и каменно-многоугольниковые комплексы, в состав которых входят подбуры и почвы пятен. Кроме того, на данной территории широко распространены полигонально-трещинные комплексы глееземов, почв пятен и мерзлотных трещин [Атлас Арктики, 1985; Остров Вайгач: природа..., 2014; Почвенная карта РСФСР, 1988].

Выводы о географических закономерностях почвенного покрова подзоны типичных тундр ЕТР

Таким образом, в европейском секторе Арктики в пределах распространения подзоны типичных тундр можно выделить: (1) области распространения полигональных и плоскобугристых комплексов торфяных почв, приуроченные к низким морским террасам; (2) области распространения пучинно-бугорковатых комплексов, глеевых почв и подбуров – на острове Колгуев и в Большеземельской тундре; и (3) области преобладания полигонально-трещинных и каменно-многоугольниковых комплексов и литоземов – наравне с глееземами и подбурами – в восточной части Европейских тундр, на Югорском полуострове и острове Вайгач.

1.3. Изученность почвенного покрова Восточно-Европейских тундр

Наиболее изученные районы

Среди Восточно-Европейских тундр (включая лесотундру) наиболее изучены юго-восточный район Большеземельской тундры, относящийся к подзонам южных тундр и лесотундры, что связано с лучшей транспортной доступностью и сельскохозяйственным

освоением территории, а также существованием стационара Ботанического института на северо-востоке Республики Коми, на котором много лет изучались почвы и растительность экотона лесотундра [Игнатенко, 1972а; Почвы и растительность восточноевропейской лесотундры, 1972]. В 1954 г. была опубликована первая почвенная карта Коми АССР и вышла в свет первая обобщающая работа «Почвы Коми АССР» [Полынцева, 1958].

Для юго-восточного района Большеземельской тундры в 60х-70х годах были подробно описаны почвенные комплексы, их состав и положение в рельефе [Вадюнина, Худяков, 1974; Забоева, 1967; Иванова, Полынцева, 1952; Игнатенко, 1967b, 1972b]. Обобщающей работой по почвам восточно-европейских тундр в целом, в основу которой легли материалы многих экспедиций, стала монография И.В. Игнатенко [1979].

В нынешнем столетии продолжаются активные исследования юго-восточных районов Большеземельской тундры – переходной полосы от южных тундр к лесотундре и тайге – почвоведомы Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН [Каверин, Пастухов, 2025; Каверин и др., 2023; Лаптева, 2011; Лаптева, Безносиков, Шамрикова, 2016; Пастухов и др., 2018]. В окрестностях Воркуты и в бассейне р. Усы ими были выделены, описаны и детально исследованы почвы с криометаморфическим горизонтом: органо-криометаморфические, глееземы криометаморфические и светлоземы [Русанова, Шахтарова, 2013, 2012; Тонконогов, Пастухов, Забоева, 2006]. Также продолжаются исследования температурного режима почв региона [Каверин, Пастухов, 2017; Мажитова, 2008]. Генезис и эволюция тундровых и северо-таежных почв много лет изучались Г.В. Русановой с соавторами [Русанова, 2011, 2010, 2015; Русанова, Денева, Шахтарова, 2015].

В разное время изучалась лесотундровая часть Большеземельской тундры. На востоке, в бассейне р. Шапкиной на песчаных отложениях были описаны подзолы под бугорковатым микрорельефом [Григорьев, 1925]. Несколько западнее, на возвышенности Харьяга-Мусюр в составе спорадически-пучинно-пятнистого комплекса были описаны текстурно-криометаморфические почвы с микропрофилем подбура. Там же, в гидроморфных условиях под бугорковатым микрорельефом были выделены торфяно-глееземы, в том числе оподзоленные [Горячкин, 2010]. Далее на восток, в верховьях реки Хоседа-ю описаны светлоземы, в частности, в пятнисто-бугорковатой тундре [Русанова, Шахтарова, Пастухов, 2014].

Изученность типичных тундр ЕТР

Достаточно хорошо изучены почвы Югорского полуострова, острова Вайгач, тундровые ландшафты равнин Новой Земли [Горячкин, 2010; Игнатенко, 1979; Остров Вайгач: природа..., 2014]. Однако условия почвообразования в восточной части Европейских типичных тундр

заметно отличаются от западной части как по климатическим параметрам, так и по составу отложений.

Северные части Большеземельской тундры, относящиеся к подзоне типичных тундр, изучены слабо и лишь на отдельных участках. Подробная характеристика не только почв, но и криогенных комплексов крайней северо-восточной части Большеземельской тундры дается в работе Ю.А. Ливеровского [1934]. Им выделено и охарактеризовано несколько типов пятнистых комплексов, дана приуроченность почв к формам мезорельефа, высказано предположение о реликтовом характере подзолов и связи их формирования с лесным этапом почвообразования в оптимум голоцена. Те же восточные районы, а также бассейн р. Чёрной изучены И.В. Игнатенко [1979]. Помимо прочего, в работе упоминается характер микрорельефа: мелко-бугорковатый, крупно-полигональный, пятнисто-бугорковатый. В бассейне реки Море-ю, а также в бассейнах других малых рек, впадающих в Хайпудырскую губу Баренцева моря, описаны подбуры, глееземы, перегнойно-глеевые и торфяно-глеевые почвы, которые выступают компонентами в составе бугорковатых или полигональных комплексов [Русанова, 1996; Русанова, Канев, 2003]. Состав почвенного покрова крайнего северо-востока Большеземельской тундры на границе с кряжем Пай-Хой охарактеризован в работе Д.А. Каверина с соавторами [2016a]. В ней показано, что в почвенном покрове ключевого участка преобладают глееземы в сочетании с локально распространенными торфяно-глееземами. В переходной зоне между южными и типичными тундрами в бассейне р. Ортина были описаны на легких породах подбуры глееватые, подзолы и торфяно-подзолы; на суглинках – глееземы торфянистые. При описании почв упоминается форма микрорельефа поверхности, однако строение почв в связи с наличием бугорков, пятен, криогенных трещин не рассматривается [Русанова, Денева, Канев, 2004].

Почвенный покров центрального района Большеземельской тундры, относящегося также к переходной зоне между типичными и южными тундрами, охарактеризован в монографии С.В. Горячкина [2010]. На супесчано-суглинистых озерно-ледниковых равнинах (ключевой участок «Чиров») были описаны следующие микроструктуры и входящие в них почвы:

- 1) Бугорковато-пятнистые комплексы дерново-подбуров грубогумусированных оподзоленных и почв пятен (вершины супесчано-легкосуглинистых холмов);
- 2) Пятнистые комплексы глееземов криометаморфических грубогумусированных и почв пятен (плоские вершины невысоких повышений, сложенных средними суглинками);
- 3) Упоминаются полигональные тундры с дерново-подбурами или подбурами глеевыми полигонов в зависимости от положения всего комплекса в мезорельефе: на средних или нижних частях склонов соответственно. О почвах трещин нет информации;

4) Упоминаются также бугорковатые тундры пологих склонов ложбин. Почвенный покров представлен однородными ареалами перегнойно-глеевых почв или торфяно-глееземов. Вероятно, бугорки полностью сложены органическим материалом и являются, по сути, кочками.

В непосредственной близости, но уже на супесчано-песчаных равнинах (ключевой участок «Сюрхарато») были описаны:

- Полого-бугристый комплекс (название по [Шматова, Горячкин, 2025]) торфяно-подзол-элювоземов и подзолов рудяковых;
- Трещинно-полигональный комплекс подбуров оподзоленных, подзолов турбированных и почв пятен (наиболее дренированные условия).

В монографии дана также краткая характеристика почвенного покрова полуострова Русский Заворот (северная часть Малоземельской тундры). В этом районе выделен полого-бугристый комплекс торфяно-подзол-элювозема мерзлотного и подзола глееватого [Шматова, Горячкин, 2025], а также комплекс подзолов иллювиально-железисто-гумусовых и почв пятен [Горячкин, 2010].

Почвы острова Колгуев до недавнего времени оставались практически не исследованными. В 1902 г. остров посетил почвовед И.А. Шульга. Небольшая заметка в журнале «Почвоведение» [Шульга, 1904] содержит описание нескольких профилей, заложенных на южном побережье, сильно отличающемся от внутренних районов плоским рельефом. Более подробный отчет о путешествии, опубликованный в журнале «Землеведение» [Шульга, 1909], не содержит собственно почвенных описаний. В 1930 г. остров был исследован Н.И. Саввиновым и Н.Л. Смоленским. Ими были привезены почвенные монолиты, которые до сих пор хранятся в Почвенно-агрономическом музее им. В.Р. Вильямса в Москве. Однако отчет об экспедиции не содержит сколько-то детальных почвенных характеристик [Саввинов, Смоленский, 1930]. Наиболее подробные описания почв и криогенных комплексов Колгуева содержатся в работах геоботаников З.Н. Смирновой и И.Д. Богдановской-Гиенэф [Богдановская-Гиенэф, 1938; Смирнова, 1938]. Ими было выполнено обследование всех районов Колгуева и составлены карты. В 1982 году опубликован лист R-39 «о. Колгуев» Государственной почвенной карты [1982], составленный И.В. Игнатенко.

В последующий период систематические почвенные исследования на Колгуеве не проводились. Лишь в 1994 г. остров кратковременно посетили участники комплексной экспедиции «Экология тундры», включая С.В. Горячкина, однако наблюдения носили рекогносцировочный характер. Затем, в 2024 г. Д.А. Кавериным в ходе экспедиции «Арктический плавучий университет» были исследованы торфяные олиготрофные и глеевые почвы южной части острова [Каверин, Хлопцова, 2025]. Описания структурных грунтов, в том числе с выделением новых, не описанных в других работах форм, встречаются в современных

работах геоботаников [Лавриненко, Лавриненко, 2018; Lavrinenko, Lavrinenko, 2022], однако эти описания ограничиваются внешней характеристикой поверхности и в них не рассматривается строение почв.

Выводы об изученности и составе почвенного покрова подзоны типичных тундр ЕТР

Таким образом, почвы и почвенный покров типичных тундр остаются значительно менее изученными. Основные представления о специфике тундрового почвообразования и характере почвенного покрова европейских тундр основываются на исследованиях, проведенных преимущественно в подзоне южных кустарниковых тундр. Тем не менее, обобщая разрозненные данные о составе почвенного покрова типичных тундр ЕТР, можно выделить следующий список почв, которые в разное время описывались на этой территории: 1) глеевые почвы: глееземы, торфяно-глееземы, перегнойно-глеевые и глееземы криометаморфические, 2) альфегумусовые почвы: подбуры (в том числе оподзоленные), дерново-подбуры, подзолы (на границе с южными тундрами), торфяно-подзолы и торфяно-подзол-элювоземы. При этом для изучаемого региона – западного сектора подзоны типичных тундр ЕТР – помимо описанных глеевых и альфегумусовых почв, теоретически предполагаются характерными криоземы и криометаморфические почвы, формирующиеся на морских и озерно-ледниковых суглинках и глинах [Горячкин, 2010].

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование криогенных микроструктур почвенного покрова проводилось на пяти ключевых участках, каждый из которых характеризовал свой ландшафт. Все пять участков относятся к подзоне типичных тундр и ее южной границе (Рисунок 2.1.1). Все изученные участки сложены рыхлыми четвертичными отложениями, что отличает их от типичных тундр Югорского полуострова и острова Вайгача.



Рисунок 2.1.1 – Районы исследования и граница подзоны типичных тундр в соответствии с работой [Лавриненко, Петровский, Лавриненко, 2019]

2.1. Климат и мерзлотные условия исследованных территорий

Согласно почвенно-географическому (почвенно-экологическому) районированию изученные территории относятся к почвенно-климатической фации очень холодных длительно промерзающих почв. Сумма температур выше 10°C в почвах этой фации на глубине 20 см не превышает 800°C; продолжительность периода с температурой почвы ниже нуля на этой же глубине составляет 5-8 месяцев [Добровольский, Урусовская, 2004; Национальный атлас почв..., 2011].

По сравнению с другими арктическими районами для изученного региона характерны более мягкая зима, прохладная длительная весна и такая же осень. Температуры воздуха самых теплых месяцев (июль – август) составляют $+8^{\circ}\text{C}$ на Колгуеве (метеостанция Колгуевского северного маяка) и $+14^{\circ}\text{C}$ в Нарьян-Маре. Распределение зимних температур воздуха, в отличие от летних, имеет обратный градиент за счет отепляющего влияния Баренцева моря: среднемесячная температура февраля на Колгуеве составляет -12°C , а в Нарьян-Маре – около -17°C (Рисунок 2.1.2). Помимо этого, заметно изменение средних зимних температур в зависимости от высоты местности: по данным спутникового мониторинга [Hijmans et al., 2005] для центральных возвышенных районов острова Колгуев характерны более низкие температуры в зимнее время, чем для его более низких прибрежных территорий. Таким образом, на материковой части создаются условия для большей биопродуктивности в летнее время, но также и относительно более суровые мерзлотные условия в зимнее время.

Среднегодовое количество осадков составляет 300-450 мм на Колгуеве и 400-550 мм на материковой части. При этом за четыре летних месяца (июнь – сентябрь) выпадает почти половина годового количества осадков. Небольшое количество осадков, выпадающих в зимнее время, обуславливает образование невысокого снежного покрова. Сильные ветра и отсутствие кустарничковой растительности на плакорах приводят к заметному перераспределению снега.

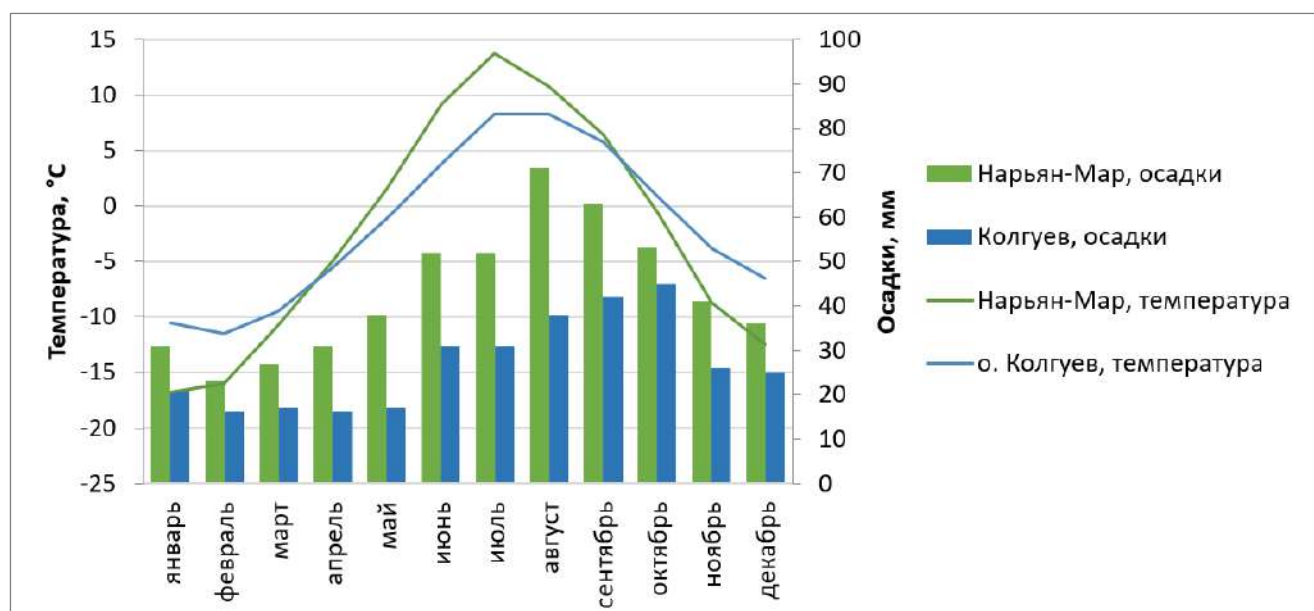


Рисунок 2.1.2 – Годовая динамика среднемесячных температур воздуха и осадков по данным метеостанции Колгуев-Северный и Нарьян-Мар (Данные сайта «Погода и климат» <https://pogodaiklimat.ru/climate/23205.htm>, дата обращения: 28.04.2026)

За последние 40 лет в регионе наблюдается повсеместный рост среднегодовых температур, при этом динамика годовой суммы осадков имеет различный тренд для разных районов (Рисунок 2.1.3). Так, на Колгуеве на фоне роста температур количество осадков

сокращается, особенно в зимние месяцы. Это может снижать тепляющий эффект снежного покрова зимой и способствовать большему промерзанию почв в зимнее время и развитию криогенных процессов, и таким образом, частично компенсировать эффект от роста среднегодовых температур. В то же время на материковой части, на фоне того же тренда к увеличению среднегодовых температур, количество осадков имеет слабый тренд к увеличению, что усиливает тепляющий эффект.

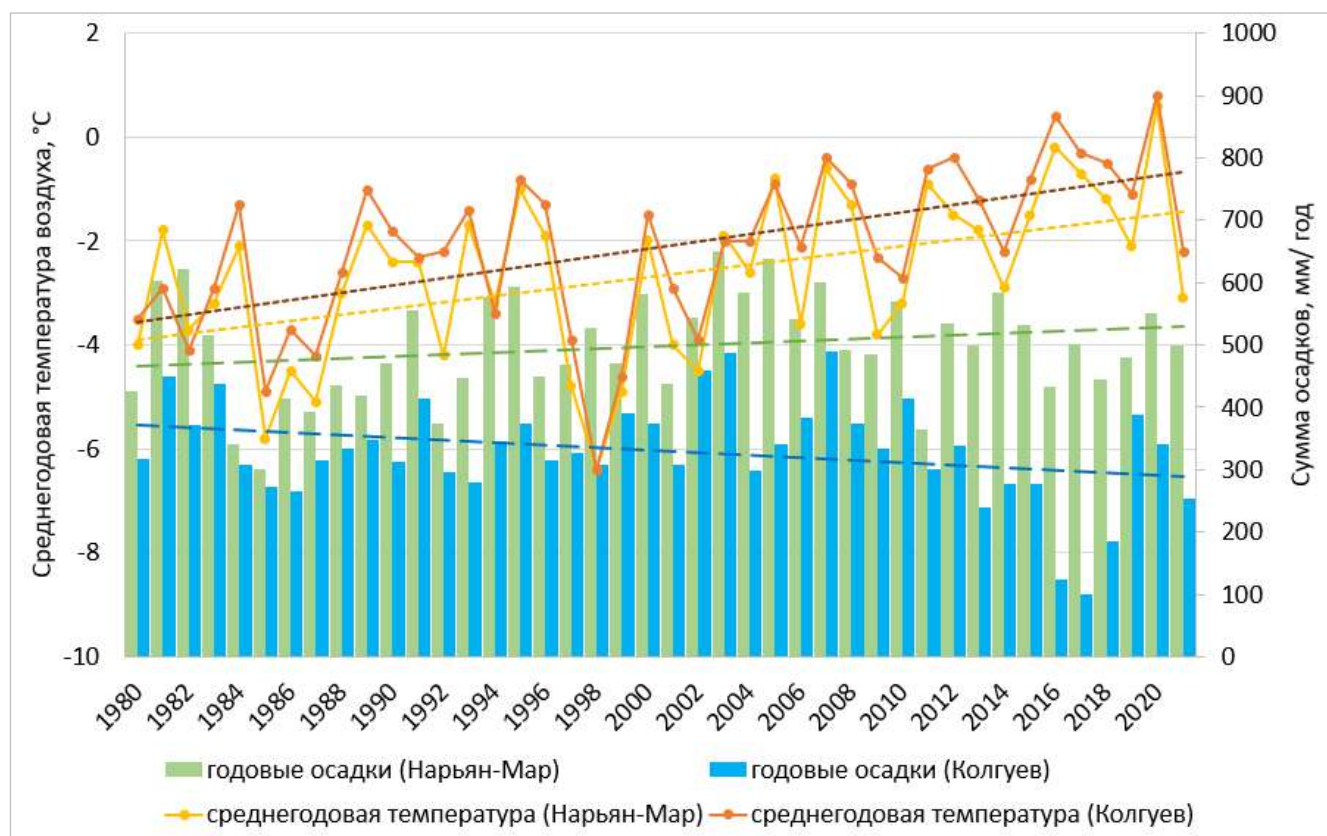


Рисунок 2.1.3 – Динамика среднегодовых температур воздуха и годовой суммы осадков на о. Колгуев и в г. Нарьян-Мар (Данные сайта «Погода и климат» <https://pogodaiklimat.ru/climate/23205.htm>, дата обращения: 28.04.2026)

Многолетняя мерзлота в изученных районах прерывистая и сплошная. Остров Колгуев относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Их температура варьирует от -1 до -3°C . Болванский полуостров расположен на границе сплошной и прерывистой многолетней мерзлоты, с температурами от -0.7 до -2.1°C , по данным площадки CALM. Многолетняя мерзлота на островах Печорской губы приурочена к лишайниковым тундрам, по разным данным она занимает от 50 до 70% территории и имеет более высокую температуру: от 0 до -2.5°C ; на площадке CALM на острове Кашин: от -0.1 до -1.35°C [Малкова, Царев, 2024; Sudakova et al., 2021].

Глубина сезонного протаивания, по нашим и литературным данным, в рассматриваемом регионе составляет: 0.3 м (реже 0.7 м) на торфяных почвах; 0.8–1.5 м на суглинистых породах;

1.5-2 м и более на песчаных [Ершов, 2018; Малкова, Царев, 2024; Суходольский, 1982; Геокриология СССР. Европейская территория СССР, 1988].

2.2. Геолого-геоморфологическое строение исследованных территорий

Неоднозначность трактовок генезиса четвертичных отложений острова Колгуев и полуострова Болванский

Рельеф и чехол поверхностных отложений острова Колгуев и полуострова Болванский сформировались в течение плейстоцена в результате чередования этапов оледенения и морских трансгрессий. Это определяет сложный характер форм рельефа и залегания четвертичных отложений, которые представляют из себя чередование слоев песков, суглинков и глин разного пространственного простирания и мощности от долей метров до десятков метров. Вследствие недостаточной геологической изученности региона трактовки возраста и генезиса отложений, а также форм рельефа остаются предметом дискуссий. Разными авторами эти отложения относятся к морским или ледниковым (Таблица 2.2.1, Приложение А).

Таблица 2.2.1 – Содержание различных карт четвертичных отложений для изученных территорий

Район	Колгуев			Болванский п-ов	Острова Печорской губы
	Возвы- шенность	Центр	Восток		
Геоморфологическая схема, 1:2.5млн., 2014	mgI ₆₋₈ mI ₁₋₅	mII-III amII	mIII	mIII	mH
Карта плиоцен- четвертичных образований, 1:1 млн., 2013		amII mII ₁₋₃ mgI ₆₋₈	mgE	mIII ₄ mgE	
Карта четвертичных образований терр-ии РФ, 1:2.5млн., 2014	fIII ₄	gIII ₄		gIII ₂	
Инженерно-геологическая карта, 1980	gIII ₂ (MIS4)	mIII		gmII	mIV

По мнению одних авторов, геоморфологическое и ландшафтное районирование этих регионов определяют морские террасы (Рисунок А1, А2). На их поверхности во многих местах отмечаются песчаные отложения, иногда слагающие бугры и холмы, относительная высота которых может достигать 50 м [Журавлёв и др., 2014]. Согласно другим представлениям, остров

Колгуев, как и материковая часть, полностью заняты поздневалдайскими ледниковыми образованиями [Астахов, Свенсен, 2011]. Эта концепция отражена на карте четвертичных образований России масштаба 1:2 500 000 с тем уточнением, что в наиболее высокой части острова выделяются флювиогляциальные отложения (Рисунок А3) [Застрожных и др., 2013; Карта четвертичных образований..., 2014].

Геолого-геоморфологическая характеристика отдельных районов исследования

По наблюдениям, сделанным при полевых исследованиях, обе концепции имеют основания быть, так как поверхностные отложения очень пестрые и, вероятно, образовались с переменным и смешанным участием обоих агентов: как морского, так и ледникового. Нужно принять во внимание, что даже переотложенные ледником отложения могут сохранять свои прежние свойства, например, гранулометрический состав и химизм морских осадков.

Поскольку установить генезис отложений, на которых сформирована почва, в каждом конкретном случае невозможно, была составлена рабочая типизация. Названия, выделенные курсивом, будут использованы и в дальнейшем.

Итак, на Колгуеве можно выделить следующие типы отложений:

- 1) *«серые суглинки»* - суглинки с высоким содержанием солей и высокими значениями рН, что роднит их с морскими отложениями; от серо-бурого до темно-серого цвета, с исходной литогенной угловато-зернистой структурой;
- 2) *блеклые, серовато-бурые валунные суглинки* с более низкими значениями рН; почвы на них, как правило, тиксотропные, бесструктурные;
- 3) *опесчаненные суглинки буроватого цвета*, иногда с линзами и прослоями песка и шлировой текстурой; гранулометрический состав варьирует от легких суглинков-супесей до средних и тяжелых суглинков;
- 4) *светлые пески*.

На Болванском полуострове наиболее распространены два типа почвообразующих пород, аналогичных Колгуевским: серовато-бурые валунные суглинки и пески.

Во всех ландшафтах Колгуева и Болванского присутствуют камоподобные небольшие отдельностоящие холмы, сложенные слоистыми отложениями: песками и суглинками, в том числе опесчаненными.

Таблица 2.2.2 – Геоморфологическая характеристика изученных ландшафтов и ключевых участков на них

Ландшафт	Возвышенная часть о. Колгуев	Центральная часть о. Колгуев	Восточная часть о. Колгуев	Болванский п-ов	Острова Печорской губы
<i>Высоты, м от у.м.</i>	80-170 м	60-80 м	20-50 м	20-30 м	0-5 м
<i>Характер рельефа</i>	Холмистая террасовидная равнина	Пологая террасовидная равнина	Пологая террасовидная равнина	Холмистая равнина	Плоская террасовидная равнина
<i>Густота эрозионного расчленения*</i>	100-200 м	400-500 м	300-500 м	60-70 м	400-500 м
Ключевой участок	КН	КС	КЕ	В	Л
<i>Координаты ключевого участка</i>	69.1190°N, 48.7094°E	69.1949°N, 48.9198°E	69.1233°N, 49.9643°E	68.2891°N, 54.5022°E	68.3538°N, 53.9578°E
<i>Высоты, м от у.м.</i>	100-110 м	60-70 м	20-30 м	20-30 м	0-5 м
<i>Преобладающие формы рельефа плакора</i>	Выпуклые холмы, правильных округлых очертаний, разделенные неглубокими ложбинами	Выположенные поверхности и выпуклые пологие склоны	Выположенные поверхности и ровные склоны, крупные депрессии	Холмы округлой и вытянутой формы	Плоские и слабо выпуклые поверхности
<i>Преобладающая длина склона плакора</i>	40-90 м	200-300 м	300-400 м	50-80 м	100-250 м
<i>Преобладающая крутизна склонов</i>	2-4°	0-1°	0-2°	1-4°	0°
<i>Преобладающая форма автономных поверхностей</i>	Выпуклая	Ровная, выпуклая	Ровная	Выпуклая	Ровная
<i>Глубина эрозионных врезов**</i>	10 м	12-18 м	15-20 м	4-6 м	0 м
<i>Слагающие отложения***</i>	СС	ОС, П	СС, ОС, П	ВС, П, ОС	П
<i>Расстояние до берега моря/ залива</i>	18 км	25 км	6 км	0 км	1 км

* Рассчитывалась как $\frac{1}{2}$ расстояния между тальвегами [Рычагов, 2006]

** Рассчитывалась как перепад высот от тальвега до водораздела [Рычагов, 2006]

*** Тип отложений: СС – «серые» суглинки; ВС – валунные суглинки; ОС – опесчаненные суглинки; П – пески.

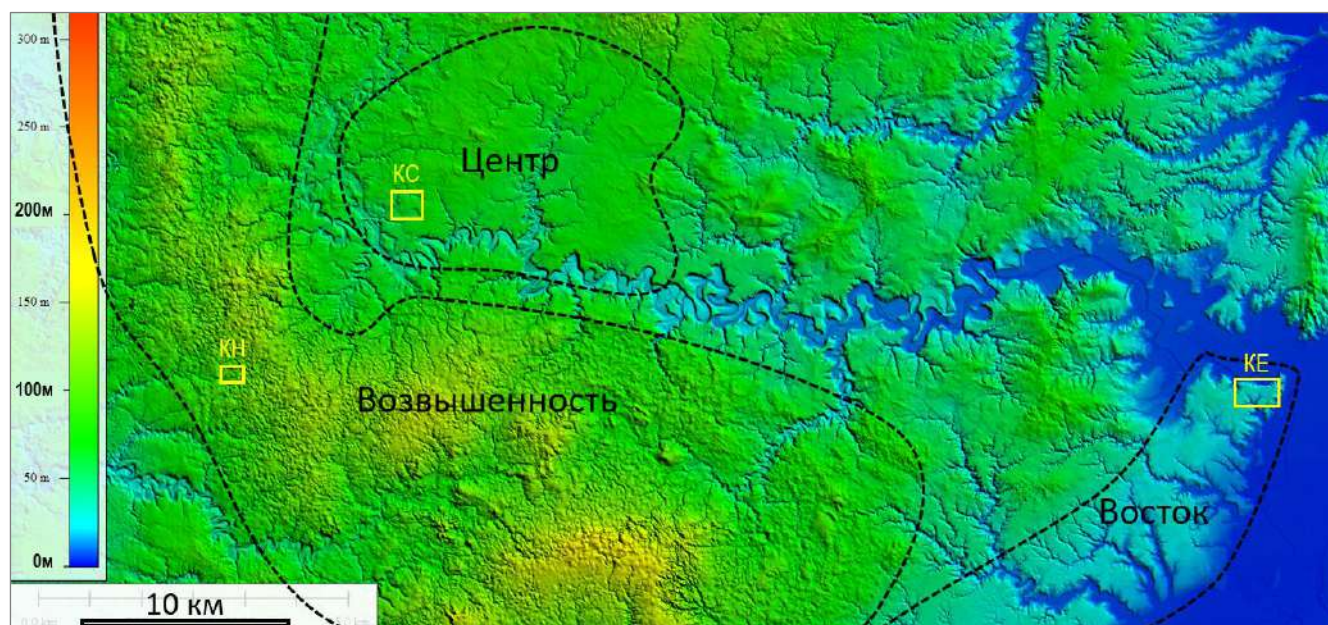


Рисунок 2.2.1 – Рельеф изученных ландшафтов Колгуева по цифровой модели рельефа Arctic DEM. Желтыми прямоугольниками отмечены ключевые участки (участки картирования)

Центральная возвышенная часть Колгуева (водораздел острова)

Согласно объяснительной записке к геологической карте, наиболее возвышенные области (абсолютные высоты: 120-170 м) занимает морская и ледниково-морская равнина, а ниже, на отметках 80–110 м выделяется морская пологонаклонная равнина, полосой различной ширины окаймляющая водораздел острова Колгуев [Журавлёв и др., 2014]. Поверхность обоих уровней представляет собой слабовсхолмленную равнину. Водораздельные пространства представлены холмами правильной округлой формы диаметром 100-200 м, более или менее четко разделенных сетью неглубоких (0.5-2 м) ложбин. Такой характер рельефа в литературе обычно описывается как блочный [Попов, 1958]. Склоны холмов выпуклые, крутизной до 4° и более на бровках эрозионных врезов. Рельеф сильно расчленен эрозионными и термокарстовыми процессами, особенно в более возвышенной части, где густота расчленения наибольшая. Овраги, балки и термокарстовые котловины глубиной 7-10 м, занятые озерами, образуют густую сеть: расстояние между тальвегами составляет от 200 до 700 м (Рисунок 2.2.1, 2.2.2).

Ледниково-морские и морские равнины этой части острова, согласно карте плиоцен-четвертичных образований [2013], сложены супесями, суглинками и глинами. По нашим данным, конкретно для изученной территории, доля песков на этой террасе не высока.



Рисунок 2.2.2 – Ландшафт центральной возвышенной части острова Колгуев

Центральная часть Колгуева (среднее течение реки Песчанки)

В районе среднего течения р. Песчанки, на ее левом берегу, на высотах 60-80 м от у.м. выделяется морская ступенчатая равнина (Рисунок 2.2.1, 2.2.3). Она представляет собой пологоволнистую слабовсхолмленную поверхность, для которой характерны более пологие и широкие, чем на возвышенности, холмы, а также мелкие эоловые формы. С поверхности она сложена песками с гравийно-галечным материалом, часто перекрытыми обширными болотами и торфяниками. На геологической карте эта терраса четко не соответствует контурам, а объединяет на левом берегу часть морских отложений и песчано-гравийные аллювиально-морские отложения [Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-39,40 (о. Колгуев - прол. Карские Ворота), 2013].



Рисунок 2.2.3 – Ландшафт центральной части острова Колгуев, ключевой участок КС: плоские поверхности плакоров, занятые выбитыми мохово-лишайниковыми тундрами

Восточная часть Колгуева (район устья реки Песчанки)

Изученный ландшафт в восточной части Колгуева расположен в районе устья реки Песчанки, на ее правом берегу (Рисунок 2.2.1). Территория представляет собой плосковершинную террасовидную поверхность на высотах 20-50 м с уклонами $<3^\circ$, которую прорезают широкие плоскодонные ложбины (Рисунок 2.2.4). Рельеф развитой здесь равнины интерпретировался разными исследователями как морской абразионный позднеледникового [Солнцев, 1938] или каргинского возраста [Ференс-Сороцкий, 1982] либо аккумулятивный морской поздне- и послеледниковый [Рудовиц, 1939]. На карте плиоцен-четвертичных образований [2013] в пределах изученного восточного участка обозначены ледниково-морские образования эоплейстоценового возраста (gmE).

По данным, полученным в ходе полевых исследований 2022 г, поверхностные отложения представлены маломощным (около 2 м) чехлом проблематичных отложений. Было установлено, что на ключевом участке КЕ поверхностные отложения разного состава (от песчаного до тяжело суглинистого) латерально сменяют друг друга без явной связи с рельефом [Лобков, Шматова, 2022].



Рисунок 2.2.4 – Ландшафт восточной части острова Колгуев



Рисунок 2.2.5 – Рельеф Болванского полуострова и островов Ловецкий и Кашин по цифровой модели рельефа ALOS. Желтыми прямоугольниками отмечены ключевые участки (участки картирования)

Полуостров Болванский

Полуостров Болванский представлен ледниково-морскими ландшафтами. Здесь выделяется морская террасовидная равнина позднеплейстоценового возраста [Геоморфологическая схема, 2014]. Преобладающей формой мезорельефа являются пологие округлые холмы и гряды, сложенные суглинками и песками либо только песками, и разделенные ложбинами и озерными депрессиями. На их фоне спорадически встречаются как более крупные, так и совсем небольшие камоподобные холмы, отличающиеся более легким составом отложений и более крутыми склонами. Их размер варьирует от 1 до 7 метров относительной высоты и от 40 до 150 метров ширины (Рисунок 2.2.5, 2.2.6).

Острова Печорской губы

Острова Печорской губы сложены голоценовыми морскими и аллювиально-морскими песками [Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-39,40 (о. Колгуев - прол. Карские Ворота), 2013] и представляют из себя плоскую равнину с редкими пологими холмами, не превышающими 3 м относительной высоты. Значительная часть территории островов подвержена сезонному затоплению. Вне досягаемости паводковых вод преобладающими формами рельефа являются пологие холмы и плоские террасированные поверхности: высота уступов «террас» менее метра (Рисунок 2.2.7). Местами отмечены эоловые формы рельефа. На

островах широкое распространение имеют озера, вероятно, старичного и термокарстового происхождения.



Рисунок 2.2.6 – Ландшафт Болванского полуострова: крупная кампоподобная форма на заднем плане, перед ней и на переднем плане – пологие склоны холмов, между ними – ложбина, занятая торфяником, справа – озерная депрессия



Рисунок 2.2.7 – Ландшафт острова Ловецкий, ключевой участок L

Возможность экстраполяции данных

Таким образом, исследованы ледниковые, ледниково-морские и морские холмистые равнины средне- и позднеплейстоценового возраста, а также почвенный покров голоценовых морских террас. Поскольку геолого-геоморфологическое строение территории является одним

из важнейших факторов, определяющих состав почвенного покрова, то полученные данные могут быть экстраполированы в пределах данных геоморфологических условий в границах подзоны типичных тундр (Рисунок 2.1.1).

2.3. Растительность исследованных территорий

Современное состояние

Зональность

Согласно схеме широтной дифференциации растительного покрова Арктики исследованные территории относятся к подзоне типичных (или северных гипоарктических) тундр, а также ее южной границе [Лавриненко, 2012; Атлас Арктики, 1985, с. 125]. В подзоне типичных тундр преобладает кустарничковая (травяно-кустарничково-моховая) растительность, кустарники (ивняки) имеют ограниченное распространение и приурочены к ложбинам и наиболее теплым склонам.

Согласно карте CAVM (Circumpolar Arctic Vegetation Map) изученные районы относятся к биоклиматической подзоне D, которая соответствует южной полосе подзоны типичных тундр, и ее границе с подзоной E – соответствует подзоне южных тундр [Raynolds et al., 2019; Walker et al., 2005].

Геоботаническое районирование

В последние годы изучением растительности острова Колгуев и Большеземельской тундры занимаются геоботаники И.О. и О.В. Лавриненко (Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, СПб) [Лавриненко, 2012; Лавриненко, Лавриненко, 2020а, 2018, 2020b]. Было произведено геоботаническое районирование острова Колгуев [Лавриненко, Романенко, Лавриненко, 2016] и составлена карта геоботанических районов Восточно-Европейских тундр [Лавриненко, 2012].

Согласно этим работам, на Колгуеве выделяется семь геоботанических районов. Территории, исследованные на Колгуеве, попадают в три геоботанических района (цифры 2,3,4 на рисунке 2.3.1). На территории Верхне-Песчанковского района (цифра 2) автоморфные позиции занимают зональные редкоивовые кустарничково-моховые тундры на суглинках в



Рисунок 2.3.1. – Геоботанические районы Колгуева [Лавриненко, 2012]

сочетании с кочкарными сообществами пушицы на торфяно-глееземах мерзлотных. Ложбины между ними (25-50 м шириной) заняты сообществами осоково-гипновых низинных болот.

Восточный Колгуевский район (цифра 3) отличается высокой пространственной неоднородностью и протяженным экологическим рядом от сообществ приозерных зарослей осок до травяно-кустарничковых и кустарничково-лишайниковых тундр на хорошо дренированных участках террас на возвышенных элементах рельефа (рисунок 2.3.2). Большие площади приходятся на кустарничково-лишайниковые сообщества, сформированные на песчаных отложениях, а также на сообщества плоскобугристых болот. Редкоивовые кустарничково-моховые тундры на суглинках и ивово-травянистые сообщества ложбин стока здесь встречаются значительно реже.



Рисунок 2.3.2 – Редкоивовые лишайниково-моховые тундры на переднем плане и полигональное болото на заднем плане (Верхне-Песчанковский район редкоивовых кустарничково-моховых тундр; Центральная часть Колгуева)

В Центральном Колгуевском геоботаническом районе (Рисунок 2.3.1, цифра 4) распространены зональные редкоивовые кустарничково-моховые тундры с пятнами-медальонами (Рисунок 2.3.3).



Рисунок 2.3.3 – Редкоивовые кустарничково-моховые тундры в Центральном Колгуевском геоботаническом районе



Рисунок 2.3.4 – Редкоивовые кустарничково-моховые бугорковатые тундры в восточной части Колгуева

На Болванском полуострове растительность представлена пятнистыми редкоивовыми осоково-кустарничково-моховыми тундрами на суглинках (Рисунок 2.3.5) и кустарничково-лишайниковыми тундрами на легких отложениях. Многочисленные ложбины стока занимают ивняки, осоково-гипновые и разнотравные сообщества. Большие площади в депрессиях рельефа занимают пушицевые кочкарники и комплексные бугристые болота: полигональные, плоскобугристые, грядово-топяные. [Лавриненко, Лавриненко, 2021; Lavrinenko, Lavrinenko, 2022]. По зональным особенностям растительности территория относится к южной полосе подзоны типичных тундр [Лавриненко, Лавриненко, 2018], при этом локальная флора богата бореальными видами вследствие тепляющего эффекта р. Печора [Лавриненко, Петровский, Лавриненко, 2016].



Рисунок 2.3.5 – Пятнистые редкоивовые кустарничково-моховые тундры Болванского полуострова

Значительная часть площади островов Печорской губы подвержена паводковому затоплению. В связи с этим значительную долю составляют прибрежно-водные сообщества. Растительность автоморфных поверхностей представлена хорошо развитыми лишайниковыми тундрами с преобладанием *Cladonia stelaria* [Лавриненко, Лавриненко, 2020a, 2020b]. Депрессии заняты осоково-гипновыми сообществами и комплексными сообществами мелкобугристых болот (Рисунок 2.3.6).



Рисунок 2.3.6 – Лишайниковые тундры (передний план) и осоково-гипновые понижения с бугорками (второй план) острова Ловецкий

Трансформация растительности и ландшафтов в результате антропогенной деятельности

В целом, изученные территории представляют собой естественные тундровые ландшафты. Антропогенная нагрузка на Колгуеве заключается в выпасе оленей [Pristupa et al., 2019] и нефтедобыче.

В начале 1910-х годов число оленей на острове достигало 15-20 тысяч особей. Такое большое поголовье совершенно несоизмеримо с естественными ресурсами острова, что быстро привело к истощению оленьих пастбищ, ягель был выбит [Богдановская-Гиенэф, 1938; Смирнова, 1938]. Поэтому численность колгуевской популяции домашних оленей то возрастала, то, в годы бескормицы от гололедных явлений, падала до 3-4 тысяч. До 1930 года жители острова вели кочевой образ жизни, хозяйственная деятельность велась для удовлетворения собственных потребностей. С 1930 года на острове началось общественное товарное производство мяса оленины, был построен поселок Бугрино в южной части острова. Благодаря развитию Севморпути в Советское время и созданию транспортной инфраструктуры, оленеводство на острове быстро стало рентабельным. В настоящее время хозяйственную деятельность ведёт сельскохозяйственный производственный кооператив «Колгуев». С 2012 года в течение двух зим на Колгуеве наблюдался массовый падеж оленей, в результате которого за три года многотысячное стадо вымерло почти полностью. В настоящее время численность оленей восстанавливается, но фактически прекращена деятельность производственного кооператива. Олени находятся на свободном выпасе и даже их численность точно не известна [Pristupa et al., 2019].

Олени, особенно в периоды пика численности оказывают воздействие на растительный и почвенный покров. Трансформациям подвержены почвы, формирующиеся на песках. Местами дефляция песков достигает больших размеров. На Болванском полуострове олени редки, а на островах Печорской губы практически отсутствуют, так что на этих территориях развит мощный лишайниковый покров, а выбитые пятна на поверхности почвы отсутствуют (Рисунок 2.3.7).

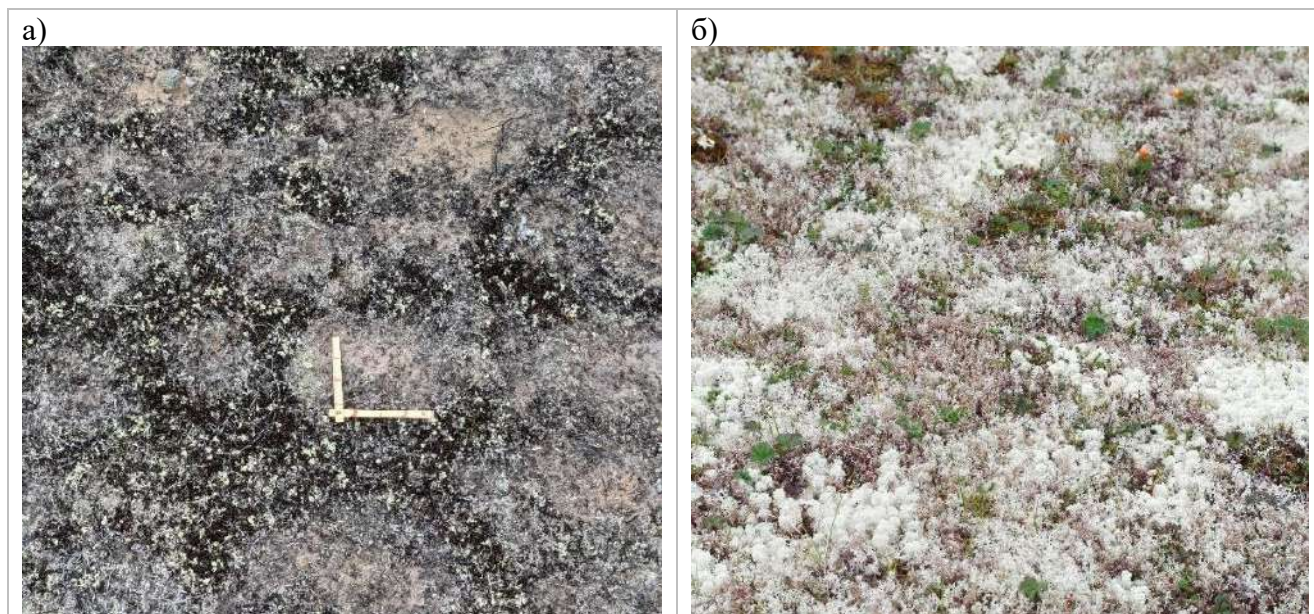


Рисунок 2.3.7 – Лишайниковые сообщества: а) выбитые лишайниковые пастбища на острове Колгуев (видна полигональная сеть трещин); б) естественное лишайниковое сообщество на острове Кашин (Печорская губа)

Нефтедобыча на острове Колгуев осуществляется на Песчаноозерском месторождении в восточной части острова [Блох и др., 2016], расположенном вне исследуемых ландшафтов. Однако разведка полезных ископаемых, проводившаяся в разное время, затронула бóльшую территорию острова. Так, в северной части ключевого участка КЕ (восточная часть Колгуева) расположена законсервированная скважина геологоразведки, судя по датам на ней, она была заложена зимой 1990 г и законсервирована спустя два месяца. Прилегающая к ней территория в радиусе 100 м сильно нарушена, но вне ее заметны лишь незначительные локальные нарушения почвенного покрова – зарастающие следы проезда техники.

Динамика растительности и ландшафтов в результате климатических изменений последних десятилетий

Глобальные изменения климата наиболее значительно проявляются в Арктической зоне. Они приводят к различным ландшафтным трансформациям: увеличению глубины сезонного протаивания мерзлоты [Брушков, 2015; Оберман, 2007], вытаиванию полигонально-жильных

льдов [Liljedahl et al., 2016], деградации мерзлотных бугров [Olvmo et al., 2020], изменениям в растительном покрове [Белоновская и др., 2016; Beamish et al., 2020; Heijmans et al., 2022; Lavrinenko, Lavrinenko, 2022; Lavrinenko, Tyusov, Petrovsky, 2022]. Дистанционное изучение изменений в растительном покрове тундровой зоны в основном базируется на анализе динамики вегетационного индекса NDVI [Myers-Smith, 2020]. Во многих работах было показано увеличение значений этого индекса для большинства арктических территорий [Елсаков, 2017; Елсаков, Телятников, 2013; Тигеев, Московченко, Фахретдинов, 2021], наряду с этим были выявлены также обратные процессы и пространственная неоднородность трендов NDVI [Bhatt et al., 2017; Fu et al., 2019; Lara et al., 2018; Phoenix, Bjerke, 2016].

Динамика растительности в голоцене

На Болванском полуострове описан реликтовый «островок» ели [Lavrinenko, Lavrinenko, Simonova, 2024]. Почвы лесных островков описаны на севере Большеземельской тундры в бассейне р. Море-Ю [Русанова, Канев, 2003] и южнее, в долине р. Ортина [Русанова, Денева, 2006]. Наличие реликтовых еловых островков, а также результаты спорово-пыльцевых анализов указывают на то, что в атлантический оптимум голоцена леса выходили к побережью Баренцева моря [Величко, 2002; Никифорова, 1982; Русанова, 2015; Kaakinen, Eronen, 2000]. Отмечается, что амплитуда смещения растительных зон на севере ЕТР в голоцене составляла 3-4° широты, и что к позднеатлантическому времени леса продвигались до 72° с.ш., что заметно севернее Колгуева [Величко, 2002; Русанова, 2015]. Однако специальных исследований на Колгуеве не проводилось, а островной эффект не позволяет экстраполировать данные о материковой флоре прибрежных районов на территорию острова. В связи с этим на картах, на которых показана реконструкция распространения максимальной границы леса, Колгуев остается белым пятном, либо не показан вовсе [Величко, 2002; Палеоклиматы и палеоландшафты внутропического пространства Северного полушария: поздний плейстоцен – голоцен, 2009; MacDonald et al., 2000].

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Сбор полевого материала

Учитывая задачи исследования, приведенные во введении, при работе в поле было необходимо собрать разноплановый и разномасштабный материал. Во-первых, в пределах изучаемого ландшафта необходимо было определить основные типы почв и основные типы криогенных микроструктур почвенного покрова и условия их формирования. Во-вторых, для ключевого участка в пределах данного ландшафта было необходимо собрать материал для последующего крупномасштабного картографирования почвенного покрова. В-третьих, описать наиболее типичные компоненты ландшафтов (на уровне фаций) острова Колгуев, охватив при этом наибольшую территорию и разнообразие ландшафтов, для последующего анализа их динамики.

Исходя из этого в задачи полевого этапа и подготовки к нему входило:

1. Собрать и проанализировать картографические материалы и данные дистанционного зондирования Земли, наметить план полевых работ;
2. В ходе рекогносцировочных маршрутов уточнить разнообразие структурных грунтов и ландшафтных фаций, подлежащих обследованию; скорректировать программу полевых работ;
3. В ходе ближних и дальних маршрутов выполнить ландшафтные описания;
4. Заложить и описать разрезы и траншеи в наиболее типичных ландшафтных фациях, по возможности сконцентрировав их на ключевом участке;
5. Произвести аэрофотосъемку ключевого участка с БПЛА.

Подготовительный этап

Каждый полевой выезд предвлялся сбором литературных материалов, карт и данных дистанционного зондирования – космических снимков и цифровых моделей местности – на территорию, которую предполагалось изучить.

На основе анализа собранных материалов очерчивались примерные границы доступного для изучения ландшафта, на его территории выбирался наиболее характерный ключевой участок для детальной почвенной съемки [Методология составления..., 2006]. На территории ландшафта и ключевого участка намечались места с характерными ландшафтными фациями, на которых предполагались выполнить почвенные и/или ландшафтные описания. В их выборе учитывалась

также их площадь, так как размер пикселя снимка со спутника Landsat составляет 30*30 м, а участки должны иметь площадь хотя бы несколько пикселей.

Полевой этап

Полевые исследования проводились в летние месяцы (июнь-август) в период с 2018 по 2023 г. в разных районах европейских тундр: на острове Колгуев (в районе главного водораздела, в среднем и нижнем течении р. Песчанки), на островах Печорской губы – Ловецком и Кашин и на полуострове Болванский (Рисунок 3.1.1, 3.1.2). Маршрутами были охвачены значительные территории. Всего было описано более 170 траншей, разрезов и прикопок (приложение Б).

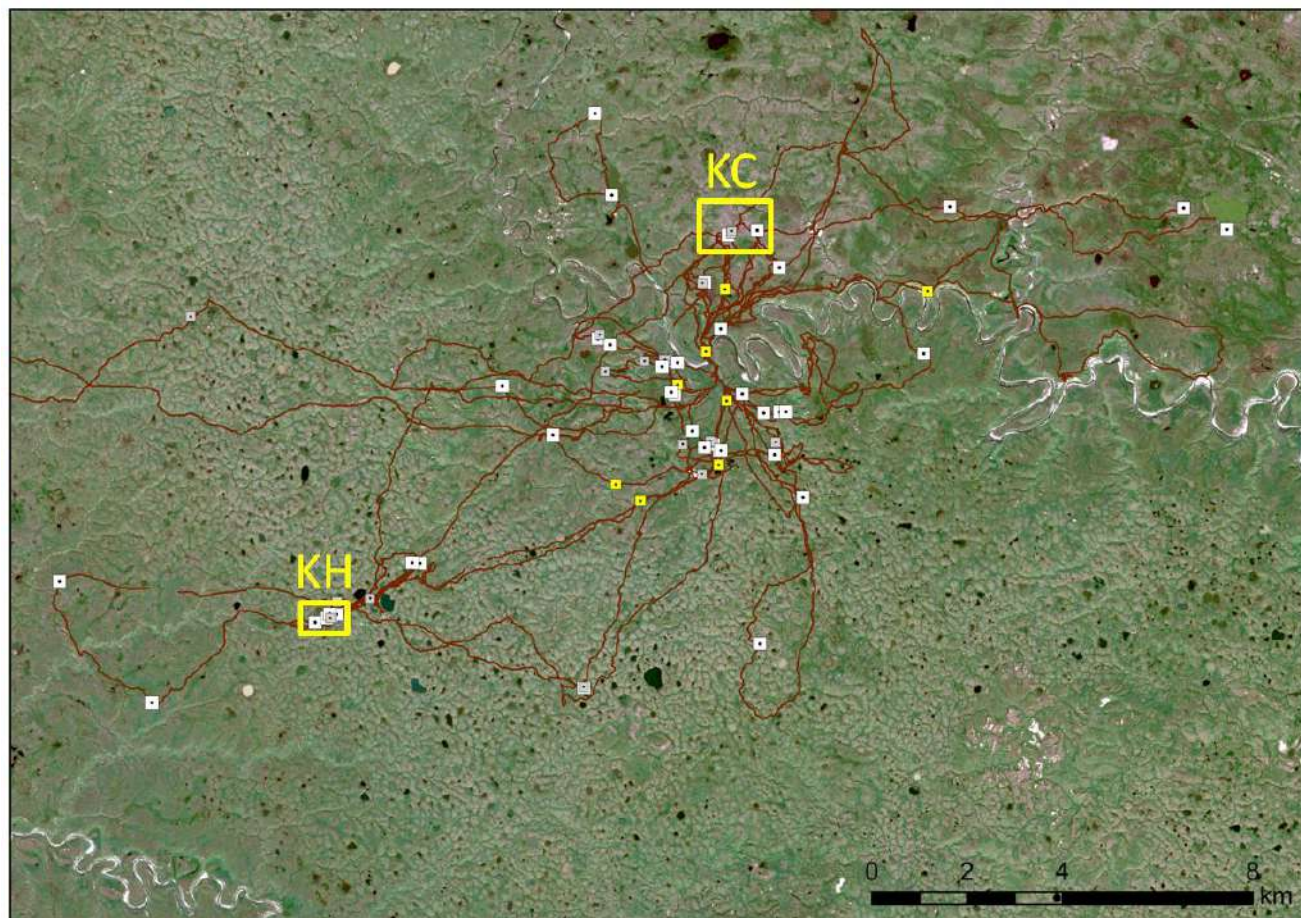
Разнообразие КМС в долинах рек, как показали полевые наблюдения, незначительно. Кроме того, почвенный покров здесь обладает собственной спецификой формирования и динамики, а также азональными чертами. В связи с чем основное внимание уделялось плакорным поверхностям, а речные долины, термокарстовые котловины, хасыреи исследовались с меньшей детализацией.

Еще в 1977 г. В.Д. Тонконогов по результатам работ на полуостровах Ямал и Гыдан отмечал, что в тундре на наиболее дренированных поверхностях комплексы более разнообразны и существенно различаются на породах различного гранулометрического состава, а по мере ухудшения дренированности различия стираются и характер почвенного покрова становится более однообразным [Ямало-Гыданская область, 1977]. Это было подтверждено нашими полевыми наблюдениями: подчиненные позиции рельефа везде занимают комплексы болотных почв, преимущественно плоскобугристые, хорошо изученные ранее [Каверин и др., 2016b; Пастухов, Каверин, 2016]. В связи с этим, а также тем, что почвы подчиненных позиций менее подвержены почвенной зональности, торфяным почвам уделялось в работе чуть меньшее внимание.

Ландшафтные описания

Ландшафтные описания, выполняемые для последующего дешифрирования космических снимков, сопровождались описанием как микрорельефа, так и растительности: описание проективного покрытия лишайников (рода *Cladonia*), осок или других трав/злаков, кустарничков и кустарников (ив), с указанием для последних вида и высоты.

А) Остров Колгуев, возвышенная и центральная часть



Б) Остров Колгуев, восточная часть

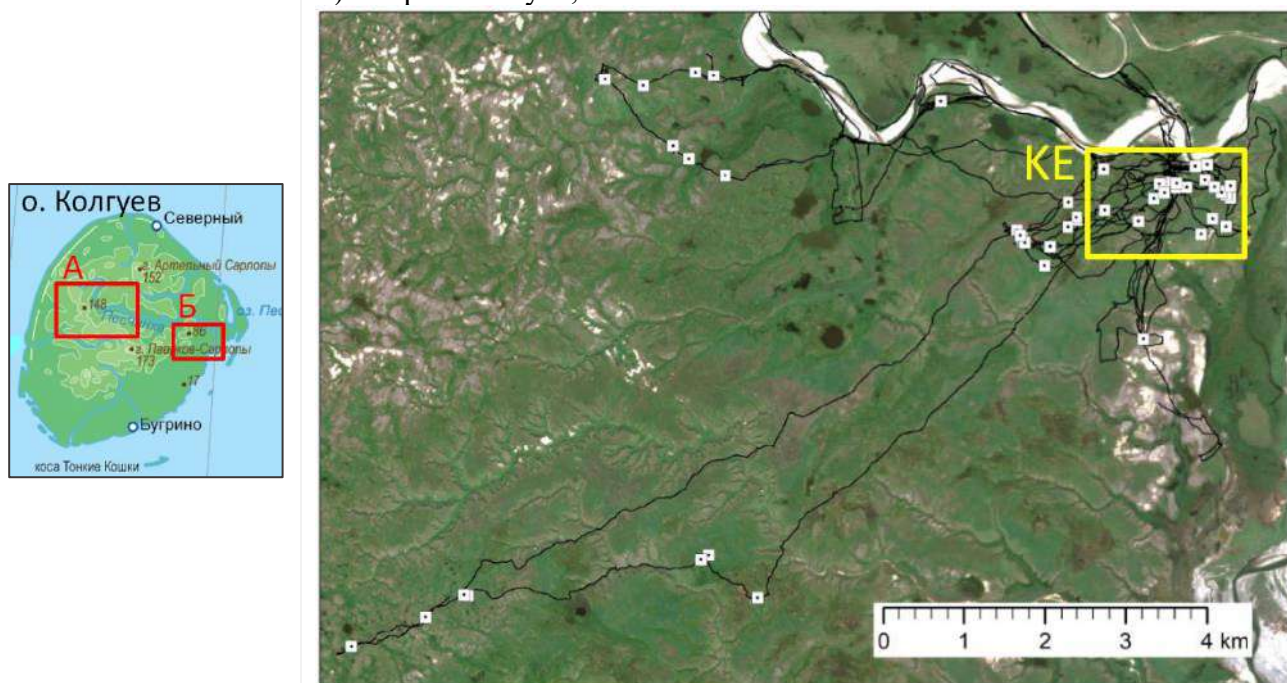


Рисунок 3.1.1 – Треки маршрутов, разрезы и ключевые участки на острове Колгуев. А – в центральной, в том числе возвышенной части; Б – в восточной части острова

А) Остров Ловецкий



1 км



Б) Остров Кашин



1 км

В) Полуостров Болванский



Рисунок 3.1.2 – Расположение разрезов и ключевых участков на островах Печорской губы (А, Б) и полуострове Болванский (В)

Выявление и описание разнообразия структурных грунтов

Изучаемые территории, за исключением островов Печорской губы, были богаты на различные формы проявления криогенных процессов в почвенном покрове. Для того чтобы сориентироваться в их разнообразии выполнялись маршрутные описания типов поверхности по разработанным критериям [Шматова, 2023]:

- 1) Тип микрорельефа – выбирался из 6 базовых типов, выделенных в процессе работы: бугорки, западины, волнистый микрорельеф, полосы, кольца, полигоны (Рисунок 3.1.3).
- 2) Доля горизонтальной поверхности. Каждый тип характеризуется ее наличием или отсутствием. По ее доле можно судить о «плотности» расположения отдельных элементов, например, бугорков или западин.
- 3) Перепад высот. Давался как диапазон наиболее встречающихся.
- 4) Длина и ширина элементов микрорельефа – диапазон измерений по длинной и короткой стороне. Соотношение дает представление об изометричности элементов. Это наиболее важный параметр для бугорков. Для волнистого микрорельефа определялся как частота смены повышений и понижений.
- 5) Доля мочажин. Мочажины – заметно выделяющиеся по растительности ареалы, часть вегетационного сезона находящиеся под водой. Важны как признак переувлажнения.
- 6) Доля оголенной поверхности – доля поверхности, лишенной по каким-либо причинам сомкнутого растительного покрова.
- 7) Тип оголенной поверхности: корразионные пятна; пятна излившегося грунта; «эрозионная поверхность» – рабочее название часто наблюдаемого явления нарушения сомкнутости мохового покрова в пересохших мочажинах; и другие.

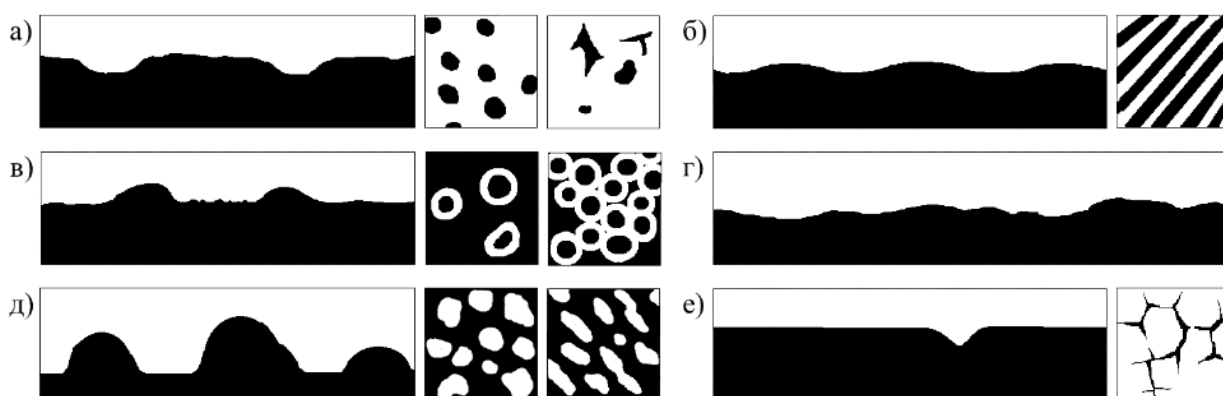


Рисунок 3.1.3 – Схемы выделенных базовых типов микрорельефа (профиль и вид сверху): а) западинки, б) полосы, в) кольца, г) волнистый микрорельеф, д) бугорки, е) полигоны

Характеристика территории по предложенным критериям выполнялась на протяжении всего полевого этапа, так как попутно служила задаче выявления факторов формирования тех или иных форм КМС. Описание выполнялось в мобильном приложении SW-maps, хорошо себя зарекомендовавшем для полевого сбора пространственных данных. Каждой точке описания сопутствовали усредненные для большей точности координаты (широта, долгота, высота).

Заложение и описание траншей и разрезов

На основе результатов рекогносцировочных маршрутов и анализа данных дистанционного зондирования выбирались наиболее типичные (репрезентативные) участки для детальных исследований строения почвенного покрова. По возможности, они выбирались на ключевом участке, но не всегда все представительные ландшафтные фации оказывались на его территории. В таком случае разрезы закладывали за его пределами. Также за пределами участка закладывались разрезы и траншеи для уточнения распространения почв и микроструктур в пределах изучаемого ландшафта.



Рисунок 3.1.4 – Примеры заложения траншей через бугорок (а) и через западинку (б)

Для детального описания КМС и почв закладывали траншеи и разрезы, пересекающие все элементы микрорельефа, или разрезы в каждом из них. Стенку разреза ориентировали так, чтобы она пересекала под прямым углом предполагаемые границы морфонов (Рисунок 3.1.4).

При описании траншей, заложенных через выраженный микрорельеф, было удобнее использовать единую систему отсчета глубин, не привязанную к реальной поверхности отдельной почвы. За поверхность отсчета выбирался наиболее ровный и наиболее протяженный элемент микрорельефа. Так, для почвы бугорка при описании глубин горизонтов используются

положительные числа. В описании, акцент делался на мощность горизонта и схематичное изображение его простираения.

Полное полевое описание почвы включало: характеристику микрорельефа (по приведенным выше критериям), описание растительности (более полное, чем при ландшафтном описании – до вида), описание положения в рельефе, схематическое изображение профиля, морфологическое описание каждого горизонта и морфона [Кириллова, Силёва, 2017; Розанов, 2004]. Описание сопровождалось фотографиями ландшафта и растительности, разреза и почвенной структуры (при необходимости).

Из разрезов наиболее типичных почв региона были отобраны образцы для определения стандартного набора почвенных свойств. Образцы отбирали по горизонтам (по всей мощности) и из отдельных значимых морфонов. Образцы для определения плотности были отобраны с помощью ручного кольцевого бура известного объема. Для слоев мощностью меньше высоты бура – вырезался участок этого горизонта 15*15 или 20*20 см, для которого записывалась мощность (толщина). Исходя из этих данных оценивался объем образца.

Аэрофотосъемка ключевых участков и отдельных типов микрорельефа

Во время полевых исследований осуществлялась съемка с БПЛА в двух масштабных уровнях: 1) всего ключевого участка – для последующего картографирования путем визуального дешифрирования; 2) отдельных площадок, на которых закладывались траншеи для изучения микроструктур почвенного покрова, – для последующего анализа форм микрорельефа поверхности. В последнем случае если траншея на момент съемки еще не была заложена, то место ее последующего заложения размечали вешками и яркой веревкой.

Съемка выполнялась по методике, аналогичной аэрофотосъемке, уточненной для БПЛА [Андреев, 2023; Медведев, Алексеенко, 2017]. Для съемки поверхности использовались модели квадрокоптеров фирмы DJI с камерами, снимающими в видимом диапазоне. Съемку производили в дневное и вечернее время суток с высот от 10 до 100 м. Опытным путем было установлено, что для получения качественной цифровой модели местности (для анализа микрорельефа) высота съемки не должна превышать 50 м, а охват территории съемки должен быть больше исследуемого участка для избежания искажений при обработке съемки. На снимках, сделанных в ясную погоду и, особенно, в вечернее время суток, микрорельеф поверхности выглядит более контрастным, так как подчеркнут тенями. На фотографиях, сделанных при рассеянном освещении в пасмурную погоду, более отчетливо виден узор растительного покрова и цветовые градиенты поверхности.

Полученные снимки поверхности земли обрабатывались в программе Agisoft Photoscan. Принцип заключается в фотограмметрическом сопоставлении пар кадров. Сначала получали

цифровую модель местности с разрешением от 10 до 1 см/пиксель в зависимости от высоты. При достаточной детальности на моделях четко отображался микрорельеф (рисунок 3.1.5 а). По цифровой модели рельефа выравнивались снимки и создавался ортофотоплан местности с разрешением до 0.3 см/пиксель. На полученном ортофотоплане узор поверхности, создаваемый различиями в растительном покрове, виден без пространственных искажений (рисунок 3.1.5 б).

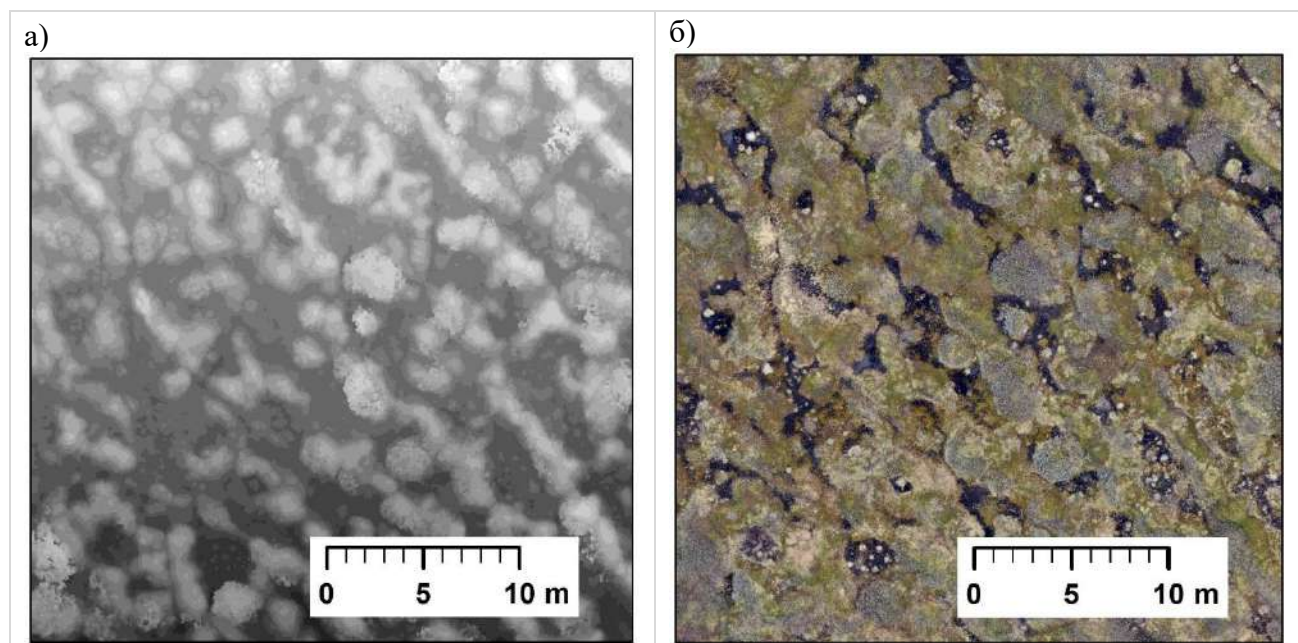


Рисунок 3.1.5 – Пример цифровой модели местности (а) и ортофотоплана (б) пучинно-бугорковой микроструктуры, полученных в результате обработки данных аэрофотосъемки

3.2. Исследование почв и микроструктур почвенного покрова

Классификация и диагностика почв

Проведение лабораторных анализов

Для отобранных образцов почв после высушивания до воздушно-сухого состояния была рассчитана плотность. Затем были определены следующие физико-химические показатели: гранулометрический состав, потеря при прокаливании (ППП), pH водной и солевой вытяжек, содержание углерода и азота органических соединений, содержание дитиониторастворимых («несиликатных») соединений железа (по методу Мера-Джексона), содержание оксалаторастворимых («аморфных») соединений железа и алюминия по Тамму, а также электропроводность. Результаты лабораторных анализов приведены в приложении В.

Пробоподготовку и определение физико-химических свойства почв проводили по стандартным методикам [Теория и практика химического анализа почв, 2006]. Содержание органического углерода и азота определялось при помощи CHN-анализатора Vario Isotope cube

фирмы Elementar методом поточной масс-спектрометрии после пиролиза пробы при температуре 1 500 °C.

Диагностика почв

При диагностике горизонтов и почв авторы руководствовались Полевым определителем почв России [2008], однако стоит оговорить случаи, в которых диагностика почв не имеет однозначного решения.

Криоземы выделялись в тех случаях, когда в профиле минеральной суглинистой почвы не были выражены ни признаки криогенного оструктурирования, ни оглеения. Наличие криогенных деформаций не было обязательным критерием выделения криоземов, так как в случае отсутствия маркирующих их морфонов (погребенного органического вещества или нарушенной литогенной неоднородности) криотурбации могут быть незаметны в профиле. Для горизонтов с аккумуляцией органического вещества на границе с современной или недавней кровлей многолетней мерзлоты использовался индекс «сго», диагностирующий органо-надмерзлотно-аккумулятивный подтип почв [Губин, Лупачев, 2018; Хитров, Герасимова, 2022]. Криометаморфические горизонты (CRM) диагностировались по наличию выраженной структуры как угловатой (зернистой), так и округлой (комковатой, ооидной), а также наличию хорошо оформленных округлых агрегатов в менее оструктуренной массе [Тонконогов, 2010; Шматова, Лобков, 2024; Полевой определитель почв России, 2008]. Во многих криоземах и криометаморфических почвах под подстилкой выделялся небольшой прослой (часто мощностью менее 1 см, но иногда до 4 см) рыхлого сложения и с хорошо выраженной ооидной структурой. По цвету он был ближе к минеральным горизонтам и лишь слегка отличался более темным цветом. Этот оструктуренный малый горизонт также считается криогенным [Губин, 2016] и, соответственно, слой обозначался как горизонт *Vсгm*, а почва классифицировалась как криометаморфизованный подтип криозема.

Почвы трещин в работе названы «торфяная (или торфяно-перегнойная) мерзлотная почва криогенной трещины» [Ананко, Герасимова, Конюшков, 2020]. Для почв пятен используется термин «криообраземы» с добавлением, при наличии соответствующего срединного горизонта, «альфегумусовый» или «криометаморфический» [Ананко, Герасимова, Конюшков, 2020; Герасимова, Ананко, Конюшков, 2018].

Граничным значением для выделения почв в отдел торфяных почв, и, соответственно, в ствол органогенного почвообразования, была выбрана мощность торфяного горизонта более 30 см, как это предложено в работе [Аветов, Шишконокова, 2019]. Это отвечает медленным темпам торфонакопления в холодном климате. Следуя той же логике, для глеевых почв с подстильно-торфяным горизонтом мощностью 5-10 см и более высокой влажностью и плотностью, чем

обычные тундровые моховые подстилки, использовался подтип «торфянистый», чтобы подчеркнуть отличие этих почв и их близость по свойствам к торфяно-глееземам. аналогичный термин для обозначения мощной – по тундровым меркам – подстилки используется в работе Г.В. Русановой с соавторами [2004].

Диагностику почвы как олиготрофной или мезотрофной в отсутствии данных химических анализов проводили на основании состава растительного покрова [Аветов, Кузнецов, Шишконокова, 2021; Аветов, Шишконокова, 2019], поскольку степень разложения торфа варьировала в пределах почвенного профиля от слабой до средней, как и его окраска – от светло-до темно-бурой. Таким образом, к олиготрофным были отнесены почвы со сфагновыми мхами в напочвенном покрове, а к мезотрофным – все остальные переувлажненные торфяные почвы. Почвы мерзлых торфяных бугров, находящиеся в дренированном положении, диагностировали как «торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные», как это сделано в ряде работ [Аветов, Шишконокова, 2019; Каверин и др., 2016b; Пастухов, Каверин, 2016].

В ряде разрезов было сложно определить, как диагностировать органический горизонт, состоящий из хорошо разложенного вещества: как перегнойный или как торфяно-деструктивный. Горизонт имел темно-бурый или темный, до черного цвет, плотное сложение, мажущую консистенцию, а слагающие органические остатки утратили исходное строение. Однако в отличие от перегнойного, этот горизонт часто наблюдался в почвах, находящихся в автоморфных условиях, либо был приурочен к буграм и бугоркам. В последнем случае возможна ситуация, в которой торфяной горизонт попал вследствие пучения в более аэрируемые условия. Таким образом, для различения двух данных горизонтов мы ориентировались на его положение в микрорельефе: при наличии признаков пучения или иного изменения гидрологического режима горизонт относили к торфяно-деструктивному, в случае их отсутствия – к перегнойному.

В ряде разрезов под небольшим очесом мхов (менее 5 см) и лишайников был описан горизонт мощностью около 5-7 см, сложенный в разной степени гомогенизированной смесью органического и минерального вещества. При этом в разных случаях в составе органического вещества соотношение слаборазложенных остатков растений и гумуса, пропитывающего минеральную массу, могло быть разным. Горизонт был насыщен тонкими корнями и отличался от нижележащего более темным цветом и, как правило, имел рыхлое сложение. Согласно Полевому определителю, если органического вещества более 2/3 объема, то горизонт относится к органическим и, соответственно, в нашем случае, диагностируется как Оао – подстильно-торфяной грубогумусированный горизонт. Затруднения возникали в случаях, когда минеральный компонент преобладал над органическим и, соответственно, горизонт нужно было диагностировать как один из гумусо-аккумулятивных минеральных горизонтов. Для выделения большинства горизонтов, как и грубогумусового горизонта АО, наиболее соответствующего по

описанию, не хватало мощности. В связи с этим было решено обозначать подобные органоминеральные горизонты как Wao, так как горизонт W (гумусово-слаборазвитый) отражает наличие гумусо-аккумулятивного процесса, не приведшего тем не менее к формированию полноценного гумусового горизонта. В спорных моментах относительно соотношения минерального и органического компонентов ориентировались также на данные химических анализов, взяв граничные значения в интервале 35-40% ППП (20% Сорг) [Полевой определитель почв России, 2008; World Reference Base for Soil Resources, 2022]. Почвы, в которых был диагностирован горизонт Oao или Wao были отнесены к грубогумусированному подтипу.

Диагностика подзолов и подбуров оподзоленных осложнялась обилием мелких криотурбаций в верхней части профиля. Для их разделения ориентировались на выраженность подзолистого процесса. Для выделения полноценного подзолистого горизонта требовалось, чтобы он имел яркую светлую окраску, прослеживался достаточно четко – на большей части стенки разреза и имел мощность не менее 2 см. В случаях, когда отдельные светлые морфоны встречались менее, чем на половине видимой стенке разреза, или они отсутствовали, то выделялся оподзоленный подтип подбуров.

Вызывали сложности глееземы, формирующиеся в тундрах на плакорных поверхностях, и образующие единый экологический ряд с криоземами глееватыми. Известно, что глей в тундровых почвах от года к году может быть выражен в разной мере. В связи с этим при выделении глеевого горизонта в этих почвах ориентировались не только на площадь сизых пятен, которая могла быть чуть меньше половины, но и на их цветовую контрастность. Аналогичные сложности вызывала диагностика глеевых признаков в криометаморфических почвах: выделение глееватого подтипа или глеезема криометаморфического. Здесь основным критерием был цвет фона: если сизые пятна с ржавой каймой выделялись на фоне блекло-бурого или буровато-серого однородного по окраске горизонта, то диагностировался глееватый подтип; если фон имел мраморную окраску с ржавыми пятнами, то она диагностировалась как окисленная форма глея и, соответственно, горизонт как окисленно-глеевый, а почва – как глеезем криометаморфический. Также учитывалась интенсивность реакции на раствор $\alpha\alpha$ -дипиридила.

Типизация и характеристика криогенных микроструктур почвенного покрова²

В теории СПП [Фридланд, 1972а] предложены следующие характеристики для описания структур почвенного покрова: компоненты и их соотношение (состав), характер связей между ними, контрастность и генетико-геометрическое строение. Так как для исследуемого объекта его

² Материалы, использованные в этом разделе, частично опираются на работу соискателя: [Шматова, Горячкин, 2025]

пространственный узор не определяется одним конкретным процессом формирования, то по аналогии с классификацией структурных грунтов [Washburn, 1956] генезис и геометрическое строение КМС нами рассматривались отдельно. Вследствие разнообразных криогенных деформаций, почвенное тело иногда имеет весьма сложное строение, что требует особого внимания.

Закономерности расположения морфонов являются интегральным результатом действия процессов, сформировавших микроструктуру, и видятся нами ключом к типизации КМС. В связи с этим в работе используется термин "*морфотип КМС*", под которым мы понимаем характерное взаиморасположение органических и минеральных морфонов в объеме регулярно организованного почвенного континуума, рассматриваемое в срезе криогенной микроструктуры почвенного покрова (обычно – траншее).

Таким образом, в работе рассматриваются следующие характеристики криогенных микроструктур почвенного покрова:

1. положение в ландшафте (литолого-геоморфологическая приуроченность);
2. узор поверхности – его геометрические формы, образованные чередованием повышений и понижений поверхности, либо пятен голого грунта, либо узором растительности;
3. строение почвенного тела в траншее, характеризующее морфотип;
4. компоненты – набор различных типов почв, входящих в состав КМС;
5. контрастность компонентов;
6. наличие и характер генетической связи между компонентами;
7. возможный генезис данного морфотипа (по литературным данным).

Типизация криогенных микроструктур почвенного покрова

Сопоставление с ранее описанными криогенными микроструктурами проводилось в первую очередь на основании сравнения строения почвенного профиля. Таким образом установление принадлежности микроструктуры к одному морфотипу было возможно только при наличии в литературном источнике схемы строения профиля, как, например, они приведены в Атласе Арктики [1985, с. 118].

При выделении новых морфотипов, схожих с ранее выделявшимися, им давали аналогичные составные названия: «спорадически-пучинные» – название подчеркивает неупорядоченность узора и пучение как основу формирования, «трещинно-конвективные» – аналогичны трещинно-полигональным, но отличаются морфологическим строением профиля. При выделении принципиально нового, не похожего на ранее выделенные морфотипы, ему давали название, ориентируясь на его морфологическое строение и избегая указания на генезис,

который не всегда ясен. Так были предложены новые названия: «кольцевые», «западинковые», «полосчатые» (Таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Сопоставление генетико-геометрических типов криогенных микроструктур, выделенных ранее и морфотипов, выделяемых в настоящей работе

Атлас Арктики [1985] (с обобщениями)	Почвенная карта РСФСР [1988]	Национальный атлас почв РФ [2011]	Микроструктуры, выделенные в настоящей работе
Спорадически-пятнистые	Неупорядоченно-пятнистые	Пятнисто-бугорковатые	Спорадически-пучинно-пятнистые
Пучинно-бугорковатые	Бугорковые кочкарниковые		Пучинно-бугорковатые
			<i>Спорадически-пучинные*</i>
Трещинно-нанополигональные	Полигонально-трещинные	Трещинно-полигональные	Трещинно-полигональные
Крупноблочные		Не выделялись	<i>Трещинно-конвективные</i>
Каменно-многоугольниковые	Каменно-многоугольниковые	Не выделялись	Крупнополигональные
Плоскобугристые торфяники	Плоскобугристые	Крупно- и плоскобугристые комплексы	Не рассматриваются
Бугристых торфяники	Крупнобугристые		Не обнаружены
Солифлюкционно-линейный и пятнистый	Не выделялись	Не выделялись	Не обнаружены
Не выделялись	Округло-пятнистые западинные	Не выделялись	Не обнаружены
Не выделялись	Не выделялись	Не выделялись	<i>Полосчатые</i>
			<i>Кольцевые</i>
			<i>Западинковые</i>

Примечание: курсивом выделены новые, впервые выделенные морфотипы

Определение степени контрастности микроструктур почвенного покрова

При определении степени контрастности микроструктур возникает и ряд сложностей, связанных с тем, что традиционно контрастность определяется как иерархический уровень почвенной классификации, на котором различаются компоненты. Так, формально, если почвы принадлежат к разным типам, то это комплекс, если разным подтипам – пятнистость. Однако есть признаки, выраженность которых переносит почвы в разные типы. Например, подбур оподзоленный и подзол отличаются лишь выраженностью процесса оподзоливания; аналогично выраженность оглеения – наличие сизых пятен на большей или меньшей площади горизонта – формально переводит почву в другой отдел (!), однако фактически комбинация является слабоконтрастной (при прочих равных свойствах).

Особый вопрос вызывают почвы корразионных пятен, отличающиеся от фоновой почвы лишь отсутствием подстилично-торфяного горизонта. Важность наличия верхних органогенных горизонтов по-разному оценивается в разных классификациях: в Классификации и диагностике

почв России [2004] отсутствие органогенного горизонта переводит почву в другой отдел – отдел абраземов; в международной почвенной классификации верхние горизонты – как быстро меняющиеся во времени – не являются диагностическими [Мировая реферативная база почвенных ресурсов, 2024].

Таким образом, формальное определение контрастности через иерархический уровень классификации (тип/подтип) сталкивается с методическими трудностями. В связи с этим в настоящей работе для оценки контрастности микроструктур мы отказались от прямого сравнения формальных классификационных единиц. Основой для сравнения стали реальные почвенные профили компонентов КМС, их диагностические горизонты и признаки. Такой подход позволяет миновать этап «перевода» формулы профиля в название почвы и сравнивать компоненты напрямую, по степени сходства или различия их строения.

Соответственно, в работе использовались следующие критерии определения контрастности микроструктур: комплексы – различается набор диагностических горизонтов, пятнистости – различия на уровне отдельных признаков или выраженности диагностического горизонта (E – e, G – g).

3.3. Анализ неоднородности почвенного покрова районов исследований

Полевые исследования в большинстве районов проводилось на плакорных поверхностях и не охватывали долинные комплексы. В связи с этим на картах ключевых участков КН, КС и КЕ отображен только почвенный покров плакоров. Ключевое понимание плакорных поверхностей в данном контексте заключено в том, что они являются длительно стабильными участками земной поверхности, не подверженными современным активным эрозийным процессам. На островах Печорской губы аналогичными поверхностями являются участки, не подверженные паводковому затоплению. Соответственно, именно их почвенный покров отображен на карте ключевого участка L. На территории Болванского полуострова почвенными исследованиями были охвачены также неглубокие долины ручьев, образующие достаточно густую сеть и многократно встречающиеся на ключевом участке. В связи с этим карта ключевого участка В была составлена с показом всех компонентов почвенного покрова, в том числе долинного комплекса.

Составление карт ключевых участков

Для оценки участия криогенных микроструктур разного типа и контрастности в почвенном покрове изученных ландшафтов были составлены почвенные карты ключевых участков в масштабе 1:3 000 – 1:10 000, в зависимости от размера наименьших контуров, что

соответствует крупному и детальному масштабам. Охват картографируемой территории определялся исходя из особенностей рельефа.

Материалом для составления карт ключевых участков служили:

- Цифровая модель рельефа ArcticDEM (пространственное разрешение 2 м, 5 м);
- Спутниковые снимки высокого разрешения (Google Earth, разрешение ≈ 0.5 м);
- Ортофотопланы, полученные по съемке с БПЛА (разрешение ≈ 0.5 м);
- Карта местообитаний северо-западной части Большеземельской тундры [Лавриненко, Лавриненко, 2021];
- Полевые ландшафтные и почвенные описания, геопривязанные фотографии ландшафтов.

Почвенные карты ключевых участков были составлены методами традиционной почвенной картографии с применением ГИС-технологий и методов ландшафтной индикации [Козлов, Сорокина, 2012; Савин, 2012; Ульянова, Зборищук, 2005; Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт, 2006].

Составление карт состояло из следующих блоков:

1. Систематизация почвенных данных, составление списка почв и микроструктур;
2. Систематизация факторов-индикаторов, составление модели почвенно-ландшафтных связей [Викторов, Чикишев, 1985];
3. Анализ рельефа и составление контурной геоморфологической основы;
4. Разработка легенды карты и эталонов дешифрирования;
5. Составление детализованной контурной основы с выделением ландшафтных фаций-индикаторов методом визуального дешифрирования.

Поскольку исследование почвенного покрова ландшафта проводилось как на ключевом участке, так и за его пределами, то на первом этапе было необходимо обобщить весь полученный материал по конкретному ландшафту. Данные о почвах и микроструктурах систематизировались в соответствии с почвообразующими породами, положением в рельефе, типом растительного покрова и криогенных явлений (пятен, микрорельефа). На этом этапе проводилось первичное обобщение почвенных данных. Результатом была модель почвенного покрова, выраженная в виде таблицы почвенно-ландшафтных связей (Приложение Г).

Анализ рельефа проводился по цифровой модели рельефа Arctic DEM, с пространственным разрешением 5 м. В программе ArcMAP была рассчитана крутизна склонов, выделены бровки речных долин и оврагов, ограничивающие плакорные поверхности. При составлении карты на ключевой участок L, в пределах которого выделяются зоны паводкового затопления, определение характерных высот позволило определить области синлитогенного и постлитогенного почвообразования. По цифровой модели рельефа в программе GlobalMapper были построены горизонталы с минимальным возможным интервалом – 30 см. Это обеспечивало

возможность визуализации даже небольших элементов рельефа в условиях выположенных поверхностей.

Визуальное дешифрирование было проведено в программе ArcMAP. В процессе возникла необходимость составления образцов рисунков различных выделов – эталонов дешифрирования (Приложение Д). Чаще всего в качестве эталона использовалось изображения непосредственно места заложения разреза.

Основой для легенды карты служил список компонентов почвенного покрова района исследования, полученный на первом этапе. В процессе дешифрирования он уточнялся по двум причинам: 1) реальный ландшафт сложнее и, случалось, не все фации, особенно переходные, были охвачены полевыми исследованиями; 2) имеющиеся космические и аэрофотоснимки не позволяли выделить отдельные ареалы почв или микроструктур. В первом случае для выделов легенды карты, не обеспеченных полевым материалом, заключение о составе почвенного покрова делалось на основании общих представлений о закономерностях строения почвенного покрова ландшафта. Во втором случае выдел карты объединял несколько компонентов почвенного покрова, то есть представлял из себя почвенную комбинацию или ее часть. В зависимости от природы связей между компонентами, в легенде такой выдел был назван «ташет» или «сочетание» соответствующих почв или микроструктур. Так, например, был выделен *«Ташет ЭПА подбуров криометаморфических на опесчаненных суглинках и ЭПА псаммоземов гумусовых на песках»*, приуроченный к небольшим холмам с неоднородным литологическим составом. Там же на ключевом участке В (Болванский полуостров), было выделено *«Сочетание 3х трещинно-полигональных комплексов, состоящих из торфяно-(перегнойных) мерзлотных почв трещин, криоземов или глееземов валиков/полигонов и криоабраземов пятен (при наличии)»* – комплексы в составе этого сочетания различаются лишь наличием пятна и почвой валика/полигона. При этом комплексы с криоземами и почвами пятен приурочены к водоразделам, а комплексы с глееземами – к нижним частям склонов.

Поскольку целью составления карт являлась оценка степени неоднородности почвенного покрова, то при выделении на карте сочетаний и ташетов главным критерием было то, чтобы в их состав входили элементарные почвенные структуры одного порядка – либо только однородные ареалы одной почвы, либо только микроструктуры одного морфотипа и степени контрастности.

Выделение автономных поверхностей

Выделение автономных позиций, для которых проводилось сравнение состава почвенного покрова, оказалось сложной задачей. Это связано, во-первых, со сложно организованным рельефом, наличием ложбин разного размера и порядка, а во-вторых, с чувствительностью

растительного и почвенного покрова даже к слабым перегибам в рельефе: при общей выположенности поверхности даже небольшие вогнутые участки склона приобретают черты заболоченности, не являясь подчиненными почвами.

В связи с этим, к подчиненным позициям были отнесены заболоченные депрессии: замкнутые или открытые в сторону эрозионного вреза; и заболоченные ложбины без выраженного уклона днища. Границу гетерономных (подчиненных) позиций проводили по перегибу рельефа у подножия склона, который маркируется сменой растительности. Дополнительным критерием отнесения почв к гетероморфным служило наличие мощного (более 30 см) торфяного горизонта. Переувлажненные почвы, расположенные на склонах и плоских водоразделах были отнесены к автономным, поскольку их переувлажнение связано с локальным застоем влаги, а не дополнительным привносом. К гетерономным почвам также не были отнесены торфяно-глееземы мерзлотные, формирующиеся в небольших ложбинах на склонах или в их нижних частях под пушицевыми кочкарниками (ключевые участки G, B), поскольку в их профиле не наблюдалось застоя влаги, к тому же, как правило, всё еще присутствовал заметный уклон поверхности.

Вследствие плоского рельефа на острове Ловецкий (относительные превышения не более 1 м) значительная доля почв здесь переувлажнена, и представлена типами торфяных почв, при этом на небольшом расстоянии они чередуются с приподнятыми участками автономных почв. Почвенный покров здесь представляет следующий ряд, в зависимости от глубины почвенно-грунтовых вод: подзолы (воды залегают вне почвенного профиля) – торфяно-подзолы (вода на глубине 30-50 см) – торфяно-криоземы (0-10 см от поверхности между бугорками; 20-50 см от вершины бугорка) – торфяные почвы (грунтовые воды с поверхности). В этом ряду только торфяные почвы были отнесены к подчиненным, а торфяно-подзолы и торфяно-криоземы – к автономным почвам, переувлажненным надмерзлотным застоем влаги, поскольку глубина сезонного протаивания под торфяно-подзолами и торфяно-криоземами скорее всего составляет около 1-1.5 метра.

Таким образом, дальнейший расчет площадей и оценка участия микроструктур различного типа в почвенном покрове проводились только для автономного почвенного покрова плакорных поверхностей. Почвы молодых поверхностей – склонов и днищ балок, периодически затопляемых участков, недавно осушенных озерных террас на острове Ловецком – не были охвачены полевыми исследованиями и не были отражены на составленных почвенных картах. Почвы подчиненных позиций были показаны на картах, но были исключены из расчетов.

Расчет площадей криогенных микроструктур различного морфотипа и оценка их участия в почвенном покрове автономных позиций

На первом этапе в программе ArcGIS были рассчитаны площади каждого контура карты. Затем, в программе Excel считалась общая площадь каждого выдела и его доля от всей автономной поверхности. Далее рассчитывалось участие в почвенном покрове каждого морфотипа. Например, всех пучинно-бугорковых комплексов не зависимо от состава, и отдельно – всех пучинно-бугорковых пятнистостей. На последнем этапе суммировались все комплексы и все пятнистости и рассчитывалась доля почвенного покрова, занимаемая соответственно, контрастными и слабоконтрастными микроструктурами. На ключевом участке КЕ присутствуют микроструктуры, состоящие из двух типов почвенных комбинаций (поликомбинационный ареал по Фридланду [1972b, 1984]): пучинно-бугоркового и кольцевого морфотипа. Площадь такой структуры делили пополам, отдавая часть кольцевому, а часть пучинно-бугорковому морфотипу при расчете их площадей.

3.4. Анализ динамики структуры ландшафтов плакоров на уровне урочищ³

Для того чтобы выявить изменения, происходящие в почвенном покрове и, в частности, микроструктурах в результате климатических изменений, был проведен анализ данных дистанционного зондирования. Была использована методика, ранее разработанная для выявления динамики ландшафтной структуры [Шматова, Лощагина, Глазов, 2023].

Подбор и подготовка снимков

Для изучения динамики был выбран остров Колгуев, так как это наибольшая из исследованных территорий, которая может быть охвачена одним или соседними космическими снимками. Для территории острова было отобрано и подготовлено 12 снимков со спутника Landsat-5,7,8 – были использованы все доступные летние снимки с минимальной облачностью (Таблица 3.4.1). Охваченный период составил 33 года (1987-2020 г.).

Все снимки были обрезаны по единой маске облачности (Рисунок 3.4.1). Для получения более точных результатов были маскированы места весеннего присутствия снежников, склоны крутизной $>13^\circ$ и балки шириной около 60–90 м (2–3 пикселя). Долины рек и ручьев участвовали в классификации поскольку в них встречаются крупные массивы кустарников, но затем эти

³ Содержание данного раздела частично опирается на статью соискателя: [Шматова, Лощагина, Глазов, 2023].

территории были исключены из анализа. Таким образом, классифицируемая площадь составила 2 861 км², а анализируемая площадь (без долин) – 2 490 км².

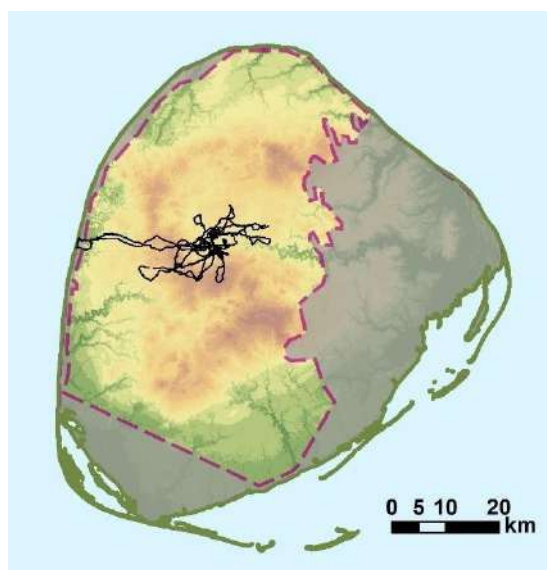


Рисунок 3.4.1 – Маска облачности (границы анализируемой территории) и треки полевых исследований

Таблица 3.4.1 – Отобранные для работы космические снимки

Дата съемки	Спутник	Высота Солнца, градусы	Кадр (Path; Row)
18.07.1987	Landsat-5	40,75 – 41,83	178; 011, 012
29.07.1992		38,21	179; 011
28.07.1994		38,38	178; 011
27.08.1996		29,59 – 30,68	178; 011, 012
16.07.2001	Landsat-7	41,44 – 42,63	178; 011, 012
16.07.2007	Landsat-5	41,58	
30.07.2009		38,58 – 39,77	178; 011, 012
01.08.2013	Landsat-8	38,23	178; 011
07.08.2015		36,74	
21.08.2017		32,31 – 33,56	178; 011, 012
18.08.2019		33,44	178; 011
19.07.2020		41,00	

Классификация изображений

Для отобранных снимков в программе ArcGIS была проведена автоматическая классификация методом Опорных векторов с использованием единой обучающей выборки. При классификации изображений использовалось четыре спектральных канала: зеленый, красный, ближний инфракрасный и средний инфракрасный. Сочетание красного и ближнего инфракрасного каналов дает возможность оценивать интенсивность вегетации, средний инфракрасный – влажность, наиболее четко выделять границы водных объектов. Зеленый канал был вспомогательным.

Количество и состав выделяемых спектральных классов был максимально полным, отражающим все разнообразие ландшафтов, при условии, что классы имели хорошую спектральную различимость (Рисунок. 3.4.2). Вследствие близких значений спектров некоторых компонентов ландшафтов они были объединены в один класс. Например, класс лишайниковых тундр включает как выбитые мохово-лишайниковые тундры на суглинках, так и лишайниковые на песках (Таблица 3.4.2). В результате был составлен следующий список классов: 1) пески; 2) лишайниковые тундры; 3) кустарничково-моховые тундры; 4) осоковые сообщества; 5) ивняки; 6) плоскобугристые болота и бугорковатые тундры; 7) обводненные территории; 8) водные объекты.

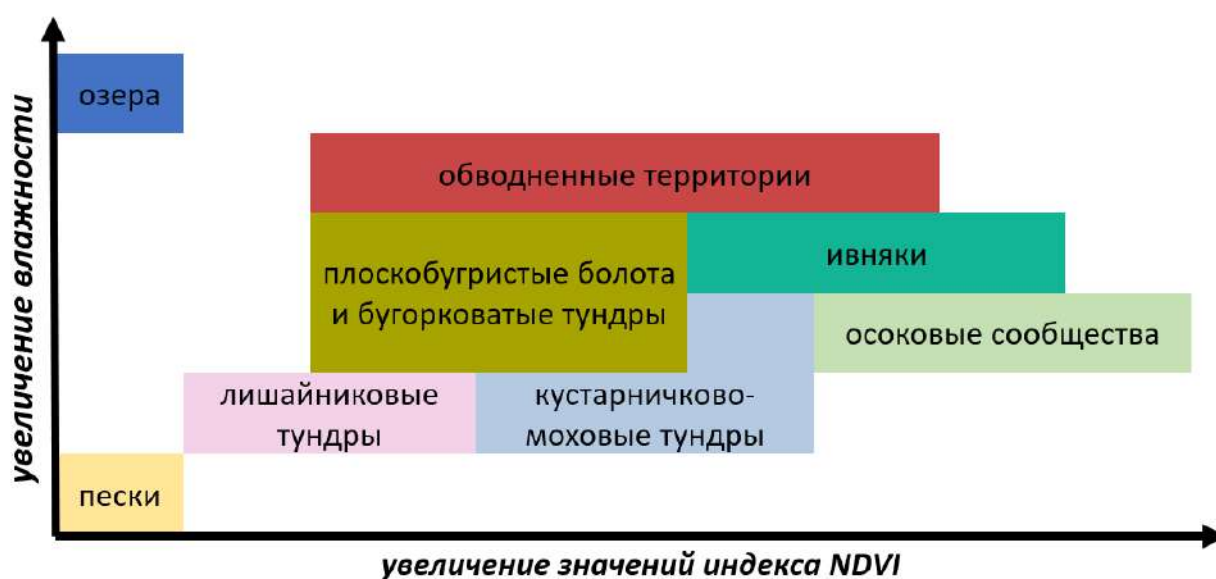


Рисунок 3.4.2 – Соотношение выделяемых спектральных классов по влажности (яркость в среднем инфракрасном диапазоне) и интенсивности вегетации (индекс NDVI, рассчитываемый как соотношение красного и ближнего инфракрасного каналов)

Ландшафтная характеристика выделенных спектральных классов проводилась по материалам полевых описаний и данным высокодетальных космических снимков (для необследованных районов). Характеристика каждого класса приведена в таблице 3.4.2. Стоит отметить, что КМС одного морфотипа и даже близкие по составу могут встречаться в разных классах.

Создание обучающей выборки является ключевым элементом применяемого метода, поскольку его идея заключается в том, что если классифицировать серию снимков по одной и той же обучающей выборке, то различия между полученными классификациями будут отражать именно ландшафтные изменения. Таким образом, главное требование к обучающей выборке заключалось в том, чтобы в нее входили участки, не изменившиеся в рассматриваемый период времени (1987 – 2020). Для этого выборку создавали в несколько этапов. На первом этапе основой

были полевые описания ландшафтов и данные высокодетальной космической съемки. Далее была проведена первая классификация изображений и были выделены территории, оставшиеся неизменными в течение всего периода (операцию повторяли и на следующих этапах). Эти территории были основой дальнейшего увеличения обучающей выборки и расширения на необследованные участки. При последующем уточнении обучающей выборки проводился анализ гистограмм спектральных признаков выделенных классов: по ним контролировалось положение классов обучающей выборки относительно друг друга в пространстве спектральных признаков, а также нормальность распределения значений яркости.

Таблица 3.4.2 – Ландшафтная интерпретация выделенных спектральных классов

Класс	Ландшафтная интерпретация класса (ландшафтные компоненты)		Преобладающие компоненты почвенного покрова
Пески	Территории, лишенные растительного покрова (общее проективное покрытие <50%)	Расположены на вершинах песчаных сопок и по бровкам рек. Их существование связано с пастбищной нагрузкой и дефляцией	-
		Песчаные косы в руслах рек	-
Лишайниковые тундры	Сухие ландшафты, занятые растительными сообществами с высокой долей лишайников	Лишайниковые тундры на песках; сюда же относятся зарастающие мхом <i>Racomitrium lanuginosum</i> пески	ЭПА • подбуров оподзоленных, • псаммоземов гумусовых; КМС: • Крупнополигональные; • Спорадически-пучинно-пятнистые
		Бугорковатые мохово-лишайниковые тундры на опесчаненных суглинках	Пучинно-бугорковатые КМС с: • подбурами криометаморфическими (более сухие); • криометаморфическими почвами (более влажные)
Кустарничково-моховые тундры	Умеренно влажные тундры, занимают преимущественно пологие суглинистые склоны; имеют широкий экологический ряд и граничат практически со всеми другими классами	Кустарничково-мохово-лишайниковые (вегетация слабее)	ЭПА • криометаморфических почв КМС: • Спорадически-пучинно-пятнистые; • Западниковые с криометаморфическими почвами
		Кустарничково-моховые (вегетация слабее)	
		Кустарничково-моховые редкой (вегетация интенсивнее)	ЭПА • криоземов КМС: • Спорадически-пучинные пятнистости с криоземами; • Трещинно-полигональные.
		Кустарничково-моховые стланиковоерниковые (вегетация интенсивнее)	
		Кустарничково-пушицево-моховые	КМС: • Трещинно-полигональные

Продолжение таблицы 3.4.2

Класс	Ландшафтная интерпретация класса (ландшафтные компоненты)		Преобладающие компоненты почвенного покрова
Ивняки	Влажные ландшафты, занятые растительными сообществами с высокой долей кустарников (ив), высотой от полуметра.		ЭПА • Перегнойно-криометаморфических почв Пучинно-бугорковатые КМС с • глееземами бугорков • торфяно-глееземами деструктивными бугорков
Осоковые сообщества	Сообщества с преобладанием разных видов осок	Пологие ложбины, занятые осоковыми сообществами	ЭПА торфяно-глееземов
		Пушицевые кочкарники	ЭПА торфяно-глееземов мерзлотных
	Полигональные торфяники с морошково-пушицевой растительностью		ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
Плоскобугристые болота и бугорковатые тундры	Плоскобугристые болота , где сочетаются контрастные по влажности, но с одинаково слабо вегетирующей растительностью бугры и мочажины; первые заняты кустарничковыми сообществами, вторые – сфагновыми сообществами с небольшой долей осок		Плоскобугристый комплекс торфяных почв
	Бугорковатые тундры , в которых также сочетаются контрастные по влажности, бугорки и мочажины; от ивняковых тундр отличаются бедной растительностью		Пучинно-бугорковатые КМС с торфяно-глееземами бугорков (?)
Обводненные территории	Болота и мелководья, занятые гигрофильными сообществами, проективное покрытие которых сильно варьирует; образуются при деградации плоскобугристых болот, реже – по берегам озер		ЭПА субаквальных почв
Вода	Озера, в том числе термокарстового происхождения		–
	Реки со старицами		–

Вследствие высокой пространственной неоднородности ландшафтов площадь отдельных эталонов для большинства классов составляла в среднем несколько десятков пикселей, что затрудняло увеличение выборки. В итоге обучающая выборка была представлена 926 полигонами общей площадью 16,5 км², то есть 0,6% от классифицируемой площади.

Расчет динамики переходов между отдельными классами

В результате классификации было получено 12 изображений, представляющих ландшафты Колгуева, разбитые на 8 классов, отличающихся по спектральным характеристикам и при этом имеющих ландшафтную интерпретацию. Далее было произведено попиксельное сравнение этих классифицированных изображений и было получено 11 растров изменений в каждом конкретном пикселе за один временной промежуток. Это 56 вариантов переходов из одного класса в другой или отсутствие изменений.

На этом этапе на снимках были маскированы (удалены из дальнейшего расчета) долины рек и ручьев, для того чтобы в дальнейшем анализе трендов участвовали только плакорные поверхности. Для того, чтобы среди шума случайных переходов выявить тренд направленных изменений, данные были обобщены для всего региона, а затем, вместо 56 парных переходов $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow A$, была оставлена только их разница (соответственно 28 однонаправленных изменений в каждый временной интервал). То есть была рассчитана площадь, на которую за один отрезок времени класс А увеличил свою площадь за счет перехода пикселей из класса Б (суммарно на всей поверхности плакоров острова). Так были получены данные по динамике переходов между отдельными классами.

ГЛАВА 4. ПОЧВЫ КАК КОМПОНЕНТЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И МИКРОСТРУКТУР

В этой главе будут рассмотрены почвы – компоненты почвенного покрова – описанные в районах исследований, как входящие в состав микроструктур, так и представленные элементарными почвенными ареалами. Фотографии и полевые описания почв представлены в приложении В.

4.1. Почвы с криометаморфическим горизонтом⁴

Ранее почвы с криометаморфическим горизонтом были описаны в зонах тайги, лесотундры и южных тундр [Русанова, Шахтарова, 2013; Тонконогов, 2010]. Особенностью данных почв является наличие горизонта рассыпчатого сложения, с выраженной, так называемой «криогенной», структурой: угловато-крупитчатой или линзовидной, образующейся при разрушении шлировой [Полевой определитель почв России, 2008]. В описанных почвах наиболее часто встречалась зернистая, с острыми ребрами (размер 2-3 мм) или ооидная (1-1.5 мм). Важным критерием диагностики также является наличие сепарации гранулометрических фракций, которая, в зависимости от почвообразующих пород, может выражаться в одном из следующих признаков: 1) наличии скелетан; 2) появлении липкости при механическом нарушении агрегатов; 3) более сухом и уплотненном внутрипедном пространстве.

Среди районов исследования почвы с криометаморфическим горизонтом были описаны только на Колгуеве, за исключением подбуров криометаморфических, также выделенных на Болванском полуострове. Всего были описаны следующие типы почв (Рисунок 4.1.1):

- 1) Криометаморфические;
- 2) Глееземы криометаморфические;
- 3) Перегнойно-криометаморфические;
- 4) Подбуры криометаморфические (выделены впервые);
- 5) Дерново-криометаморфические.

На Колгуеве перечисленные почвы встречаются во всех обследованных районах острова (центральный, западный и восточный) и формируются на слабонаклонных поверхностях плакоров. Криометаморфические почвы разных подтипов доминируют в почвенном покрове возвышенной части острова.

⁴ Материалы, использованные в этом разделе, частично опираются на работу соискателя: [Шматова, Лобков, 2024]

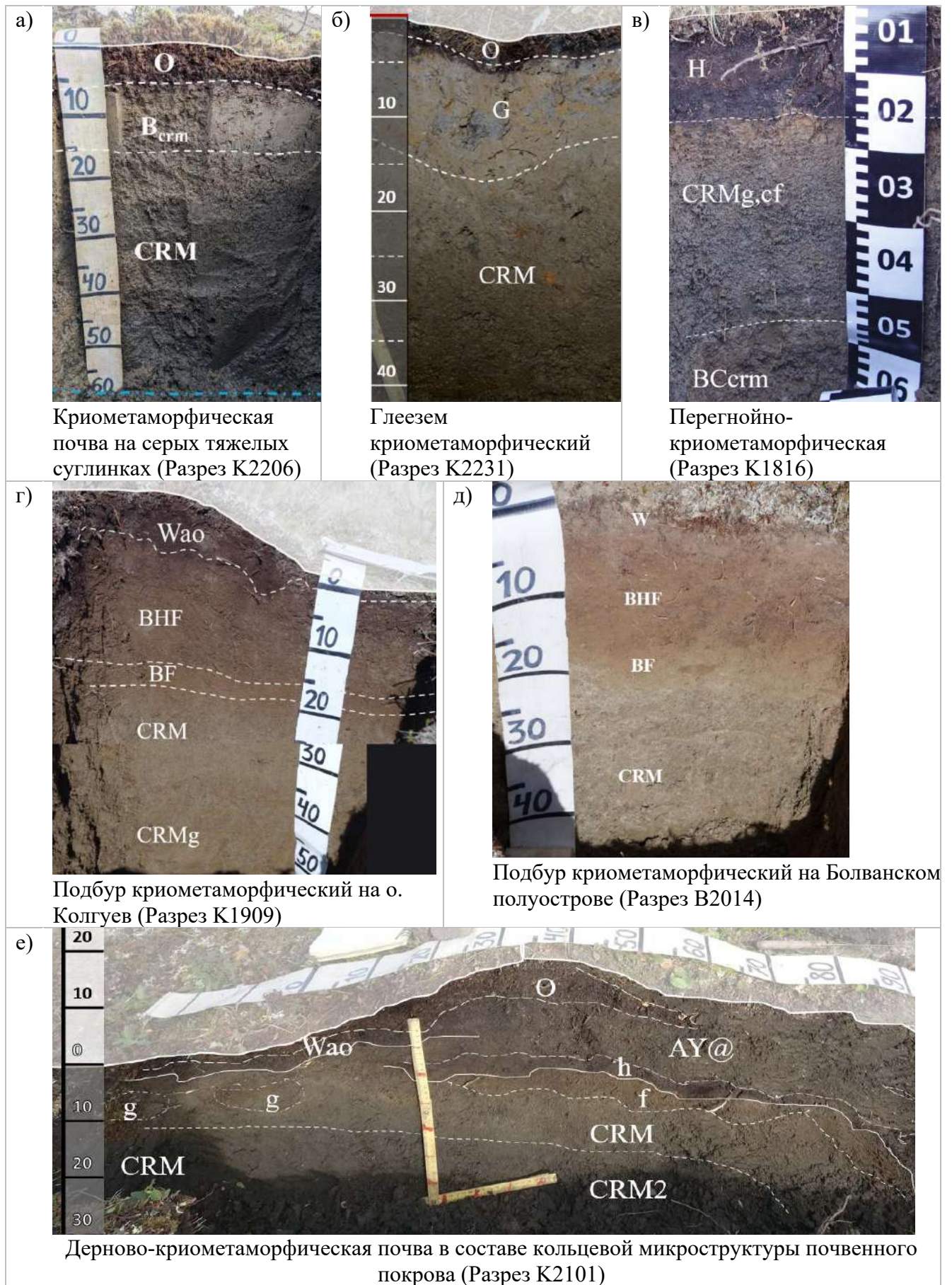


Рисунок 4.1.1 – Почвы с криометаморфическим горизонтом

Тип: криометаморфические почвы

Собственно криометаморфические почвы (Рисунок 4.1.1 а) на Колгуеве формируются на серых суглинисто-глинистых отложениях, предположительно морского генезиса, которые встречаются на всех высотных отметках. Растительный покров: кустарничково-моховые и мохово-лишайниковые тундры. Почвы этого типа – основной компонент почвенного покрова возвышенной части Колгуева (более 80 м от у.м.), а также они преобладают на высоких морских террасах к западу от этого района. Криометаморфические почвы были описаны более чем в 20 разрезах и траншеях (Рисунок 4.1.2). В 15 из них профиль характеризовался ослабеванием криогенной структуры в верхней части профиля. При этом признаков оглеения не наблюдалось, также не было реакции на $\alpha\alpha$ -дипиридил. Подстильно-торфяной горизонт криометаморфических почв по мощности редко превышал 5 см.

Почвы с таким строением профиля – с выраженной мелкозернистой и икряной структурой – описывались также предыдущими исследователями, работавшими в центральной части острова, однако в их описаниях часто упоминаются пятна оглеения или ожелезнения на глубинах около 20 см при мерзлоте на глубине около метра [Богдановская-Гиенэф, 1938; Смирнова, 1938]. Почвенный монолит, который по морфологическому облику соответствует описанным криометаморфическим почвам, был отобран на Колгуеве в 1930 г. Н.И. Саввиновым и Н.Л. Смоленским и хранится в Почвенно-агрономическом музее им. В.Р. Вильямса в Москве. При общей мощности монолита около 50 см признаков ожелезнения в нем не наблюдается.

Во многих разрезах под подстилкой в верхних 3-7 см профиля наблюдалась аккумуляция органического материала разной степени разложения вплоть до пропиточных форм гумуса. Такие почвы диагностируются как грубогумусированные подтипы криометаморфических почв. Для глееватого подтипа характерно наличие пятен оглеения в верхней части профиля, для которой характерна слабая плитчатая структура, либо ее отсутствие. Надмерзлотно-органо-аккумулятивный подтип криометаморфических почв был описан в трех траншеях в составе трещинно-конвективных комплексов. Для этих почв характерно отсутствие признаков оглеения и наличие погребенного органического материала на глубине 60-80 см на современной или бывшей границе с многолетнемерзлыми породами.

Химический анализ образцов, отобранных на Колгуеве из двух криометаморфических почв показал, что потеря при прокаливании в верхнем органическом / органоминеральном горизонте составляет 63% или 11% соответственно. Содержание Сор_г вниз по профилю уменьшается: от 1.1% в верхнем минеральном горизонте до 0.3-0.6% на глубине 20-40 см, незначительно повышаясь на глубине 40-55 см. Реакция среды вниз по профилю увеличивается

от слабокислой (5.9-6.4⁵) в верхних минеральных горизонтах до нейтральной (7.2-7.4) в нижних, что определяется особенностями почвообразующей породы. Закономерной дифференциации профиля криометаморфических почв по содержанию соединений железа и алюминия не наблюдается (Таблица В2).

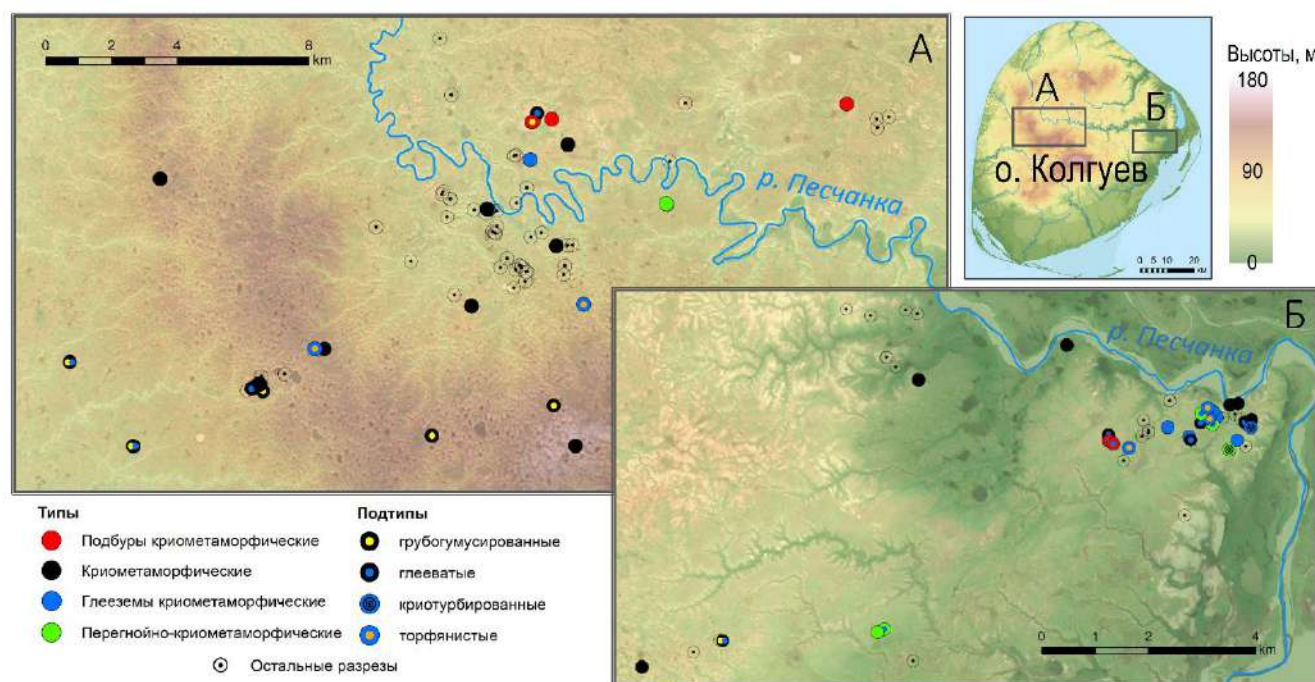


Рисунок 4.1.2 – Места описания почв с криометаморфическим горизонтом

Тип: глееземы криометаморфические

Глееземы криометаморфические (Рисунок 4.1.1 б) диагностировались по наличию в верхней части профиля неоднородной окраски (сизых и ржавых пятен), занимающей более половины площади горизонта, при этом преобладание сизых тонов не было обязательным. Глееземы криометаморфические были описаны в автономных позициях на острове Колгуев в 6 разрезах преимущественно в составе пучинно-бугорковых и западинковых КМС, на легко- и среднесуглинистых отложениях, в том числе опесчаненных, под ивняково-моховой растительностью. В качестве самостоятельного компонента почвенного покрова в восточной части Колгуева был описан торфянистый подтип глееземов криометаморфических, отличающийся наличием торфяного горизонта мощностью 9 см, уплотненного и сырого. Растительность – редкоивовая кустарничково-моховая.

Химический анализ образцов, отобранных из глеезема криометаморфического показал, что содержание Сорг вниз по профилю уменьшается от 17% в подстильно-торфяном горизонте

⁵ здесь и далее приводятся значения pH водной вытяжки

и 1.6% в верхнем минеральном горизонте до 0.4% на глубине 40-60 см (Таблица В2). Реакция среды во всем профиле варьирует слабо: от 5.0 в криогенно-ожелезненном прослое до 5.6 на глубине 40-60 см (горизонт CRMg).

Тип: подбуры криометаморфические

Подбуры криометаморфические (Рисунок 4.1.1 г,д) первоначально были описаны на Колгуеве в трех разрезах на высотах 65-75 м в центральной части острова под мохово-лишайниковыми мелко-бугорковатыми тундрами на опесчаненных суглинках. Затем аналогичные почвы были выделены на Болванском полуострове, однако в другой геоморфологической позиции – на выпуклых вершинах небольших кампоподобных холмов.

Эти почвы отличаются наличием в верхней части профиля буро-коричневого горизонта, обогащенного железом. В целом, профиль этих почв отличается унаследованным от пород светлым теплым тоном окраски и гранулометрическим составом от тяжелых до легких суглинков (Таблица В1). Выраженная криогенная структура характерна для всего профиля. В верхней части с тенденцией к плиткам, а к низу становится крупнее, увеличивается обилие скелетан.

Химический анализ образцов, отобранных из подбуров криометаморфических показал, что содержание Сорг в горизонте Wao составляет 4-8%, в горизонте BHF – 1.5-2.8%, на глубине 40-60 см в горизонте CRM – уменьшается до 0.3%. Для верхних минеральных горизонтов характерна кислая реакция среды (4.5-5.8), а на глубине 60 см она может повышаться до 6.6. Содержание оксалаторастворимых форм железа и алюминия в альфегумусовых горизонтах в 1.5-2 раза выше, чем в криометаморфических (Таблица В2).

Подбуры криометаморфические аналогичны описанным В.Д. Тонконоговым [2010] криометаморфическим почвам, в которых также в верхней части профиля наблюдается более темная окраска. Кроме того, автор высказывает предположение, что генезис почвенной структуры в этой части профиля связан с иллювиированием соединений железа и органического вещества. То есть этот горизонт можно также выделить и как альфегумусовый (BHF), а почвы, соответственно, отнести к подбурам криометаморфическим. Процессы иллювиальной аккумуляции полуторных оксидов в верхнем горизонте (без выделения подзолистого) описаны в криометаморфических почвах юго-востока Большеземельской тундры в работе Русановой и Шахтаровой [2013].

Тип: перегнойно-криометаморфические почвы

Перегнойно-криометаморфические (Рисунок 4.1.1 в) почвы были описаны на пологих склонах, сложенных суглинистыми отложениями, преимущественно в ивняково-моховых, но

также и кустарничковых тундрах. Эти почвы характеризуются наличием в верхней части профиля горизонта хорошо разложенного мажущегося органического материала мощностью от 10 до 20 см. Сразу под перегнойным горизонтом, как правило, выделялся горизонт с выраженной зернистой, комковатой или икряной структурой. В случае, если в верхней части криометаморфического горизонта присутствовали сизоватые пятна, то такие почвы были отнесены к глееватому подтипу.

Тип: дерново-криометаморфические почвы

Дерново-криометаморфическая почва (рисунок 4.1.1 е) была описана в единственной траншее в составе кольцевой микроструктуры почвенного покрова в возвышенной части острова Колгуев на выпуклой вершине небольшого холма. Она отличается наличием дернового горизонта АУ в верхней части профиля. Его происхождение по всей видимости связано с образованием валика вокруг кольца: во-первых, с поступлением и механическим перемешиванием органического и минерального материала; во-вторых, с более благоприятными условиями гумификации (дренированное положение, лучший прогрев в летние месяцы).

Выводы по почвам с криометаморфическим горизонтом

Криометаморфические почвы, светлосемы и глееземы криометаморфические ранее были неоднократно описаны в зонах тайги, лесотундры и южных тундр [Пастухов, 2008; Пастухов, Забоева, 2010; Русанова, Шахтарова, 2013; Тонконогов, 2010; Тонконогов, Пастухов, Забоева, 2006]. Единичное описание почв с криометаморфическим горизонтом в типичной тундре относится к окрестностям пос. Амдермы – тут была описана дерново-криометаморфическая грубогумусированная и криометаморфическая глеевая почва [Горячкин, 2010]. Таким образом, основной ареал распространения почв с криометаморфическим горизонтом, по литературным данным: тундрово-таежные области Русской и Западно-Сибирской равнин, средняя тайга Восточной Сибири.

В настоящей работе установлено, что почвы с криометаморфическим горизонтом являются основным компонентом почвенного покрова острова Колгуев и в основном представлены типом криометаморфических почв (участвуют в составе почвенного покрова в качестве самостоятельных ЭПА и в составе микроструктур) и, в меньшей степени, – типами глееземов криометаморфических, подбуров криометаморфических и перегнойно-криометаморфических почв (все три типа представлены преимущественно в составе микроструктур). На Болванском полуострове почвы с криометаморфическим горизонтом присутствуют ограничено и представлены только типом подбуров криометаморфических,

приуроченных к определенным формам рельефа и отложений. Таким образом, можно сделать вывод, что криометаморфические почвы являются основным компонентом почвенного покрова изученных территорий наравне с криоземами, а их распространение связано с литогенными причинами: криоземы приурочены к валунным суглинкам, супесям, пескам, а криометаморфические почвы – к опесчаненным и серым суглинкам.

4.2. Почвы с глеевым горизонтом (глеевые почвы)

Почвы с признаками оглеения встречаются во всех природных зонах. Однако только в тундровой зоне выделяются в качестве зональных [Добровольский, Урусевская, 2004; Урусевская, Алябина, Шоба, 2020; Национальный атлас почв..., 2011].

На изученных территориях были выделены следующие типы глеевых почв (Рисунок 4.2): 1) *глееземы криометаморфические* (описаны выше); 2) *глееземы*; 3) *торфяно-глееземы*.

Тип: глееземы

Глееземы описаны в полугидроморфных условиях автономных позиций в составе КМС на Колгуеве и Болванском (Рисунок 4.2 а,б; Таблица Б8, Б9) и в подчиненных позициях как самостоятельные компоненты почвенного покрова на Болванском полуострове и на острове Ловецком (Рисунок 4.2 г; Таблица Б10).

Глееземы, формирующиеся в полугидроморфных условиях, были описаны в составе трещинно-полигональных (Рисунок 4.2 а; Таблица Б8) и пучинно-бугорковатых криогенных комплексов (Рисунок 4.2 б; Таблица Б9). Первые были описаны в двух разрезах на Колгуеве и в двух – на Болванском, на слабовыпуклых автоморфных поверхностях под мохово-кустарничковой и кустарничково-пушицевой растительностью. Глееземы бугорков, в составе пучинно-бугорковатых микроструктур, описаны в 3 разрезах на выположенных поверхностях и нижних частях пологих склонов под ивняково-моховой растительностью.

Для глееземов, входящих в состав микроструктур, характерна неравномерная окраска почвенного профиля (Рисунок 4.2 а,б). Яркие крупные сизые пятна занимают около половины площади. По контуру сизых пятен или рядом с ними часто присутствует рыжий ареол криогенного ожелезнения (криогенно-ожелезненный подтип). Подстильно-торфяной горизонт может варьировать по мощности от 3 до 10 см, иногда с прослоем перегнойного материала в нижней части (перегнойный подтип). В некоторых случаях, верхняя часть минерального горизонта может быть оструктурена (криометаморфизованный подтип). В другом случае под подстильно-торфяным горизонтам может выделяться маломощный грубогумусовый горизонт, отличающийся неоднородностью окраски и наличием примеси органического детрита. Профиль

описанных почв был, как правило, слабо нарушен криотурбациями. Мерзлота в почвенном профиле в разных почвах может находиться на разной глубине. В трещинно-полигональных КМС – в пределах 1 м (мерзлотный подтип).

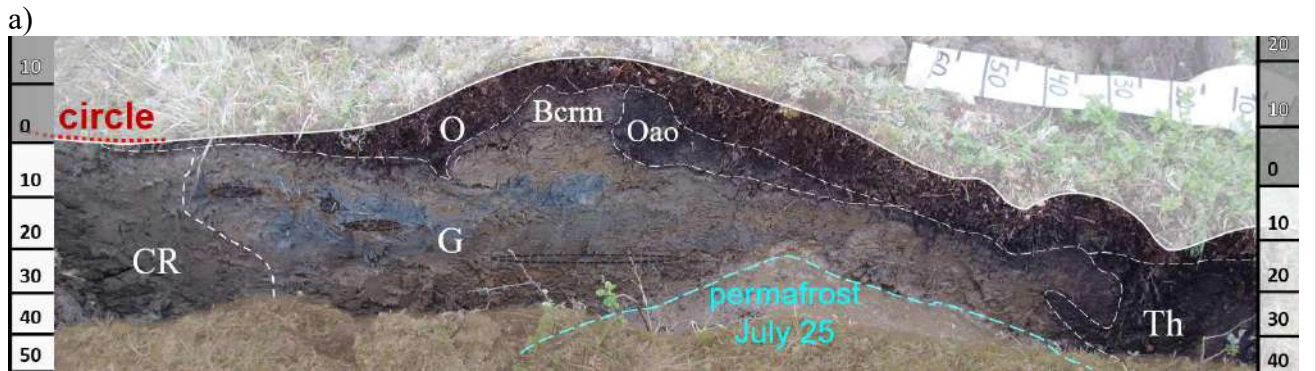
Глееземы Болванского полуострова, описанные у подножия склонов и в днищах небольших лощин с озерами и ручьями, отличаются, за редким исключением, блеклым цветом глеевых горизонтов (Рисунок 4.2 г; Таблица Б10). Почвообразующими породами служат как пески, так и суглинки. Растительность – кустарничковая или кустарниковая (ивняки моховые и травянистые). Описан перегнойный, окисленно-глеевый (почва бугорка) и грубогумусированный подтип. Химический анализ образцов, отобранных из глееземов Болванского полуострова показал, что содержание Сорг в почвах варьирует: в подстильно-торфяном горизонте оно составляет от 8% до 24% (ППП – 24-56%), в глеевом горизонте – от 0.3% до 1.2%. Реакция среды слабо меняется по профилю и варьирует в зависимости от свойств почвообразующих пород от слабокислой и кислой до нейтральной в различных почвах (Таблица В2).

На острове Ловецком на озерной террасе описан торфянистый подтип глеезема с органическим горизонтом мощностью 7 см, слаборазложённым и мокрым. Глеевый горизонт этой почвы – серый, песчаный.

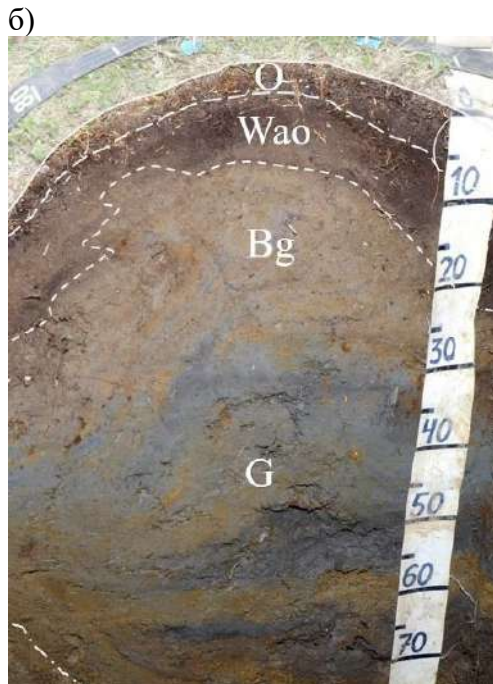
Тип: торфяно-глееземы

Тип торфяно-глееземов представлен в почвенном покрове в трех вариантах (Таблица Б11, Б12): торфяно-глееземы деструктивные бугорков, торфяно-глееземы деструктивные мерзлотные пушицевых кочкарников и наконец, торфяно-глееземы, формирующиеся в гидроморфных условиях.

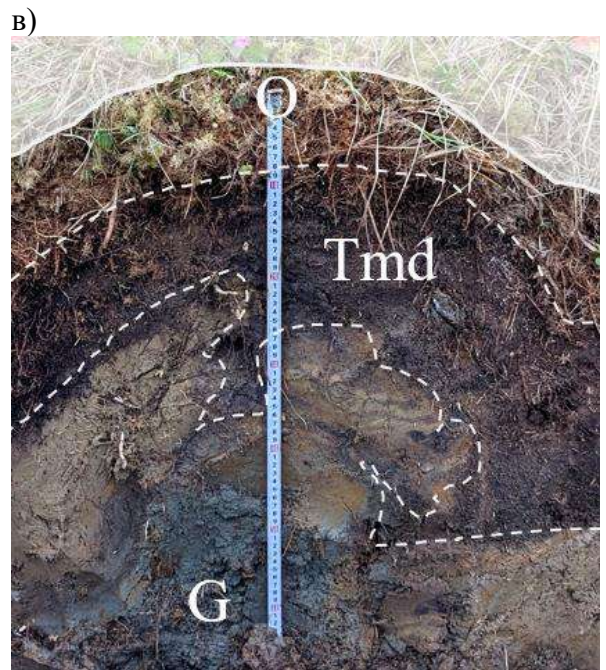
Торфяно-глееземы деструктивные бугорков (Рисунок 4.2 в) были описаны в 7 разрезах на выровненных слабо дренированных горизонтальных поверхностях, а также в нижних частях пологих склонов в составе пучинно-бугорковых КМС. Почвообразующими породами могут выступать как пески, так и суглинки. Растительность – ивняки моховые и травяно-моховые. На бугорках часто присутствует морошка. Общая особенность этих почв – наличие темно-бурого горизонта мощностью 10-15 см, часто плотного и пронизанного большим количеством корней, состоящего из хорошо разложённых, утративших исходное строение органических остатков, во влажном состоянии – мажущийся. На поверхности часто присутствует рыхлый и свежий подстильно-торфяной горизонт. Как правило, профиль почв сильно нарушен криотурбациями, а мерзлота залегает достаточно глубоко (в июле на глубине более 1 метра).



Глеезем – почва валика в составе трещинно-полигональной микроструктуры (Разрез K1907)



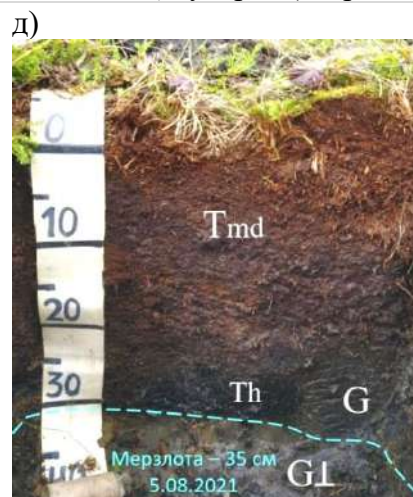
Глеезем – почва бугорка (Разрез K2231)



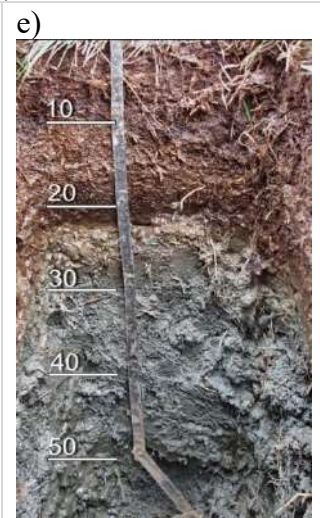
Торфяно-глеезем деструктивный – почва бугорка (Разрез K2315)



Глеезем (Разрез B2009)



Торфяно-глеезем деструктивный (Разрез K2108)



Торфяно-глеезем (Разрез K1808)

Рисунок 4.2 – Почвы с глеевым горизонтом: глееземы и торфяно-глееземы

Торфяно-глееземы деструктивные мерзлотные (Рисунок 4.2 д) имеют мощность торфяного горизонта около 20-30 см и находятся в относительно дренированных позициях в связи с чем глубина протаивания невелика и лишь немного превышает мощность торфяного горизонта. Таким образом, основные почвенные процессы сосредоточены именно в верхнем горизонте и связаны с накоплением и трансформацией органического вещества. Отсутствие переувлажнения определяет высокую степень разложения торфяных горизонтов.

Торфяно-глееземы, формирующиеся в гидроморфных условиях (Рисунок 4.2 е; таблица Б11), были описаны в 5 разрезах на острове Колгуев и в 2 разрезах на Болванском полуострове. Эти почвы приурочены к выположенным участкам склонов, окраинам болот, небольшим замкнутым западинам, долинкам ручьев. Глубина протаивания здесь, по всей видимости, превышает 1 м. Торфяно-глееземы были описаны на песках и суглинках под осоковой растительностью с разной долей кустарничков, ив и пушицы. Обычно эти почвы не входят в состав микроструктур. Микрорельеф поверхности выровненный. Профиль почв имеет простое строение и состоит из торфяного горизонта мощностью от 20 до 30 см и глеевого, обычно однотонной сизой или сизо-серой окраски. Для торфяно-глееземов характерна кислая реакция среды по всему профилю (Таблица В2).

В некоторых случаях, при опускании уровня почвенно-грунтовых вод, формируются окисленно-глеевые подтипы (Таблица Б11 – разрез К1819). В трех разрезах наблюдалось окрашивание верхнего минерального слоя потечным органическим веществом, в связи с чем они были диагностированы как потечно-гумусовый подтип (Таблица Б11 – разрез В2008, В2018).

Выводы по глеевым почвам

Таким образом, на автономных поверхностях плакоров можно встретить следующие глеевые почвы: *глееземы* и *глееземы криометаморфические* – исключительно в составе микроструктур; *торфяно-глееземы деструктивные* – в качестве почв бугорков или как почву пушицевых кочкарников (однородный ареал); *торфяно-глееземы типичные* представлены гомогенными ареалами в локальных гидроморфных условиях замкнутых понижений и выположенных участках склонов.

4.3. Почвы с криогенным горизонтом (криоземы и торфяно-криоземы)

В группу криоземов объединены почвы, формирующиеся при активном влиянии мерзлотных процессов и не имеющие ни глеевого, ни криометаморфического горизонта. Это

наиболее представленные в почвенном покрове тундр почвы наряду с криометаморфическими почвами и глееземами.

На территории исследования были выделены два типа: *криоземы* (суглинистые и супесчаные, Таблица Б15) и *торфяно-криоземы* (Рисунок 4.3, Таблица Б14).

Криоземы суглинистые

Криоземы суглинистые (Рисунок 4.3 а,б) были описаны на водораздельных пространствах, сложенных суглинками, под типичными кустарничково-моховыми пологобугорковатыми и пятнистыми тундрами. На Болванском полуострове они распространены повсеместно и являются основным компонентом почвенного покрова. На Колгуеве криоземы распространены лишь в его центральной части (высотные отметки – 50-80 м над у.м.).

Под маломощным (до 5 см) подстильно-торфяным горизонтом выделяется криогенный горизонт: бесструктурный или со слабой структурой, серовато-бурый или буровато-серый, часто липкий и тиксотропный. В профиле, как правило, присутствуют пятна оглеения или погребенного органического вещества. В большинстве криоземов под подстилкой на поверхности криогенного горизонта выделялся небольшой прослой рыхлого сложения и с хорошо выраженной ооидной структурой. Часто он имеет мощность менее 1 см, но иногда достигает 4 см – в таком случае выделялся криометаморфизованный подтип.

Криоземы, описанные на Болванском, отличаются сухостью профиля. Значения рН в профиле этих почв: 7.7-7.9 – без изменений по профилю (по данным одного разреза). Криоземы Колгуева отличаются более низкими значениями: 5.8-6.3 в верхних горизонтах, 6.6-7.2 – в нижних, на глубине 50 см (Таблица В2). Содержание Сорг в подстильно-торфяных горизонтах криоземов Колгуева составляет 15-29%, и уменьшается вниз по профилю до 0.8-0.5% на глубине 40-50 см. На Болванском полуострове для криозема в составе трещинно-полигональной структуры характерно более выровненное распределение содержания Сорг по профилю: от 7% в верхнем горизонте до 1% на глубине 50 см. При этом содержание органического углерода в почве пятна – 0.8% (Таблица В2).

Криоземы супесчаные

Криоземы, формирующиеся на супесчаных отложениях, были описаны на Болванском полуострове на пологих, слабо выпуклых и ровных склонах под кустарничково-лишайниковой растительностью.

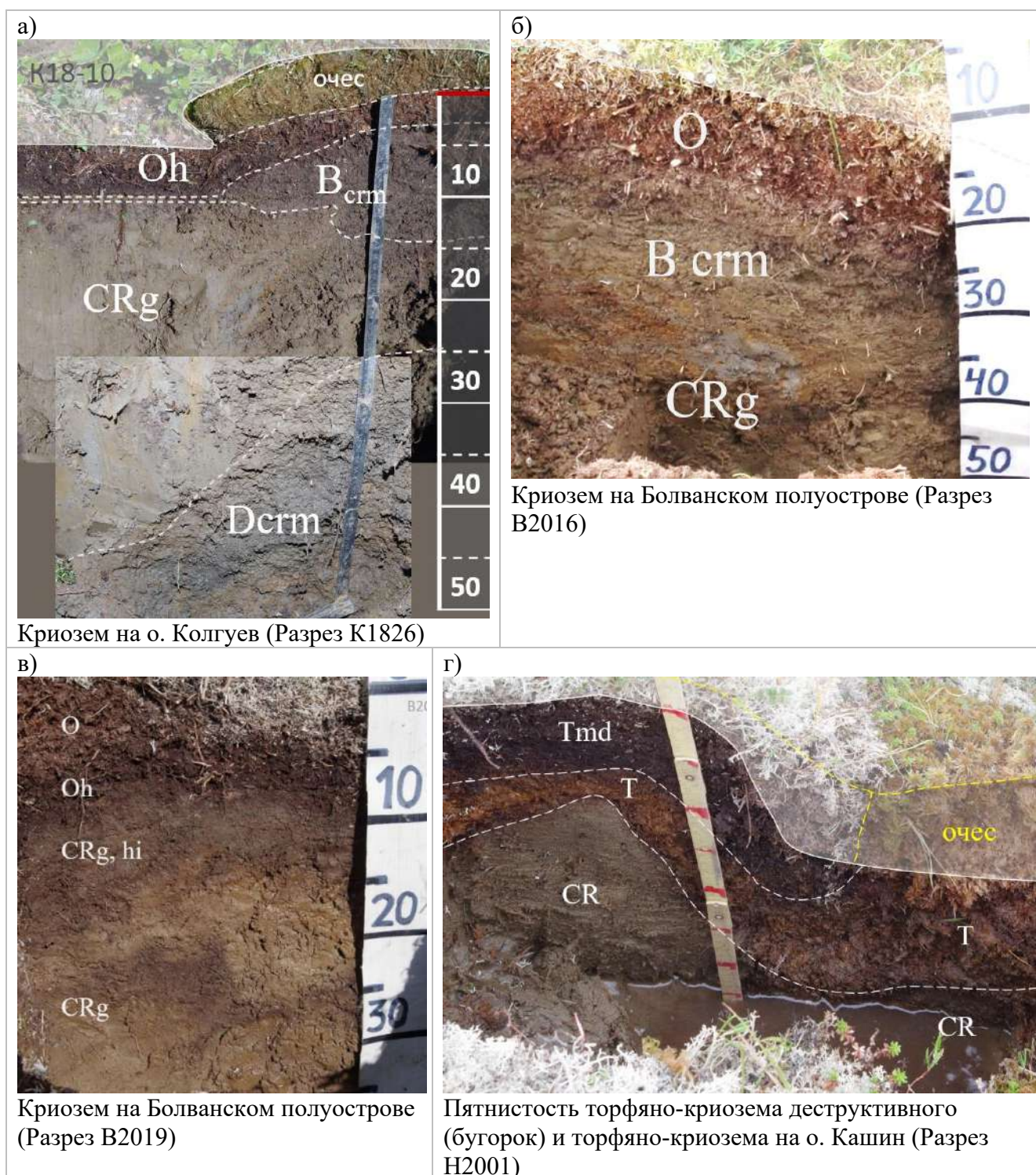


Рисунок 4.3 – Криогенные почвы: криозем суглинистый (а,б), криозем супесчаный (в), торфяно-криозем песчаный (г)

Подстильно-торфяной горизонт криоземов супесчаных обладает заметной мощностью (5-10 см), в нижней его части возрастает степень разложенности органических остатков вплоть до образования перегнойного материала (ППП – 54%). Минеральные горизонты характеризуются неоднородной мраморной окраской с преобладанием палевых, охристых и бурых тонов, что не дает основания отнесения почвы к глееземам (Рисунок 4.3 в). Верхняя часть

минерального горизонта прокрашена потечным гумусом (содержание Сорг – 5%). Для почвы характерна кислая реакция среды в верхних горизонтах и слабокислая в нижних (Таблица В2).

Торфяно-криоземы

На островах Печорской губы в замкнутых понижениях под выраженным бугорковым микрорельефом были описаны почвы, состоящие из органического горизонта мощностью до 20 см и минерального – переувлажненного, но без признаков оглеения (Рисунок 4.3 г; Таблица Б14). Почва бугорка и между бугорками слабо отличаются между собой. Основное отличие состоит в оторванности органического горизонта почвы бугорка от уровня грунтовых вод, который находится на поверхности почвы между бугорками. В связи с этим в некоторых разрезах органический горизонт бугорка имеет более высокую степень разложения, и соответственно, почва относится к торфяно-деструктивному подтипу (Рисунок 4.3 г).

Поскольку эти почвы формируются в результате активного криогенного пучения они были отнесены к торфяно-криоземам, хотя и не вполне соответствуют центральному их образу.

Химический анализ образцов, отобранных из одного из разрезов показал, что для минеральных горизонтов этих почв характерно низкое содержание углерода органических соединений, которое равномерно снижается вниз по профилю от 0.6% до 0.3% на глубине 50 см от вершины бугорка. Профиль торфяно-криозема характеризуется кислой реакцией среды, которая постепенно увеличивается вниз по профилю от 4.4 в торфяном горизонте до 5.2 в нижних горизонтах.

Выводы по криогенным почвам

Таким образом, среди исследованных территорий, криоземы наиболее распространены на Болванском полуострове, где входят в состав трещинно-полигональных микроструктур и образуют самостоятельные ЭПА. В первом случае они формируются на валунных суглинках, во втором – на легких почвообразующих породах. На Колгуеве криоземы распространены в его центральной части и также приурочены к серовато-бурым валунным суглинкам. На островах Печорской губы выделены торфяно-криоземы песчаные в составе пучинно-бугорковых пятнистостей.

4.4. Альфегумусовые и слаборазвитые почвы на песках

Отдельно рассмотрим альфегумусовые и слаборазвитые почвы, формирующиеся на песках. На исследованных территориях были описаны следующие типы и подтипы (Рисунок 4.4):

- 1) Подбуры;
- 2) Подзолы;
- 3) Торфяно-подзолы;
- 4) Псаммоземы гумусовые;
- 5) Псаммоземы.

Все эти почвы формируются на ровных песчаных поверхностях, которые, как правило, рассечены полигональной сетью трещин. В настоящее время кровля многолетних пород находится на глубине более полутора метров [Ершов, 2018; Суходольский, 1982]. Растительный покров – лишайниковые тундры.

Тип: подзолы и подбуры

Подзолы и подбуры были описаны на островах Печорской губы и острове Колгуев под лишайниковой растительностью с разной долей кустарничков в напочвенном покрове (Таблица Б15, Б16). *Подзолы и подбуры оподзоленные* (Рисунок 4.4 а,б) составляют один ряд почв и отличаются незначительно – по мощности и выраженности подзолистого горизонта. Во многих случаях подзолистый горизонт уничтожен процессами криотурбации (Таблица Б15). Почвы Колгуева отличаются маломощностью иллювиального горизонта и всего профиля, который имеет мощность до 30 см, за исключением, когда фрагменты почвенных горизонтов перемещены криотурбационными процессами на глубину 50 см (Таблица Б15 – Разрез K2218). В подзолах на Колгуеве криотурбации затрагивают весь почвенный профиль, включая горизонт ВНФ (Таблица Б16). Таким образом, процесс альфегумусовой дифференциации почвенного профиля конкурирует с криотурбационным процессом, приводящим к гомогенизации почвенного профиля и стиранию признаков первого процесса. Таким образом, слабая представленность почв с подзолистым горизонтом в зоне типичных тундр связана не только с ослаблением альфегумусового процесса, но и со «стиранием» его признаков.

Почвы, описанные на острове Ловецком (Печорская губа), имеют более мощный профиль за счет более мощного (30 см) иллювиально-железистого горизонта (Рисунок 4.4 б). Криотурбациями затронуты обычно только верхние 15 см профиля почвы, то есть только верхняя часть горизонта ВНФ. Содержание углерода органических соединений в подзолистом горизонте составляет 1.2%, что выше, чем в альфегумусовом горизонте – 0.5% (Таблица В2). Это объясняет тот факт, что подзолистый горизонт описанных подзолов (как на Ловецком, так и на Колгуеве) имеет слегка буроватый оттенок – 7,5 YR 6/2 по шкале Манселла. Это согласуется с представлениями об эволюции подзолов под тундровой растительностью, согласно которым при переходе от лесного к тундровому почвообразованию происходит ослабление профильной дифференциации, а гумус преимущественно аккумулируется в подзолистом горизонте

[Русанова, 2015]. Распределение оксалоторастворимых форм железа и алюминия в подзолах на острове Ловецком, тем не менее, имеет четкий элювиально-иллювиальный характер: в подзолистом горизонте их содержание в 2-3 раза меньше, чем в горизонте BHF (Таблица В2).

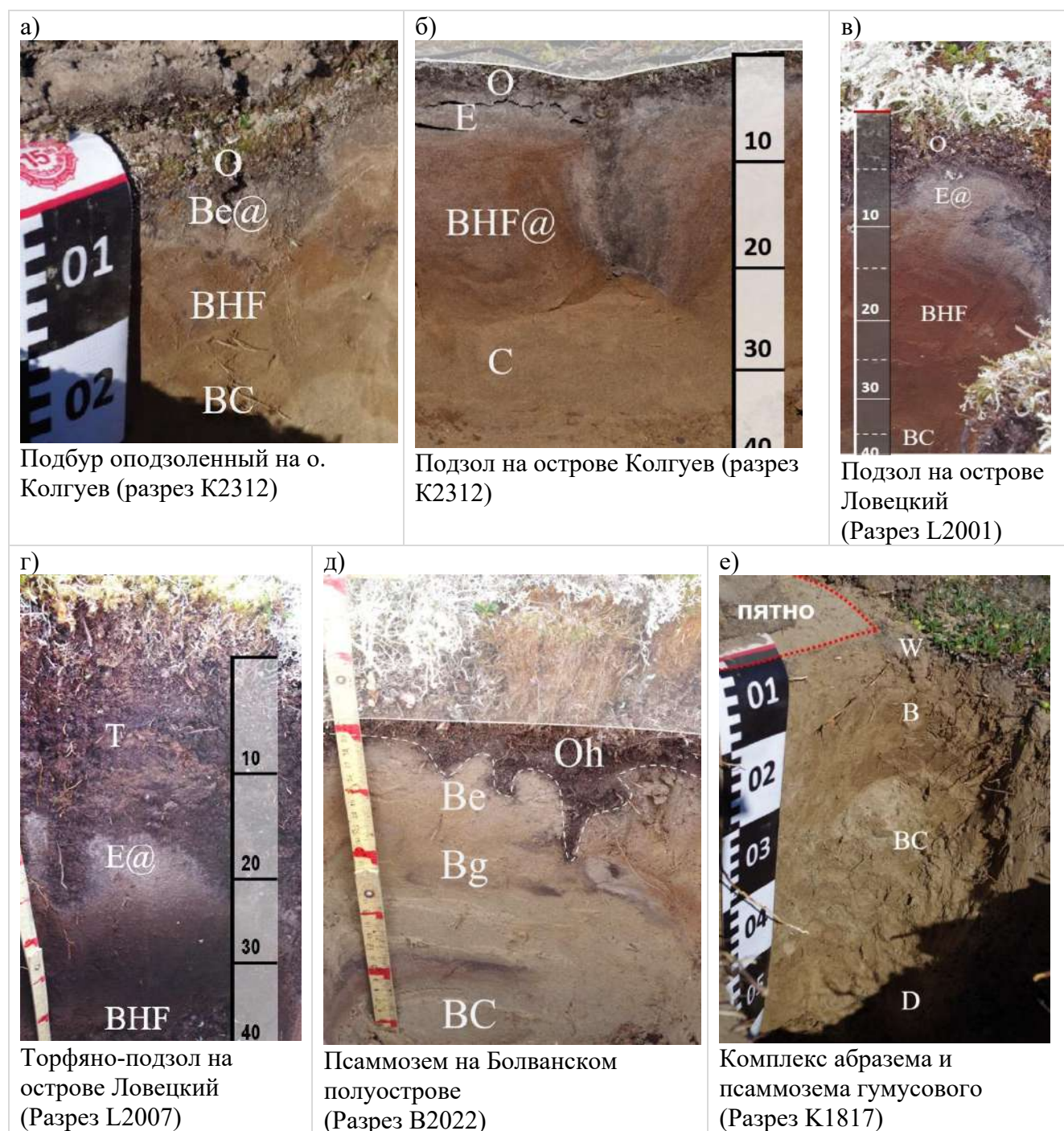


Рисунок 4.4 – Почвы на песках: подбур (а), подзол (б,в), торфяно-подзол (г), псаммозем (д), псаммозем гумусовый (е)

Тип: торфяно-подзолы

Торфяно-подзолы криотурбированные были описаны на острове Ловецком на плоских террасовидных поверхностях с залеганием почвенно-грунтовых (надмерзлотных) вод в пределах

почвенного профиля. Растительность – такая же как на более высоких уровнях – лишайниковая, с незначительной долей кустарничков. В профиле почвы криотурбациями затронут верхний торфяной горизонт (средняя мощность 12-20 см) и подзолистый горизонт, который приобретает фрагментарное залегание (Рисунок 4.4 г, Б17). Ниже выделяется темный альфегумусовый горизонт мощностью 15-20 см, постепенно переходящий в неоглееную породу.

Тип: псаммоземы

Почвы на песчаных отложениях, формирующиеся на Болванском, имеют очень слабо выраженные подзолистый и альфегумусовый горизонт, слабые признаки оглеения (Рисунок 4.4 д, Б19). Мощность подстильно-торфяного горизонта варьирует от 1-2 до 8 см (ППП – 57-92%). По его нижней границе выделяется слой перегнойного материала (ППП – 38%). Эти почвы были отнесены к *псаммоземам оподзоленным глееватым перегнойным криотурбированным*.

Химический анализ образцов, отобранных из псаммоземов показал, что содержание Сорг в верхнем минеральном горизонте Ве составляет от 0.8% до 2% и уменьшается вниз по профилю (Таблица В2). Реакция среды слабо меняется по профилю и варьирует от слабокислой до кислой в различных почвах. Распределение соединений железа и алюминия носит элювиально-иллювиальный характер (их содержание в оподзоленном горизонте и в породе в 1.5-2 раза меньше, чем в горизонте В), однако морфологически ни подзолистый, ни иллювиальный альфегумусовый горизонты не выражены.

Тип: псаммоземы гумусовые

Псаммоземы гумусовые были описаны в нескольких разрезах и прикопках как на Колгуеве, так и на Болванском полуострове. Везде они приурочены к выпуклым вершинам небольших песчаных холмов.

Профиль почвы отличается в первую очередь отсутствием подстильно-торфяного горизонта и наличием вместо него гумусово-слаборазвитого (протогумусового) горизонта W сероватых тонов (Рисунок 4.4 е, Б18). Содержание углерода органических соединений в нем составляет 3.35%, а ниже по профилю уменьшается до 0.28% в горизонте ВС на глубинах 30-50 см. Весь профиль кислый, не дифференцированный по содержанию соединений железа и алюминия (Таблица В2).

Псаммоземы гумусовые часто встречаются в комплексе с криоабразами корразионных пятен, чему способствует их положение на выпуклых обдуваемых элементах рельефа.

Выводы по альфегумусовым почвам

Согласно литературным данным [Горячкин, 2010; Горячкин, Караваева, Таргульян, 1998], почвы с проявлениями оподзоливания встречаются в различных арктических районах, в том числе в арктической тундре. Тем не менее в почвенном покрове, в частности подзоны типичных тундр, преобладают почвы без сплошного подзолистого горизонта – подбуры оподзоленные, что объясняется криогенными нарушениями [Горячкин, 2010]. Почвы с полноценным подзолистым горизонтом были описаны лишь на южной границе типичных тундр [Горячкин, 2010; Русанова, Денева, Канев, 2004].

Приведенные описания подзолов и подбуров, выполненные на островах Колгуев и Ловецкий, подтверждают данные представления. Таким образом, в подзоне типичных тундр подзолы редки не потому, что они не формируются, а потому что более интенсивно стираются признаки оподзоливания. При этом полной гомогенизации профиля и возвращения «к 0-моменту» не происходит: исчезает маломощный подзолистый горизонт за счет перемешивания с подстильно-торфяным и альфегумусовым горизонтом, а также за счет приобретения буроватого оттенка за счет прокрашивания гумусом в современный этап почвообразования [Русанова, 2015]. При этом для исследованной области нельзя утверждать, что подзолы изначально формировались под тундровой растительностью, так как данные о динамике растительности в голоцене для данного региона отсутствуют (см. раздел 2.3.3).

4.5. Торфяные почвы

В настоящей работе к торфяным почвам относили те, которые имеют мощность торфяного горизонта более 30 см. Всего было выделено два типа торфяных почв: *мезотрофные и олиготрофные* (Рисунок 4.5). Однако почвы торфяных бугров, относимые к типу торфяных олиготрофных почв и *подтипу деструктивных мерзлотных почв* сильно отличаются по своему облику и свойствам от остальных почв этого типа. Все эти почвы встречаются во всех изученных ландшафтах.

Подробные описание ботанического состава торфа и степени его минерализации для почв мочажин и торфяных бугров плоскобугристых болот на Колгуеве приводятся в работах геоботаников [Богдановская-Гиенэф, 1938; Смирнова, 1938]. Торфяные почвы полигональных болот на Колгуеве также были изучены Д.А. Кавериним и Д.Д. Хлопцовой [2025].

Торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы

Торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы (Рисунок 4.5 а, Б20) – почвы мерзлых полигональных торфяников и торфяных бугров, расположенных отдельно в ложбинах, либо в комплексе плоскобугристых болот. Для торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв характерна крайне высокая степень разложения органического вещества – практически до перегнойного материала, и небольшая глубина протаивания – около 30 см. Вследствие неравномерной деградации поверхности бугров эти почвы могут иметь неровный, практически бугорковатый микрорельеф поверхности. Однако неоднородности почвенного покрова не выявлено: варьирует только мощность оттаявшего горизонта. С поверхности присутствует торфяной горизонт, мощностью около 5-10 см, аналогичный подстильно-торфяному горизонту минеральных почв и состоящий из отмерших остатков зеленых мхов, лишайников и кустарничков, иногда также – пушицы. Плотность этого горизонта наименьшая и составляет 0.1-0.2 г/см³, в то время как нижележащих торфяных горизонтов – 0.3-0.5 г/см³. Значения pH имеют равномерное распределение по профилю и для двух разрезов варьируют от 4.2 до 4.4 и от 5.2 до 5.3 (Таблица В2).

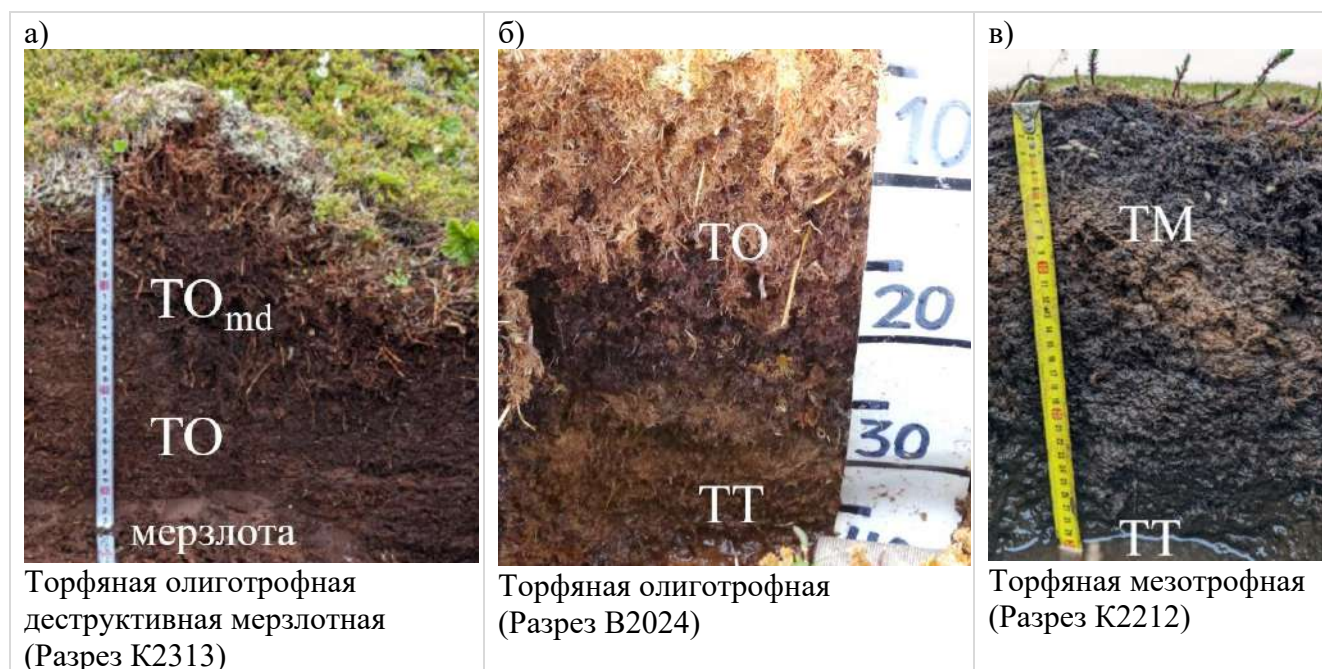


Рисунок 4.5 – Торфяные почвы: торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная (а), торфяная олиготрофная (б), торфяная мезотрофная (в)

Торфяные олиготрофные и торфяные мезотрофные почвы

Торфяные олиготрофные и торфяные мезотрофные почвы (Рисунок 4.5 б,в), находящиеся в переувлажненном состоянии, были описаны в мочажинах плоскобугристых болот, в ложбинах с застойным увлажнением, в заболоченных депрессиях. Профиль почв состоит из чередования

слоев торфа разного ботанического состава и степени разложения, что свидетельствует о том, что режим обводненности мочажины меняется довольно часто в сравнении со скоростью аккумуляции торфа. В первую очередь олиготрофные торфяные почвы отличаются составом верхнего горизонта – преобладанием слабо разложенных остатков сфагновых мхов. Также для олиготрофных почв в целом характерна более низкая степень разложения (Рисунок Б21). На острове Ловецкий в зоне, подверженной паводковому затоплению, был выделен иловато-торфяной подтип олиготрофных торфяных почв.

ГЛАВА 5. КРИОГЕННЫЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АВТОНОМНЫХ ПОЗИЦИЙ⁶

5.1. Характеристика выделенных морфотипов криогенных микроструктур почвенного покрова

На исследованных территориях выделено девять морфотипов криогенных микроструктур почвенного покрова (Рисунок 5.1.1). Они различаются по положению в ландшафте, геометрическим формам поверхности, морфотипу, генезису, составу и контрастности компонентов, характеру генетической связи между ними.

Пучинно-бугорковые микроструктуры почвенного покрова

Бугорковый микрорельеф – один из самых распространенных на Колгуеве. На Болванском он встречается крайне ограничено – только в термоэрозионных ложбинах. На островах Печорской губы бугорковые структуры занимают значительные пространства.

Бугорковый микрорельеф может встречаться в разных геоморфологических позициях в зависимости от типа отложений: (1) на суглинистых пологих ровных склонах и проточных ложбинах, что согласуется с литературными данными [Иванова, Полинцева, 1952; Игнатенко, 1967b]; (2) на слабовыпуклых поверхностях пологих холмов, сложенных супесями и опесчаненными суглинками; (3) на плоских слабо дренированных поверхностях – на песках. Единственно, где он не был описан – в местах постоянного переувлажнения (Рисунок 5.1.2 в).

Бугорки, составляющие данный тип микрорельефа, могут быть разных размеров: от 10 до 60 см высоты и разных форм: округлые, вытянутые или изогнутые, уплощенные или нет (Рисунок 5.1.1 а; Рисунок 5.1.2). Размер бугорков, как правило, увеличивается вниз по склону, что вероятно, связано с нарастанием увлажнения и, соответственно, интенсивности пучения. Было также отмечено, что бугорки, формирующиеся на песках, крупнее и имеют более четкие очертания, чем бугорки, формирующиеся на суглинках. Вероятно, это связано с более свободной миграцией влаги в легких отложениях. Обычно бугорки относят к изометричным структурным грунтам (nonsorted nets или nonsorted circles), однако на Колгуеве нередко встречались вытянутые вдоль склона бугорки – до 10 м в длину, при средней ширине менее метра (Рисунок 5.1.2 б).

⁶ Материалы, использованные в этом разделе, частично опираются на работу соискателя: [Шматова, Горячкин, 2025]

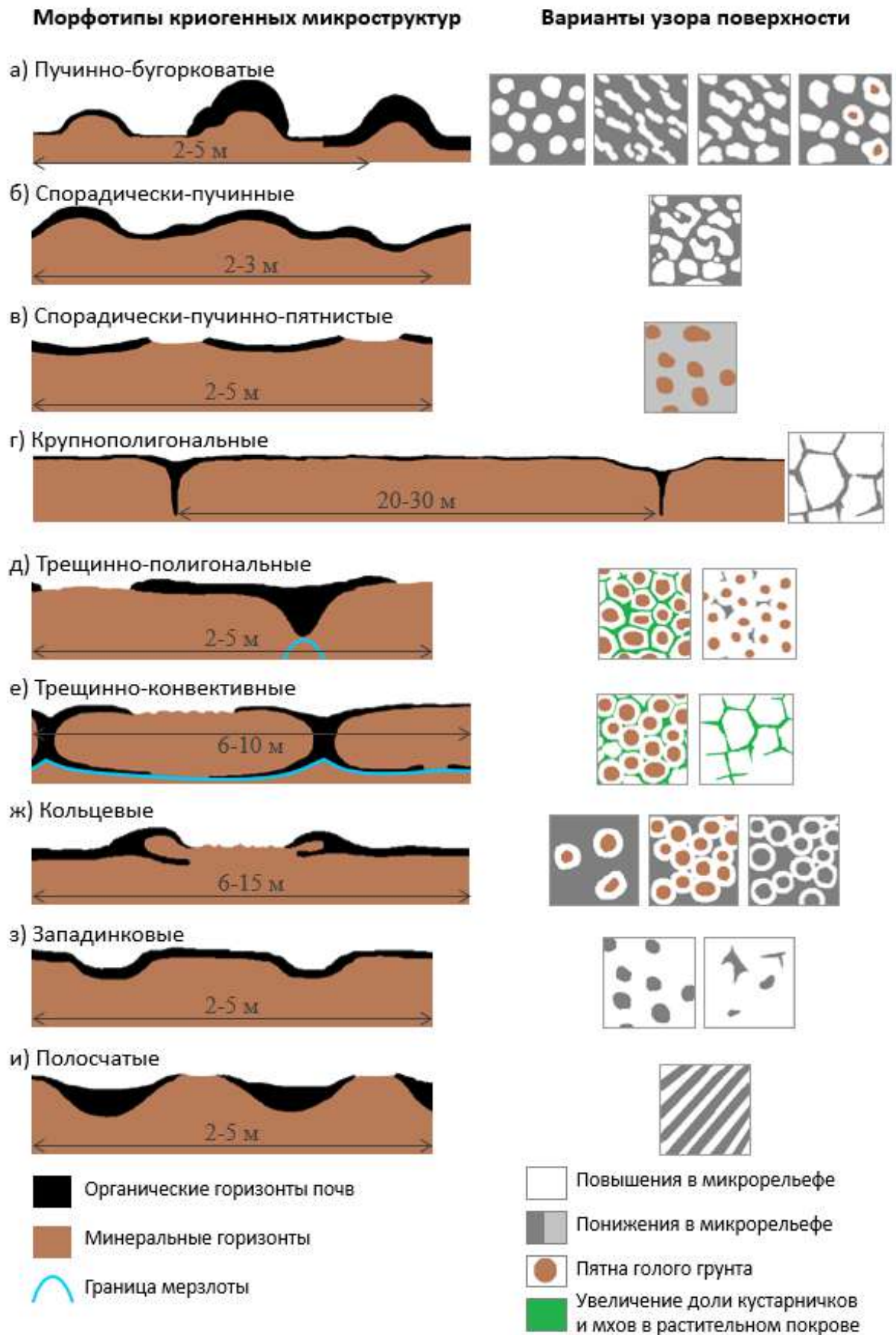


Рисунок 5.1.1 – Морфотипы криогенных микроструктур почвенного покрова и узоры их поверхности

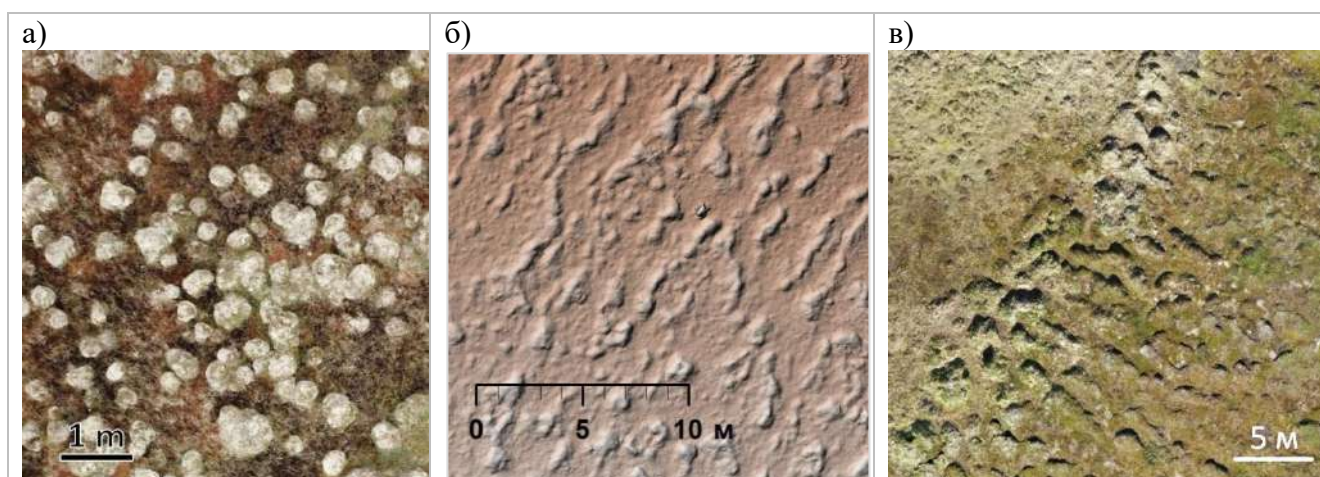


Рисунок 5.1.2 – Узоры поверхности бугорковатого микрорельефа: а) округлые бугорки (ортофотоплан), б) вытянутые по склону бугорки (цифровая модель рельефа); в) бугорки, вытянутые по склону и увеличивающиеся в размере вниз по склону, в верхнем левом углу – заболоченное понижение без бугорков.

Характерной чертой микрорельефа является то, что бугорки расположены друг от друга на расстоянии, сопоставимом с размерами самого бугорка или превышающем его, а разделяющая их поверхность ровная (Рисунок 5.1.1 а; Рисунок 5.1.3 б). Такие формы микрорельефа были описаны на территориях восточноевропейского севера, полуострова Ямал [Иванова, Полынцева, 1952; Атлас Арктики, 1985].

Пучинно-бугорковатые КМС весьма разнообразны по составу почв. Общие черты можно выделить следующие:

- 1) признаки вертикальных криогенных трещин отсутствуют;
- 2) бугорок наполовину или более сложен минеральной частью;
- 3) мощность органического горизонта бугорка больше или равна его мощности в понижениях;
- 4) органическое вещество на повышениях имеет бóльшую степень разложения, либо одинаково слабо разложено во всех элементах микрорельефа;
- 5) при наличии оглеения в профиле – более оглеенными оказываются приподнятые бугорки.

В остальном пучинно-бугорковатые микроструктуры представляют большое разнообразие вариантов состава. Количество компонентов обычно равно двум (почва бугорка и почва между бугорками), однако может увеличиваться при наличии почв пятен. На исследованной территории были описаны бугорки с различными органическими и минеральными горизонтами (Таблица 5.1.1; Рисунок 5.1.3, 5.1.4). Пучинно-бугорковатые микроструктуры могут быть как контрастными (комплексы), так и слабоконтрастными (пятнистости). Молодые структуры, описанные в днищах хасыреев и термоэрозионных ложбин, отличаются слабой контрастностью, поскольку горизонты, попав в новые дренированные условия, еще не успели существенно трансформироваться.

Таблица 5.1.1 – Варианты горизонтов почв бугорков

Органогенные горизонты	Минеральные горизонты
1) подстильно-торфяной (O), в том числе грубогумусированный (Oao); 2) торфяной (T); 3) торфяно-деструктивный (Tmd).	1) гумусово-слаборазвитый грубогумусированный (Wao); 2) глеевый (G); 3) криогенный (CR); 4) криометаморфический (CRM); 5) альфегумусовый (BHF).

Почвенный профиль пучинно-бугорковой микроструктуры в разной степени может быть изменен криотурбационными процессами: от ненарушенного до сильно перемешанного (Рисунок 5.1.3). В некоторых случаях горизонты, находящиеся на глубине 20 см от поверхности, не были затронуты нарушениями и сохраняли горизонтальное положение. В других случаях наблюдалось погружение материала под бугорком, подчеркнутое литологическим контактом. Такой морфотип не был ранее описан в литературе. Зависимости внешней формы бугорка от его внутреннего строения установить не удалось.

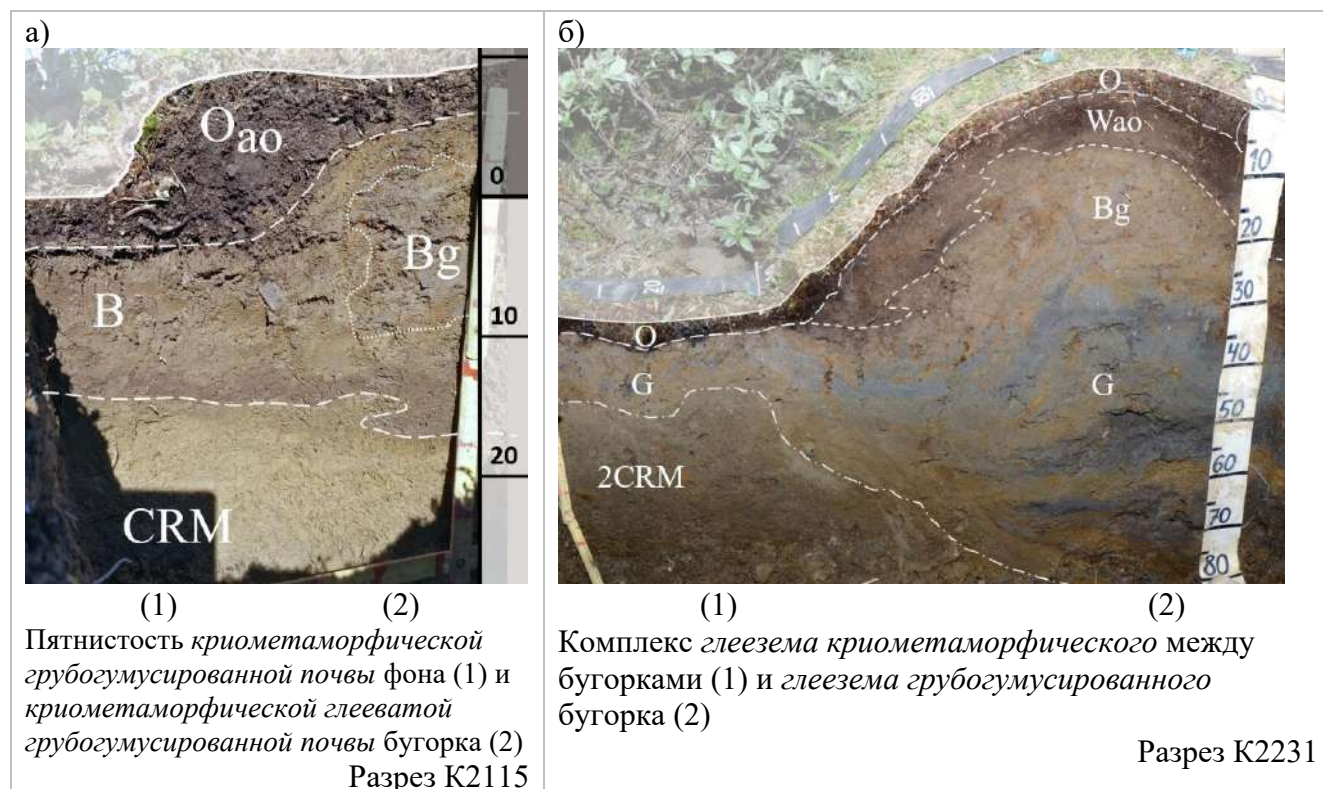


Рисунок 5.1.3 – Различные криогенные нарушения в профиле пучинно-бугорковых микроструктур: а) слабые деформации, б) погружение материала под бугорком

Участки голого грунта встречались как между бугорками, где покрыты разбитой коркой мхов, так и на бугорках, образуя подобие кратера (Рисунок 5.1.4). Первый вариант ранее был описан Ивановой и Полинцевой в окрестностях Воркуты [1952]. Второй вариант выделен

впервые. Варианты, где пятно расположено на вершине бугорка [Scotter, Zoltai, 1982; Van Vliet-Lanoe, Seppala, 2002] – не встречаются на исследованных территориях.

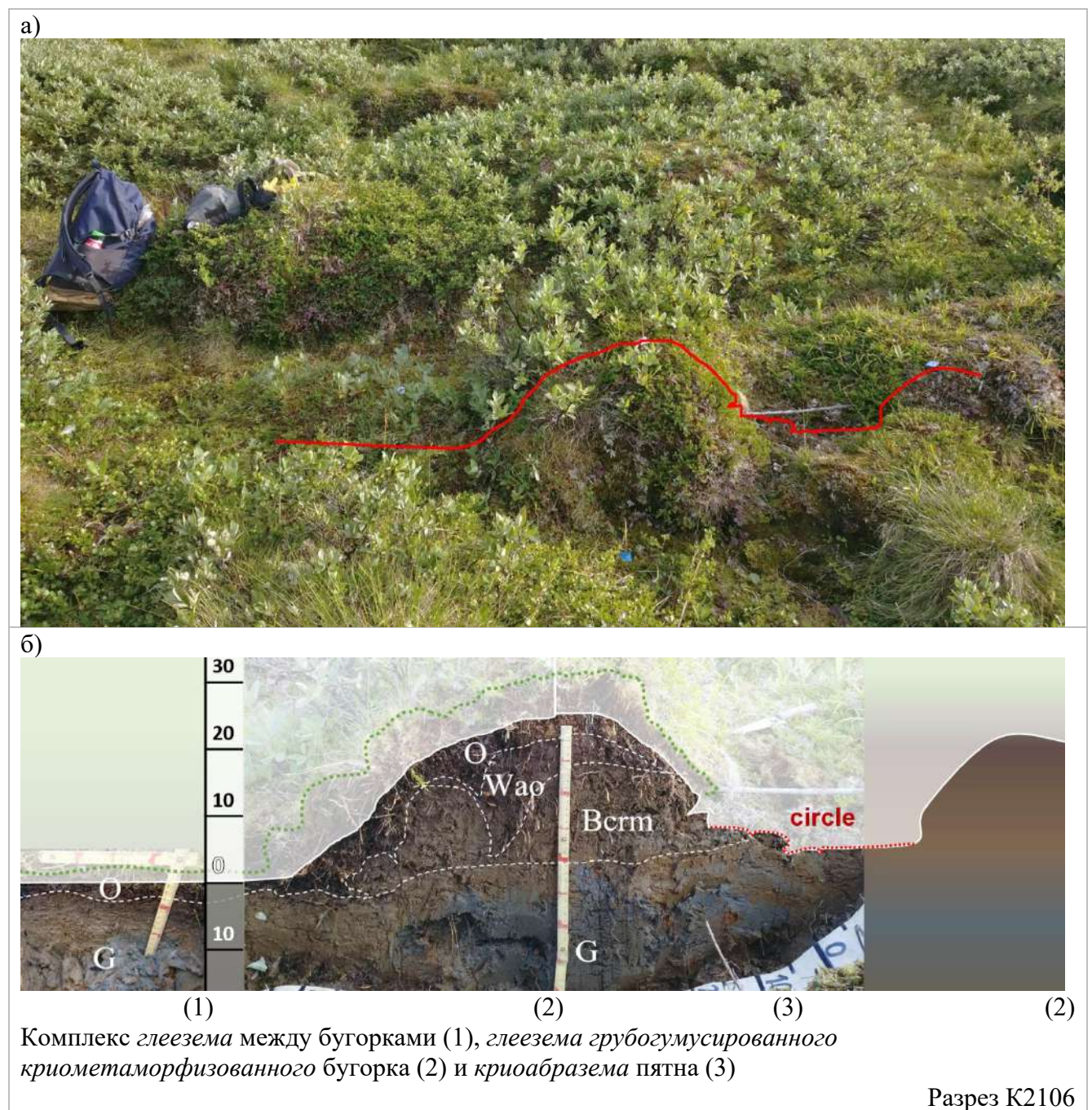


Рисунок 5.1.4 – Бугорок с пятном, расположенном в углублении в центре бугорка (а) и разрез через него (б)

В качестве наиболее вероятного генезиса пучинно-бугорковых КМС обычно предполагают действие процессов пучения, развивающихся при промерзании влажных грунтов и миграции влаги к фронту промерзания [Игнатенко, 1972b; Маслов и др., 2005; Атлас Арктики, 1985; Washburn, 1956].

Однако это не объясняет всех описанных особенностей строения и форм бугорков, например, аккумуляцию органического вещества в бугорках, а не между ними. Для объяснения этой особенности И. В. Игнатенко был предложен следующий механизм: «образованию торфяных горизонтов бугорков мощностью 15-20 см способствуют сильное охлаждение бугорков зимой, длительное сохранение мерзлого ядра в начале лета и повышенный обогрев их поверхности в теплый период. Последнее стимулирует отрастание мхов, а низкие температуры мерзлого ядра и прилежащих к нему слоев торфа ослабляют процессы минерализации органических остатков» [Игнатенко, 1967а, с. 114].

Различия в соотношении интенсивности проявления процессов пучения и торфонакопления, а также других почвенных и мерзлотных процессов, вероятно, являются причиной наблюдаемого разнообразия бугорковатого микрорельефа и морфотипов пучинно-бугорковатых микроструктур.

Спорадически-пучинные микроструктуры почвенного покрова

Отдельно выделены КМС, имеющие микрорельеф схожий с бугорковатым, однако без выраженной «нулевой» поверхности, без какой-либо закономерности чередования повышений и понижений и повторяемости их форм (Рисунок 5.1.1 б; Рисунок 5.1.5). Для него характерны заметные перепады высот в диапазоне 10-30 см на расстоянии 1-5 м и отсутствие пятен. Описания аналогичных микроструктур можно найти в литературе, где они упоминаются как бугорковатые [Игнатенко, 1972b; Van Vliet-Lanoe, Seppala, 2002].

Поскольку в профиле почв присутствуют признаки неупорядоченных криотурбаций, то можно предположить, что за формирование микрорельефа данных КМС отвечают процессы пучения, носящие неупорядоченный характер, в отличие от аналогичных в пучинно-бугорковатых КМС. Соответственно, морфотипу дано название «спорадически-пучинные КМС».

Спорадически-пучинные КМС на исследованных территориях встречаются реже пучинно-бугорковатых и описаны в трех траншеях в восточной и центральной частях Колгуева, на суглинистых, суглинисто-супесчаных и супесчаных отложениях, как правило двучленных, на пологих склонах и выровненных водораздельных поверхностях.

В состав КМС могут входить разные почвы, разной степени контрастности. Обычно они имеют общие срединные горизонты и отличаются строением верхней части профиля (Рисунок 5.1.5). Так, в двух из трех траншей в верхней песчано-супесчаной части профиля присутствовали признаки оподзоливания, однако были выражены весьма неоднородно. Приуроченность определенных типов/подтипов почв к элементам микрорельефа не имеет строгой закономерности. Количество компонентов в спорадически-пучинных микроструктурах

может варьировать от 2 до 3. На востоке Большеземельской тундры И.В. Игнатенко описал в аналогичной микроструктуре до 4 различных почв [Игнатенко, 1972b].

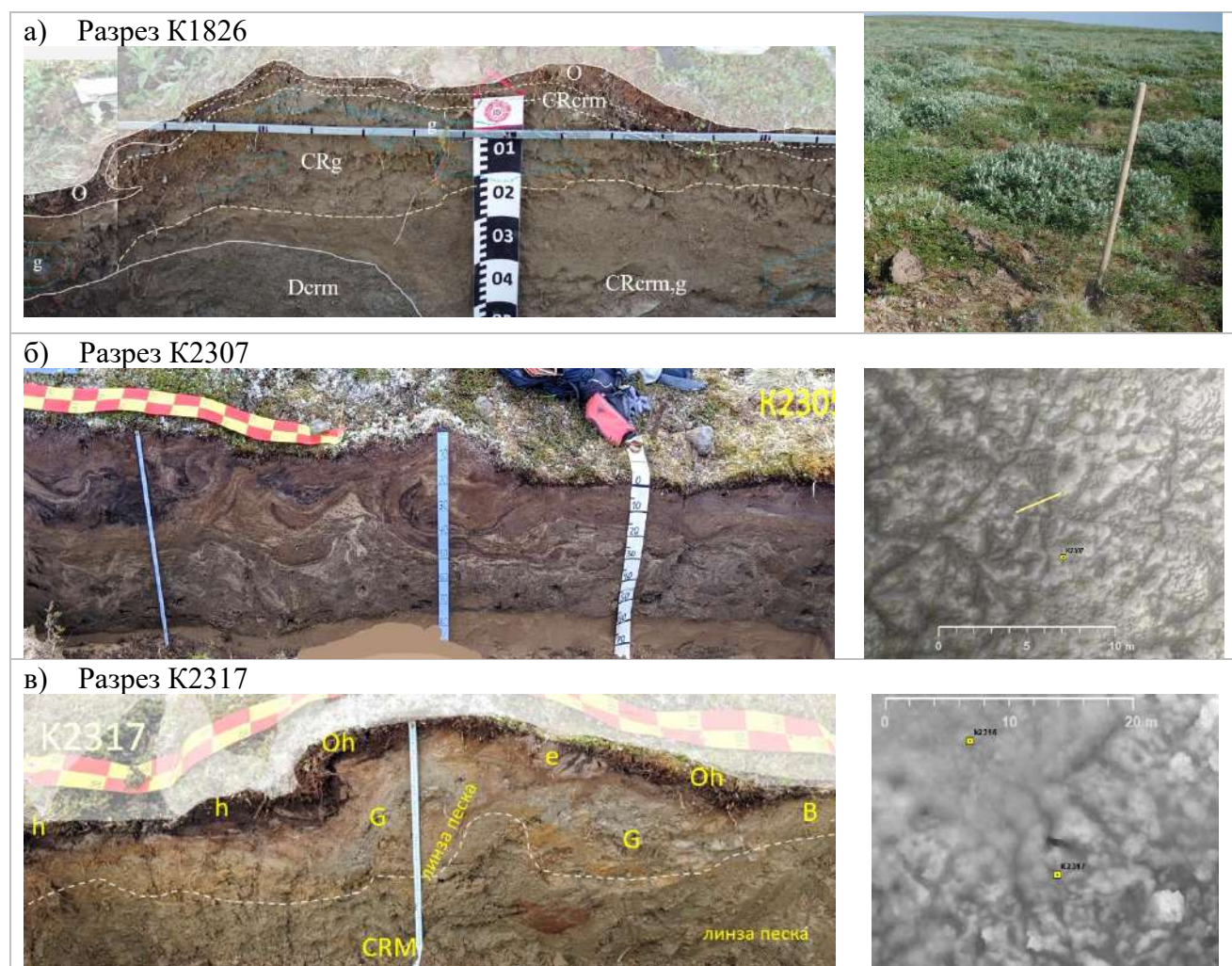


Рисунок 5.1.5 – Примеры спорадически-пучинной микроструктуры почвенного покрова

Спорадически-пучинно-пятнистые микроструктуры почвенного покрова

К спорадически-пучинно-пятнистым микроструктурам были отнесены комплексы с почвами пятен, расположенными на приподнятых участках волнистого микрорельефа, и отсутствием признаков криогенных трещин (Рисунок 5.1.1 в; Рисунок 5.1.6). Такое строение имеют спорадически-пучинно-пятнистые КМС, выделенные в Атласе Арктики [1985].

Спорадически-пучинно-пятнистые КМС были описаны на Колгуеве и приурочены к бровкам термокарстовых западин и эрозионных врезов. Микроструктуры данного морфотипа формируются на породах любого гранулометрического состава, под угнетенной кустарничково-моховой растительностью. Такая ландшафтная позиция, а также морфология пятен и их приуроченность к приподнятым участкам указывают на их корразионный генезис.

Неупорядоченные криотурбации в профиле почвы являются характерной чертой данного морфотипа. Сопоставление литературных данных и морфологии описанных микроструктур указывает на то, что рассматриваемые спорадически-пучинно-пятнистые микроструктуры формируются за счет неупорядоченного (спорадического) пучения и последующей ветровой и снежной корразии растительного покрова и подстильно-торфяного горизонта приподнятых участков [Васильевская, 1980; Игнатенко, Норин, Друзина, 1970; Тыртиков, 1979]. При этом образование пятен и всей микроструктуры, по всей видимости, зависит не столько от интенсивности промерзания, сколько от локальных погодных условий зимой. Уничтожению растительности может также способствовать высокая пастбищная нагрузка. Таким образом, спорадически-пучинно-пятнистая микроструктура схожа по своему генезису со спорадически-пучинной, однако отличается наличием пятен, формирующимися в силу геоморфологической позиции, и однородным почвенным покровом вне пятен. Вдобавок рассматриваемые микроструктуры, как правило, имеют более выположенный микрорельеф. Поскольку криогенные деформации и приподнятые участки носят случайный характер, то упорядоченность в расположении пятен отсутствует. Их размер варьирует от 0.2 до 1 м, а расстояние между ними – от 0.5 до 2 м (Рисунок 5.1.6).



Рисунок 5.1.6 – Пример спорадически-пучинно-пятнистой микроструктуры (разрез K2112)

Строение почвенного профиля соответствует приведенному на схемах в Атласе Арктики: почва пятна отличается от фоновой (существовавшей и до образования пятен) отсутствием органического горизонта. Однако в отличие от приведенной схемы, в комплексах Колгуева оглеение отсутствовало, что может быть связано с положением в дренированной позиции. Было описано два варианта состава спорадически-пучинно-пятнистых КМС в зависимости от почвообразующих пород и срединных горизонтов: 1) комплекс *криометаморфической грубогумусированной криотурбированной почвы фона и криоабразема криометаморфического*

криотурбированного корразионного пятна (Рисунок 5.1.6); 2) комплекс *подбура оподзоленного* *криотурбированного* фона и *криоабразема альфегумусового* *криотурбированного* пятна. Первый вариант состава ранее не был описан. Второй соответствует двум комплексам на почвенной карте в Атласе Арктики [1985]: выдел карты №17а – тундровые иллювиально-гумусовые оподзоленные (подбуры оподзоленные) и почвы пятен – и выдел карты №13 – тундровые иллювиально-малогумусовые (подбуры светлые) и почвы пятен.

Крупнополигональные микроструктуры почвенного покрова

Крупнополигональные КМС были описаны на острове Ловецком и в восточной части острова Колгуев, где занимают плоские приподнятые над окружающей местностью поверхности, а также на Болванском полуострове, где они приурочены к пологим песчаным холмам, со склонами до 5°. На исследованных территориях они формируются исключительно на песчаных отложениях, что ограничивает их распространение.

Крупнополигональные микроструктуры формируются в результате морозобойного растрескивания [Достовалов, Кудрявцев, 1967; Романовский, 1993; French, 2017]. Образовавшаяся система трещин и блоков (полигонов) имеет размер от нескольких метров до десятков метров в диаметре. Трещины могут в разной степени читаться в микрорельефе, однако при слабой выраженности топографии неоднородность строения почвенного покрова остается видна в узоре растительности.

Почвенный покров крупнополигональной КМС, как правило, слабоконтрастен: почва трещины наследует все горизонты почвы блока, с той разницей, что они принимают субвертикальное расположение (Рисунок 5.1.7). Отличия почв трещин заключаются в большей выраженности подзолистого горизонта – одной из причин может быть его дефляция на блоке, приводящая к тому же к аккумуляции эолового материала в ложбине над трещиной, если она имеется. В некоторых случаях в понижении над трещиной мощность торфяного горизонта заметно возрастает, что делает комбинацию более контрастной (Рисунок 5.1.7 в). В качестве почв блоков были описаны следующие почвы: подзолы, подбуры оподзоленные и псаммоземы оподзоленные (Рисунок 5.1.7). Из перечисленных почв ранее в качестве почв блоков упоминались подзолы надмерзлотно-глееватые [Игнатенко, 1979, с. 94] и подбуры глееватые [Горячкин, 2010, с. 128]. В Атласе Арктики в составе указаны арктические гумусные почвы (вероятно, криоземы) для крупноблочного нанополигонального морфотипа; и тундровые перегнойные глееватые и глеевые (вероятно, криоземы глееватые перегнойные и глееземы перегнойные) для крупноблочного нанобугорковатого морфотипа.

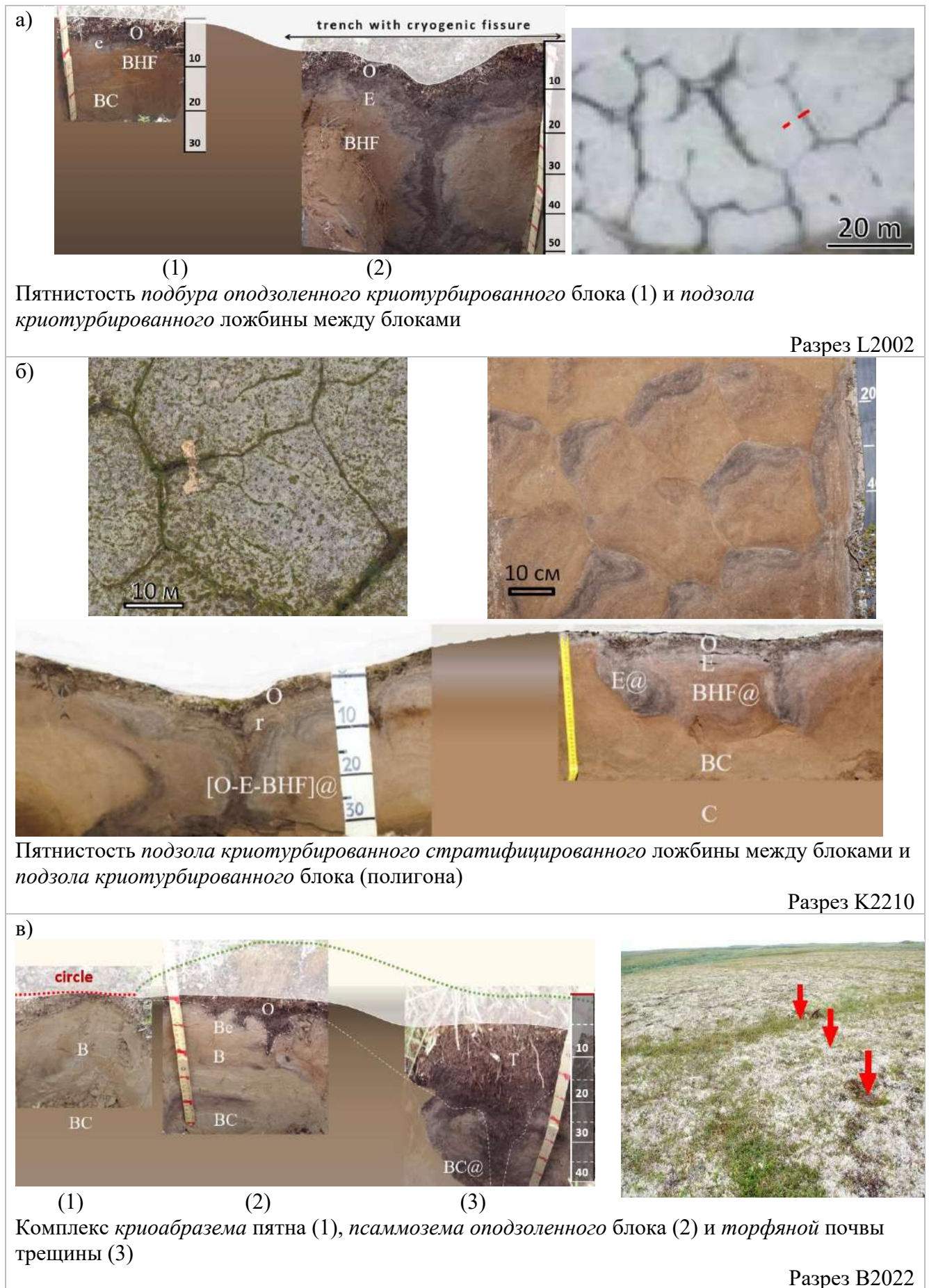


Рисунок 5.1.7 – Крупнополигональные микроструктуры

Вследствие большого размера полигонов на их поверхности могут формироваться и другие КМС:

- 1) Криогенные пятна – описаны на Болванском полуострове (Рисунок 5.1.7 в);
- 2) Корразионные пятна – описаны на Колгуеве в комплексе с подбурами оподзоленными криотурбированными;
- 3) Сеть трещин с шагом 20–30 см – структура описана в восточной части Колгуева (Рисунок 5.1.7 б). В Атласе Арктики этот тип КМС выделен как крупноблочный нанополигональный и представлен на схемах, однако не нашел отражения на карте.
- 4) Бугорки – не были описаны на исследованных территориях, но встречаются в литературе [Игнатенко, 1979, с. 94]. В Атласе Арктики такие структуры выделяются как крупноблочные нанобугорковатые.

Трещинно-полигональные микроструктуры почвенного покрова

К трещинно-полигональным микроструктурам нами отнесены те, которые имеют в своем строении криогенные трещины на расстоянии 1-5 метров (Рисунок 5.1.8). Как правило, в центре полигона присутствует пятно голого грунта, однако структуры без них, описанные на Болванском, были также отнесены к трещинно-полигональному морфотипу. Считается, что полигоны с пятнами и без них являются стадиями цикличного развития данной микроструктуры [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Караваева, Полтева, 1967; Тыртиков, 1979].

Трещинно-полигональные КМС в разных атласах выделены под несколько отличающимися названиями, но по сочетанию характерных элементов (почва трещины + почва пятна) их легко узнать и под другими именами: под названием «трещинно-полигональные комплексы» они выделены в Национальном атласе почв [2011], в Атласе Арктики [1985] – как «трещинно-нанополигональные микроструктуры», и «полигонально-трещинные» – на Почвенной карте РСФСР масштаба 1:2 500 000 [1988].

Трещинно-полигональные КМС были описаны в двух разрезах на острове Колгуев и в трех – на Болванском полуострове; везде – на выпуклых поверхностях пологих склонов или водоразделов, сложенных суглинками, под кустарничково-моховой растительностью, иногда с высокой долей кочек пушицы (*Eriophorum vaginatum*).

Микрорельеф поверхности трещинно-полигональных КМС обычно слабо выражен, но, как правило, вокруг пятен голого грунта присутствует невысокий валик, что исключает корразионное происхождение пятен. Несмотря на наличие криогенных трещин, полигональный узор поверхности может быть выражен слабо (Рисунок 5.1.1 д).

Почвы, входящие в состав трещинно-полигональных микроструктур, контрастны по своим свойствам и соответствуют представленным в Атласе Арктики. Органический горизонт отсутствует на пятне и достигает наибольшей мощности в трещине, где на глубине 30–50 см практически смыкается с кровлей многолетнемерзлых пород. Под пятном глубина сезонного протаивания по литературным данным составляет около 1 м [Ершов, 2018; Суходольский, 1982]. Оглеение отсутствует в почве пятна и в трещине, но ярко выражено между ними (Рисунок 5.1.8 б,в). Таким образом, описанные трещинно-наполюгональные КМС – это трехчленный комплекс, состоящий из почвы пятна – *криоабразема*, окружающей его почвы – *глеезема*, реже – *криозема* и *торфяной* или *торфяно-перегнойной почвы трещины*. Аналогичный состав имеет на Почвенной карте РСФСР масштаба 1:2 500 000 [1988] выдел легенды карты №215: полигонально-трещинный комплекс, тундровые глеевые торфянисто-перегнойные, почвы пятен и мерзлотных трещин – и выдел №6а в Атласе Арктики: тундровые перегнойные глееватые и глеевые, почвы пятен, которому соответствует схема А2 (профиль, описанный на острове Вайгач) с более детализированным составом почв: тундровая перегнойная глееватая, тундровая перегнойная глееватая, почва пятна, трещинно-торфянистая почва.

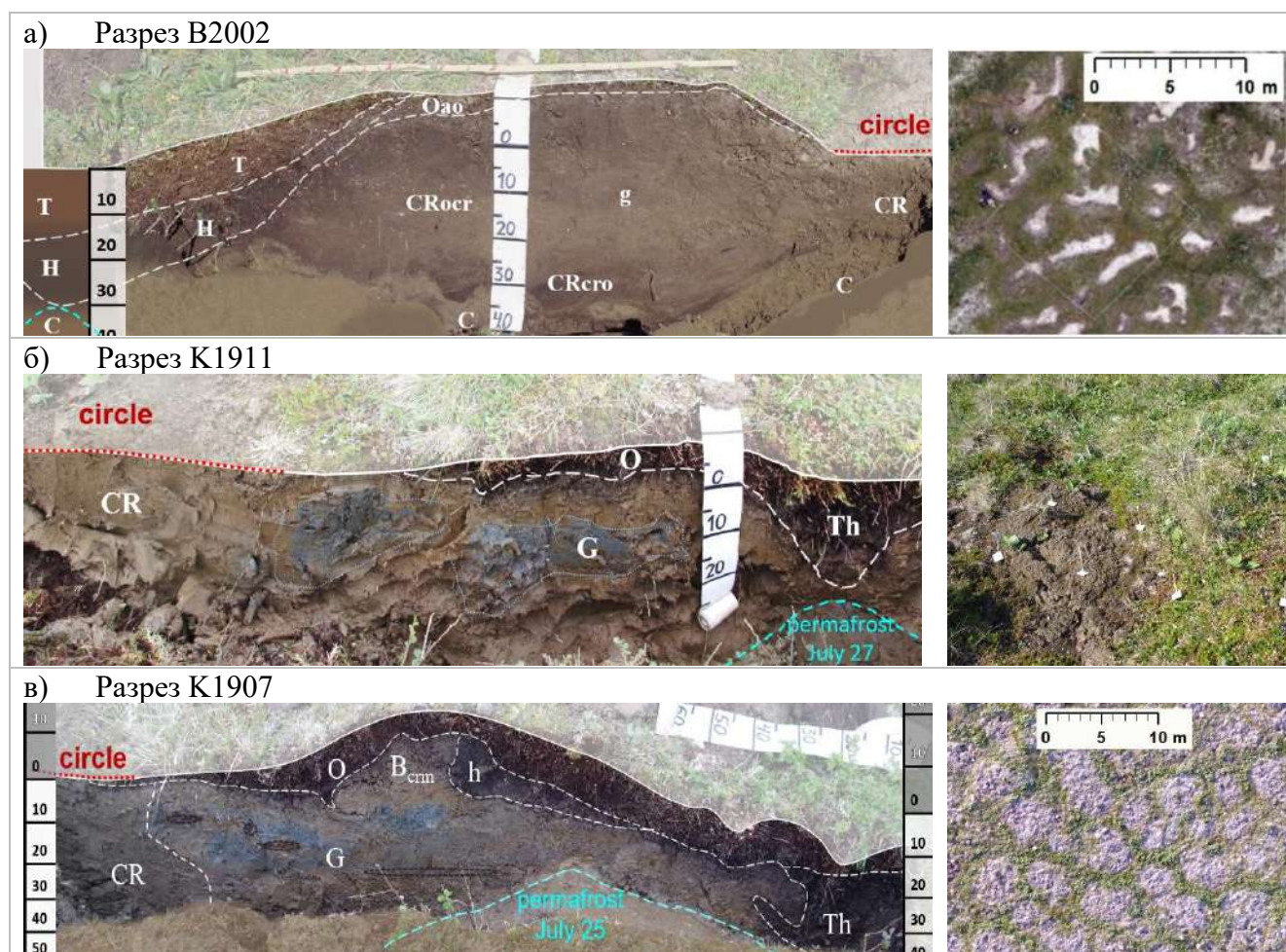


Рисунок 5.1.8 – Трещинно-полигональные микроструктуры

Во многих работах генезис трещинно-полигональных КМС объясняется полигональным растрескиванием низкого порядка – с шагом от одного до нескольких метров, развивающимся в суглинистых отложениях [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Остров Вайгач: природа..., 2014]. Однако сам по себе этот процесс не всегда приводит к образованию пятен и, таким образом, одного полигонального растрескивания для формирования трещинно-полигональных КМС недостаточно.

Более полный механизм выглядит так [Достовалов, Кудрявцев, 1967; Тыртиков, 1979; Маслов и др., 2005]: полигональное морозобойное растрескивание грунтов и последующее формирование трещин, заполненных торфом, предопределяет неравномерное промерзание пород; в результате в деятельном слое в центральных частях полигонов под промерзающими грунтами формируются замкнутые талые системы, в которых возникает высокое гидростатическое давление. В результате переувлажненные тиксотропные горизонты почв могут прорвать верхнюю мёрзлую корку и излиться в виде пятна на поверхность. Таким образом, значительную роль в формировании пятен играет способность грунта к тиксотропии и его влажность при замерзании.

Важно заметить, что процессы полигонального растрескивания и пятнообразования могут идти как одновременно, так и последовательно. Вероятно, именно в последнем случае исходный четкий полигональный узор может нарушаться, а пятна – сливаться, как это наблюдается на Болванском полуострове. Четкий ареал развитых (активных/функционирующих) пятен на Болванском в окружении трещинно-полигональных структур без пятен подтверждает наличие положительных обратных связей, поддерживающих «обновление» уже существующих [Daanen et al., 2008].

Трещинно-конвективные микроструктуры почвенного покрова

Морфотип трещинно-конвективных КМС отличается от рассмотренного выше трещинно-полигонального тем, что органическое вещество не только заполняет трещины, но и распространяется субгоризонтально по поверхности многолетней мерзлоты от трещины к центру полигона (Рисунок 5.1.1 е; Рисунок 5.1.9), что может свидетельствовать о конвективном процессе, аналогичном предложенному Маккеем (MacKay, 1980). Кроме того, для трещинно-конвективных КМС характерен другой набор почв. Это побудило выделить «трещинно-конвективный» морфотип и рассмотреть его как отдельный тип криогенных микроструктур.

Трещинно-конвективные КМС были описаны в трех траншеях в восточном районе Колгуева, на бровках долин, т.е. на выположенных и хорошо дренированных склонах с маломощным снежным покровом. Почвообразующие породы – суглинки, в том числе

опесчаненные (с прослоями песка). Узор поверхности полигональный (Рисунок 5.1.9), выраженный в микрорельефе или только в узоре растительности, в зависимости от степени зарастания пятен голого грунта – для активных характерен выраженный микрорельеф с валиком вокруг пятна и ложбинкой над трещиной. Размер полигонов, в зависимости от гранулометрического состава отложений, составляет: от 4–5 м – на суглинистых, до 7 м – на супесчаных. Глубина сезонного протаивания составляет 60 см под трещиной и около 100 см под полигоном.

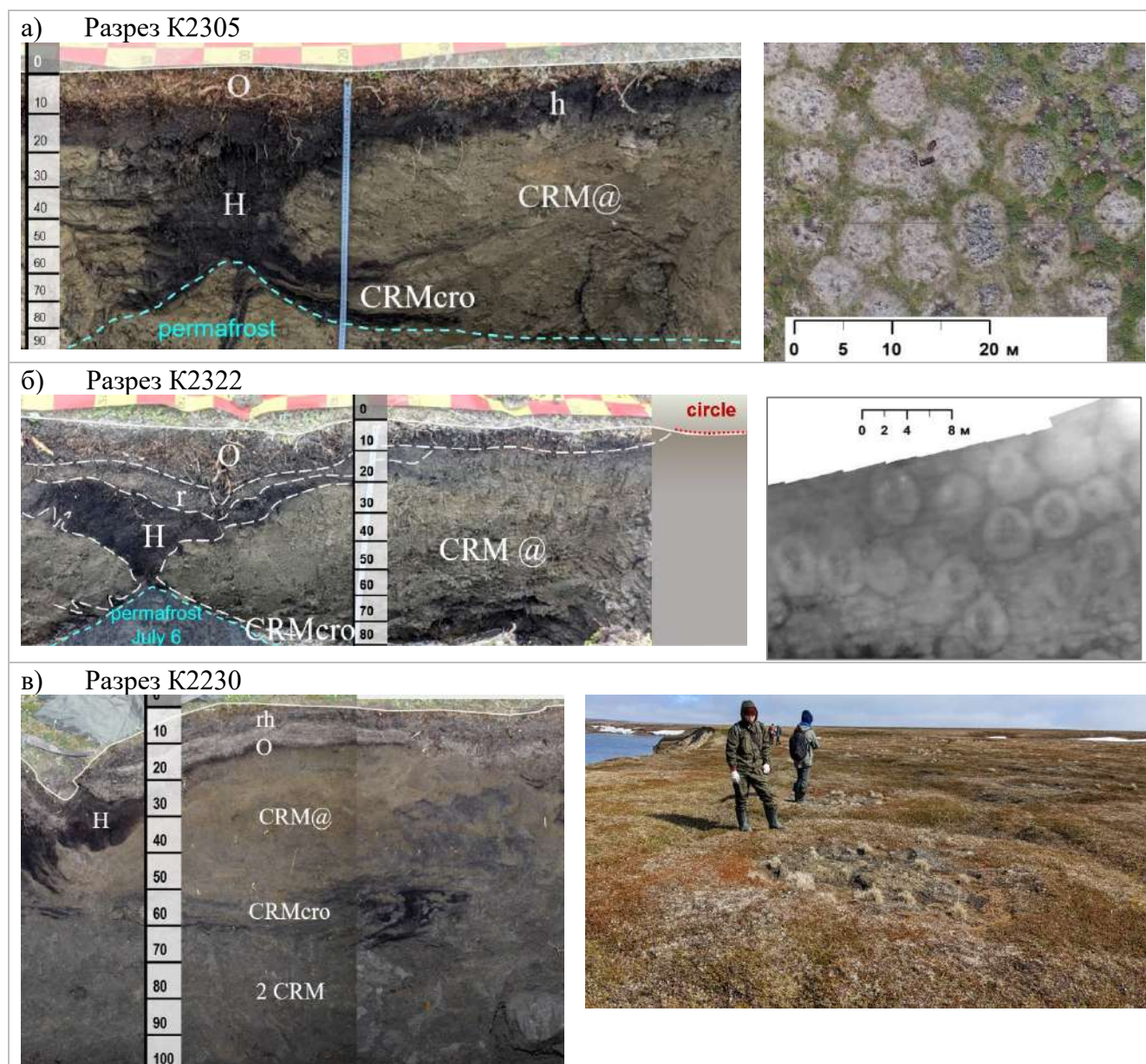


Рисунок 5.1.9 – Трещинно-конвективные микроструктуры

То, что трещинно-конвективные КМС распространены в более дренированных позициях, чем трещинно-полигональные, вероятно, определяет отсутствие признаков оглеения в почве. Для трещинно-конвективных КМС, описанных в литературе, также свойственно отсутствие или

слабые признаки глеевого процесса [Губин, Лупачев, 2008; Атлас Арктики, 1985]. В исследованных районах, где были описаны трещинно-конвективные КМС, фоновыми являются криометаморфические почвы. Они же являются почвами полигонов в составе трещинно-конвективных КМС. Таким образом, комплекс состоит из *перегнойной мерзлотной почвы трещины, криометаморфической криотурбированной надмерзлотно-органо-аккумулятивной мерзлотной почвы полигона* и – при наличии пятна – *криоабразема криометаморфического* (Рисунок 5.1.9).

Генезис трещинно-конвективных микроструктур сходен с генезисом трещинно-полигональных КМС – он также включает полигональное растрескивание, однако более сложен. Детальная модель формирования трещинно-конвективных микроструктур предложена Лупачевым [2008]: в период максимального оттаивания и сильного обводнения надмерзлотных горизонтов происходит перенос грубого органического материала совместно с движением надмерзлотных вод по поверхности кровли мерзлоты: от повышенных ее участков под торфяными почвами трещин в более пониженные участки в центре полигонов. Данный механизм соответствует модели равновесных ячеек, ранее предложенной Маккеем [MacKay, 1980]. Обе генетические модели предполагают движение материала не в результате криостатического давления, а при замещении ледяных шлиров в период оттаивания.

Кольцевые микроструктуры почвенного покрова

В качестве отдельного морфотипа рассмотрим кольцевые микроструктуры, для которых характерен замкнутый валик высотой 10-30 см, образующий кольцо диаметром от 3 до 8 м, и отсутствие криогенных трещин (Рисунок 5.1.1 ж; Рисунок 5.1.10).

Кольцевые структуры были описаны в возвышенной и восточной части Колгуева на суглинистых (в том числе опесчаненных) отложениях. В других районах исследований они не выделялись. Было выделено три варианта кольцевых микроструктур, которые несколько отличаются по морфологии и положению в рельефе (Рисунок 5.1.1 ж):

1) Группы отдельно расположенных 2-4 колец с пятном голого грунта в центре кольца, которые часто встречаются на вершинах сопков в центральной части Колгуева (Рисунок 5.1.10 а). Они были ранее описаны на острове геоботаниками [Богдановская-Гиенэф, 1938; Лавриненко, Лавриненко, 2018; Смирнова, 1938].

2) В восточной части Колгуева кольца с пятнами в центре образуют сплошные скопления на приподнятых участках пологих склонов уклоном 1-2° (Рисунок 5.1.10 б). Из-за плотного заполнения пространства кольцами может возникать иллюзия полигонального строения. Однако

даже в траншее через слившиеся валики соседних колец не было обнаружено признаков криогенных трещин.

3) Также в восточном районе острова, на окраинах болот – поверхностях с уклоном 0.5° – были описаны разреженные скопления колец без пятен в центре (Рисунок 5.1.10 в). Поверхность внутри этих колец была ровной, переувлажненной и покрытой маломощным покровом гигрофильных мхов. Аналогичные структуры упоминаются в литературе [Остров Вайгач: природа..., 2014; Hopkins, Sigafos, 1951].

В первых двух вариантах пятно голого грунта, находящееся внутри кольца, имеет неровную поверхность, может быть частично покрыто разреженной растительностью и часто – выпотами солей на поверхности.

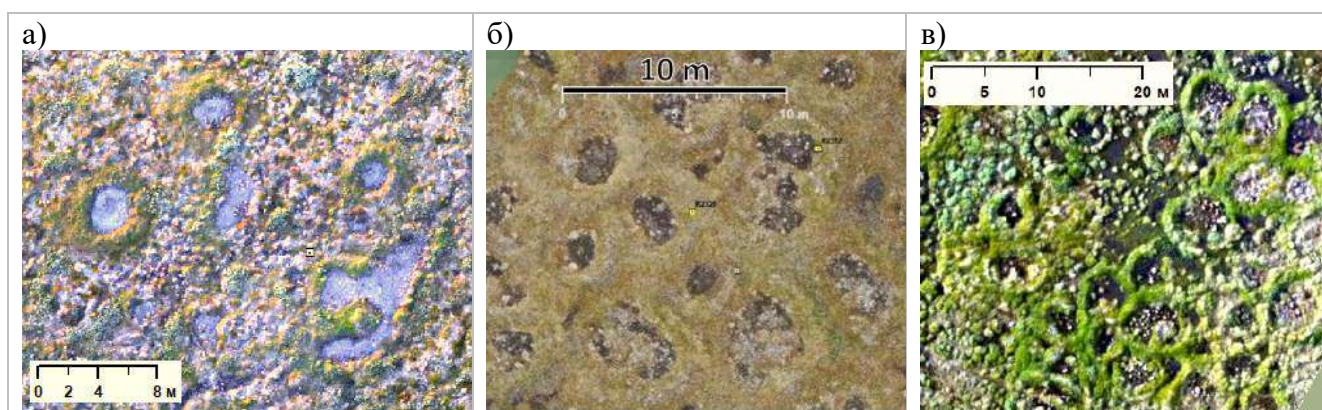


Рисунок 5.1.10 – Варианты взаиморасположения колец

Сочетание почв в кольцевой микроструктуре несколько похоже на трещинно-полигональные структуры, однако отличается своеобразным строением валика и наличием фоновой почвы в случае, если кольца расположены на расстоянии. Валик имеет несимметричное строение: основная масса органического вещества аккумулирована на внешнем крае, а внутренняя сторона кольца сложена минеральным материалом, под которым присутствует погребенный слой органического вещества (Рисунок 5.1.11). Таким образом, можно выделить две различные почвы для внутренней и внешней стороны и, соответственно, четыре компонента в составе микроструктуры.

Комбинация почв в наиболее изученном варианте кольцевых микроструктур, где кольца расположены сплошными скоплениями, примерно следующая:

- 1) *криоабразем криометаморфический глееватый* (почва пятна),
- 2) *криометаморфическая глееватая криотурбированная почва* (внутренняя сторона кольца)
- 3) *перегнойно-криометаморфическая глееватая почва* (внешняя сторона кольца),
- 4) *криометаморфическая перегнойная глееватая почва* (почва фона).

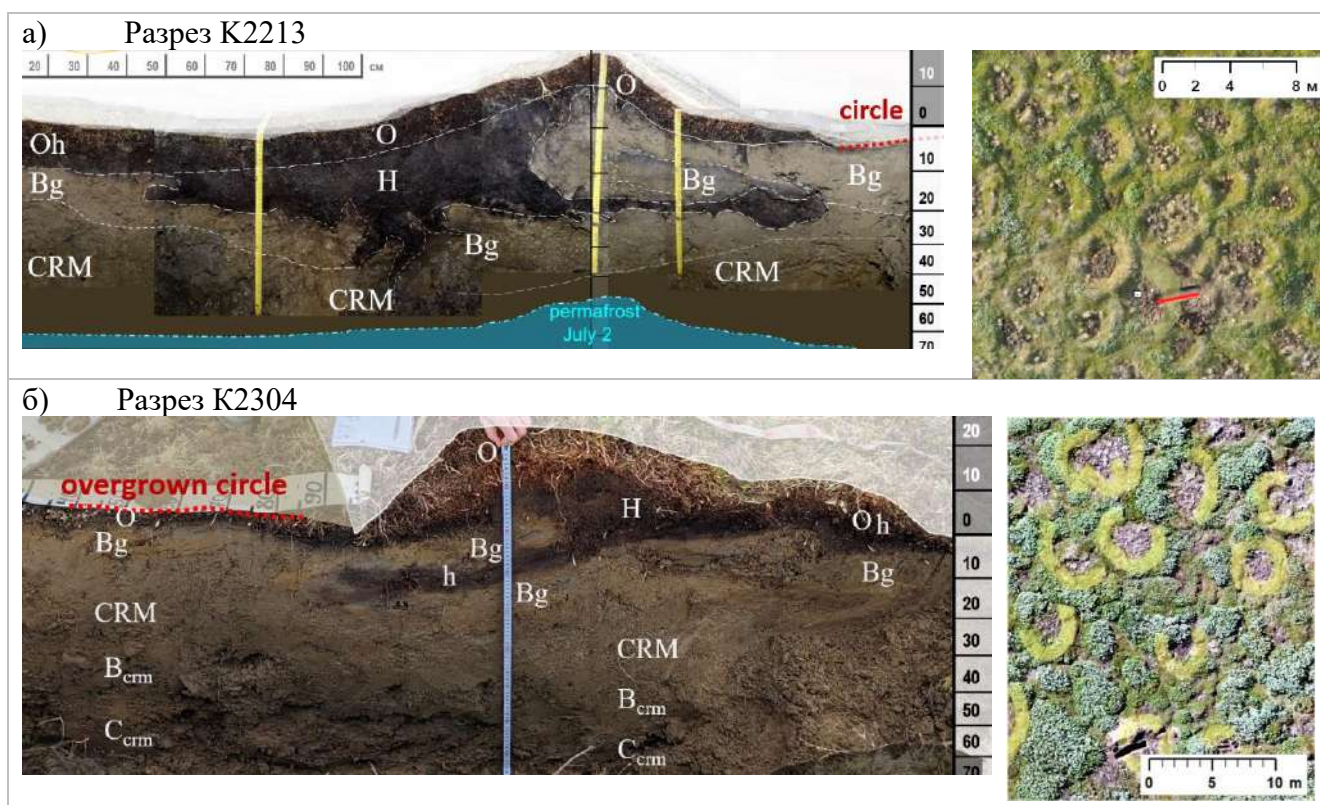


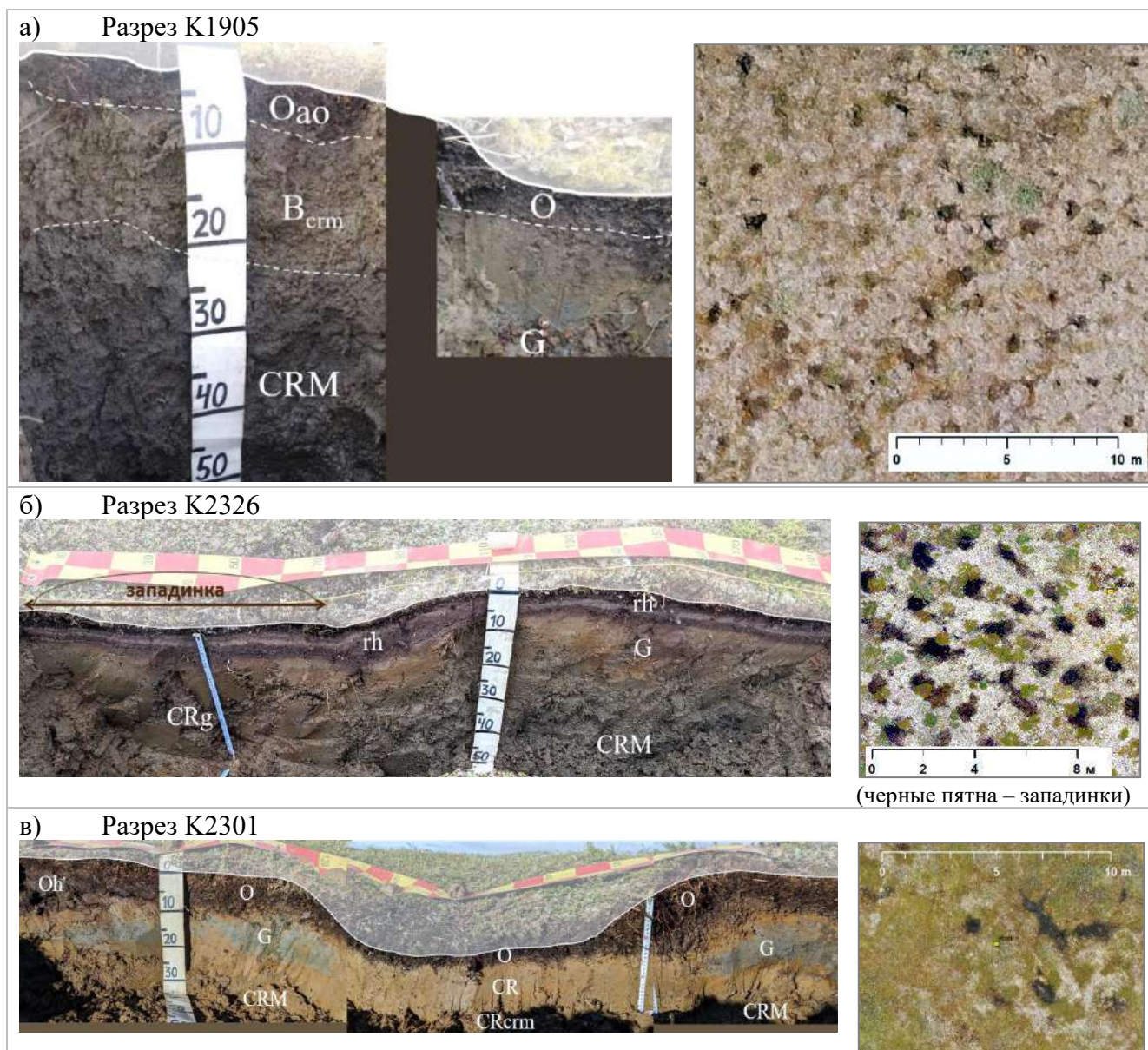
Рисунок 5.1.11 – Кольцевые микроструктуры

Генетически кольцевые КМС, скорее всего, можно отнести к своеобразным – развивающимся в отсутствии полигональной трещинной сети – криогенным пятнам или явлениям морозного кипения ("frost boils", "mudboil"). Однако описанные в литературе криогенные пятна обычно имеют небольшие размеры – 0.4–1.5 м [Горячкин, 2010; Маслов и др., 2005; Романенко, Хольнов, Зарецкая, 1998; Романовский, 1993] и часто ассоциированы с морозобойным растрескиванием, то есть являются трещинно-полигональными КМС [Peterson, Krantz, 2008]. Можно предположить, что более крупный размер кольцевых КМС связан с тем, что излияние грунта происходит из года в год на разных участках пятна. На это указывает неровная поверхность пятна, местами покрытая корками лишайников и растительности.

Западинковые микроструктуры почвенного покрова

В центральных возвышенных районах острова Колгуев, а также в восточной части на низких отметках высот на выпуклых или ровных, горизонтальных или слабонаклонных поверхностях до 4 градусов, сложенных суглинками, иногда встречается специфический микрорельеф. Он представляет из себя ровную поверхность с разбросанными по ней небольшими понижениями менее 1 м в диаметре глубиной до 15 см. Расстояние между западинками варьирует от 1 до 4 м. Микрорельеф представлен двумя разновидностями (Рисунок 5.1.1 з): 1) округлые, регулярно повторяющиеся (Рисунок 5.1.12 а,б) и 2) понижения неправильной формы, хаотично

расположенные (Рисунок 5.1.12 в). Как правило, западинки заняты более влаголюбивыми мхами, лишайники и кустарнички в них отсутствуют, благодаря чему они контрастно выделяются на аэрофотоснимках.



Строение западинковых микроструктур было изучено в двух локациях в возвышенной части острова и в четырех – в восточной. Результаты показали, что организация почвенного покрова отличается в разных разрезах: количество органического материала в западинках по сравнению с фоновой почвой ровной поверхности может либо уменьшаться, либо оставаться неизменной. Поверхностное оглеение в некоторых траншеях отсутствовало на всем протяжении, в некоторых – было характерно для «фоновой» почвы (Рисунок 5.1.12 в), а в некоторых, напротив, сизые пятна присутствовали под западинкой (Рисунок 5.1.12 а). То есть могут выделяться разные комплексы при очень схожем составе компонентов (различия на уровне подтипов). В состав обоих комплексов будут входить глееземы криометаморфические. В одном случае – в комплексе с криометаморфической почвой фона (Рисунок 5.1.12 а), в другом – в комплексе с криоземом криометаморфизованным западинки (Рисунок 5.1.12 в).

Криогенный генезис западинковых микроструктур не вполне очевиден: в описанных разрезах, независимо от формы и расположения западинок, не было выявлено признаков трещин (Рисунок 5.1.1 з; Рисунок 5.1.12). Это исключает гипотезу полигонального растрескивания, однако позволяет предложить три альтернативных объяснения. Во-первых, формирование понижений может быть связано с локальным опусканием кровли многолетнемерзлых пород, то есть с локальным термокарстом. К сожалению, сроки проведения полевых исследований не позволили подтвердить эту гипотезу. Во-вторых, для некоторых вариантов западинковых микроструктур вероятен просадочный генезис в случае, если в сезонно-талом слое суглинки подстилаются породами, склонными к просадкам. В-третьих, западинки, в которых мощность органического горизонта резко сокращается до 1-2 см, возможно, являются стадией зарастания своеобразного криогенного пятна.

Полосчатые микроструктуры почвенного покрова

Среди структурных грунтов выделяется довольно распространенный в перигляциальных областях полосчатый тип (stripes). По аналогии соответствующая микроструктура почвенного покрова названа «полосчатой». Микрорельеф полосчатых КМС состоит из чередующихся с шагом 1-2 м неглубоких ложбин и гряд-повышений (перепад высот: 10-15 см), на которых местами присутствуют корразионные пятна (Рисунок 5.1.1 и). Отсутствие сортированного крупнообломочного материала отличает данные полосы от выделенных в Программе почвенной карты СССР [1972].

Полосчатые микроструктуры были описаны в центральной возвышенной части Колгуева и на выпуклых вершинах пологих холмов и их склонах с уклоном поверхности до 3°, при этом полосы простирались по направлению стока. Морфологически в строении почвенного тела не

выделяется погребенных морфонов или признаков криотурбаций, то есть процессы солифлюкции в данных КМС выражены слабо, и скорее всего, данный морфотип КМС отличается от «солифлюкционного линейного и пятнистого» комплекса, выделенного в Атласе Арктики. В понижении-ложбинке наблюдается аккумуляция органического вещества, находящегося в форме торфа и перегноя или грубого гумуса, пропитывающего минеральную массу (Рисунок 5.1.13). Таким образом, комбинация полосчатой КМС состоит из:

- 1) *криометаморфической почвы* полосы с профилем О-В-CRM;
- 2) почвы ложбины – *перегноино-торфяно-криозема глееватого* с профилем Th-CRg;
- 3) *криоабразема криометаморфического* корразионных пятен на полосе с профилем В-CRM.

Аналогичный состав для данных микроструктур описан на равнинах Новой Земли [Горячкин, 2010].

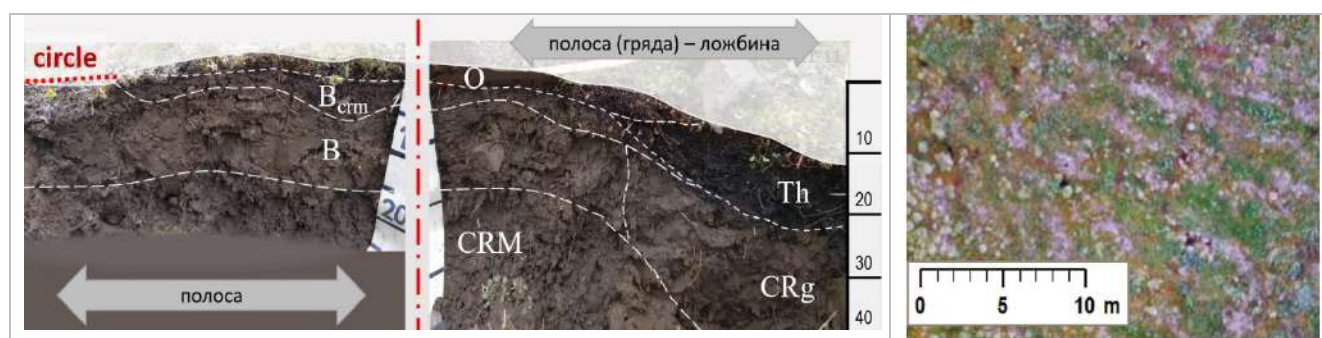


Рисунок 5.1.13 – Пример полосчатой микроструктуры (разрез K2111)

Механизм формирования полосчатых КМС остается не ясен. В формировании полосчатых структурных грунтов Уошборн [1956] предполагает участие солифлюкции. В работе С.В. Горячкина [2010] для полосчатых микроструктур Новой Земли предполагается совместное действие солифлюкции, пучения и эрозии. Поскольку описанные на Колгуеве полосчатые КМС отличаются более заметным микрорельефом и небольшой долей пятен, то можно предположить преобладание процессов пучения – при формировании гряд – и корразии – как причины образования голых пятен.

5.2. Разнообразие КМС по контрастности, характеру связи между компонентами, составу и положению в ландшафте

Степень контрастности криогенных микроструктур почвенного покрова

Ранее для изученного региона были известны лишь контрастные криогенные микроструктуры, а между понятием «криогенная микроструктура почвенного покрова» и

«криогенный комплекс» зачастую ставился знак равенства [Атлас Арктики, 1985]. Действительно, большинство из рассмотренных микроструктур обнаруживают высокую контрастность компонентов. В первую очередь она реализуется за счет:

- криогенных трещин и/или пятен (трещинно-полигональные, трещинно-конвективные и кольцевые КМС);
- корразионных пятен (спорадически-пучинно-пятнистые и полосчатые КМС);
- почв бугорков: более торфяных и/или более глеевых (пучинно-бугорковатые КМС)

При этом контрастность чаще всего связана с различиями в составе органических горизонтов (полосчатые, кольцевые, спорадически-пучинно-пятнистые и трещинно-конвективные КМС), реже – минеральными (западинковые и спорадически-пучинные КМС), или обоими: органическим и минеральным горизонтами (трещинно-полигональные КМС). Пучинно-бугорковатые КМС можно отнести ко всем трем группам.

Слабоконтрастные микроструктуры почвенного покрова

На основании сопоставления набора диагностических горизонтов и признаков в почвах – компонентах микроструктур – было выявлено, что компоненты некоторых пучинно-бугорковатых, крупнополигональных и спорадически-пучинных микроструктур отличаются лишь на уровне отдельных признаков и, следовательно, в терминах теории СПП, такие КМС являются пятнистостями. Так, среди пучинно-бугорковатых микроструктур описаны следующие слабоконтрастные микроструктуры:

- 1) пятнистость *криометаморфической грубогумусированной почвы* фона и *криометаморфической глееватой грубогумусированной почвы* бугорка (Рисунок 5.1.3 а);
- 2) пятнистость *торфяно-криозема* фона и *торфяно-криозема деструктивного* бугорка (Таблица Б14, разрез Н2001);
- 3) пятнистость *торфяно-глеезема* фона и *торфяно-глеезема деструктивного* бугорка (Таблица Б12, разрез К2222)
- 4) пятнистость *подбура криометаморфического фона* и *подбура криометаморфического грубогумусированного бугорка* (Таблица Б5, разрез К1811, К1909).

Пятнистости 2 и 3 сформированы на молодых поверхностях: днище хасырея, низкой озерной террасе. Горизонты бугорка в этих структурах идентичны горизонтам между бугорками, что указывает на их общий генезис в одинаковых условиях. После начала процессов пучения и формирования бугорка, началась деструкция торфа в горизонтах, оказавшихся в более

дренированных условиях. Таким образом, почвы бугорков начали трансформироваться в новых условиях, но еще близки по свойствам к исходной фоновой почве, что определяет низкую контрастность молодых пучинно-бугорковых микроструктур.

Крупнополигональную микроструктуру, состоящую из *подбура оподзоленного криотурбированного* полигона и *подзола криотурбированного* ложбины между блоками (Рисунок 5.1.7 а), следует считать также слабоконтрастной, так как отличие между почвами заключается в выраженности подзолистого горизонта. К пятнистости следует отнести и крупнополигональную микроструктуру с мелкими полигонами на блоках, состоящую из подзола криотурбированного полигона и его же стратифицированного – в ложбине между полигонами (Рисунок 5.1.7 б).

Возможность прогноза контрастности по ландшафтным признакам

Стоит отметить, что описанные слабоконтрастные микроструктуры обладают тем не менее выраженным микрорельефом, в то время как ряд микроструктур с контрастным почвенным покровом характеризуется сглаженным микрорельефом поверхности (трещинно-полигональные, конвективные). Контрастность почвенного покрова более заметно отражается в неоднородности растительного покрова (Таблица 5.2.1). Однако и из этого правила есть исключения: ложбины между блоками – слабоконтрастные в почвенном покрове – заметно отличаются уменьшением доли лишайников, а контрастные спорадически-пучинные микроструктуры, напротив, не показывают заметной связи между распределением почв и растительности.

Таблица 5.2.1 – Возможность прогноза контрастности по характеру поверхности

Ландшафтный маркер (характер поверхности)	Пример микроструктуры	Контрастность микроструктур
Пятна голого грунта или растительности (при выровненном микрорельефе)	• <i>Спорадически-пучинно-пятнистая</i> • <i>Кольцевая</i>	Только комплексы (контрастные КМС)
Полигоны <10 м	• <i>Трещинно-конвективная,</i> • <i>Трещинно-полигональная</i>	
Западинки	• <i>Западинковая</i>	
Полосы	• <i>Полосчатая</i>	
Выраженный микрорельеф	• <i>Пучинно-бугорковая,</i> • <i>Спорадически-пучинные,</i>	И комплексы, и пятнистости
Крупные полигоны >10 м	• <i>Крупнополигональные</i>	

Положение в ландшафте

Факторы формирования морфотипа

Формирование того или иного морфотипа КМС, как определенного расположения морфонов, в первую очередь происходит под действием криогенных деформаций, которые определяются режимом промерзания и оттаивания, а также увлажнения, что, в свою очередь, зависит от положения в рельефе и состава почвообразующих пород, обладающих различной тепло- и влагопроводностью. При этом важна не только форма поверхности, на которой формируется КМС, но и наличие или отсутствие в непосредственной близости эрозионного вреза или иной крупной отрицательной формы, в которую зимой может сдуваться снег. Его отсутствие на поверхности почвы приводит не только к контрастным колебаниям температуры и более глубокому промерзанию, но и создает возможность для развития ветровой корразии. В связи с этим именно факторы рельефа и состава почвообразующих пород были выбраны для анализа распространения рассмотренных КМС (Таблица 5.2.2). Растительность как фактор формирования КМС не рассматривается, поскольку сама по себе находится в большой зависимости от тех же факторов.

Таблица 5.2.2, в которой отражено положение морфотипов в факторном пространстве, была заполнена исходя из полевых описаний микроструктур и их положения в ландшафте, а также с учетом предполагаемых условий формирования морфотипа. Так, крупнополигональные КМС были описаны как на плоских поверхностях, так и на холме с выпуклой поверхностью и крутизной склонов до 5°. Отсюда следует, что по всей видимости, крупнополигональные микроструктуры могут формироваться и на склонах с меньшей крутизной, однако такие формы рельефа не представлены на изученной территории. Для формирования пучинно-бугорковых микроструктур необходимо достаточное количество влаги, которая при замерзании обеспечивала бы выпучивание грунта. В связи с этим можно предположить, что на супесчаных и двучленных отложениях они будут формироваться и в более увлажненных позициях, чем были описаны в поле.

Из таблицы 5.2.2 следует, что экологические ниши некоторых типов микроструктур пересекаются. В некоторых случаях причиной могут быть климатические различия: например, полосчатые КМС описаны на Колгуеве, а в тех же условиях на Болванском полуострове формируются уже трещинно-полигональные КМС, характерные для более континентального климата. Нельзя исключить и недостаточную учтенность других факторов: влияния растительности и свойств почв, полигенетичности самих микроструктур.

Таблица 5.2.2 – Литолого-геоморфологическая приуроченность морфотипов криогенных микроструктур почвенного покрова

Рельеф	Почвообразующие породы			
	Суглинки средние и тяжелые	Опесчаненные суглинки и супеси	Пески	Двучленные отложения
<i>Выпуклые вершины холмов до 5°</i>	З, К ¹	—	КП*	—
<i>Выпуклые вершины холмов до 3°</i>	ТП, П	—	КП?***	—
<i>Выпуклые участки склонов до 2-3°</i>	ТП, К ²	ПБ, К ²	КП?	
<i>Водораздельные поверхности с уклоном до 1°</i>	К ³	ПБ	КП	СП
<i>Ровные и вогнутые склоны до 2°</i>	ПБ, З	ПБ?	—	ПБ, СП
<i>Плоские слабодренированные поверхности; Нижние части склонов; Ложбины</i>	ПБ	ПБ?	ПБ	ПБ?
<i>Прибровочные поверхности</i>	СПП, З, ТК	ТК, СПП?	СПП	
Разнообразие КМС на данном типе отложений	7	≥ 3	3	2

Примечание. Морфотипы криогенных микроструктур:

З – западинковый;

К – кольцевой;

К¹ – группы отдельно расположенных 2-4 колец;

К² – кольца образуют сплошные скопления;

К³ – разреженные скопления без пятен в центре;

КП – крупнополигональный;

П – полосчатый;

ПБ – пучинно-бугорковый;

СП – спорадически-пучинный;

СПП – спорадически-пучинно-пятнистый;

ТК – трещинно-конвективный;

ТП – трещинно-полигональный.

* Красным выделены микроструктуры, которые могут быть слабоконтрастными

** Со знаком вопрос указаны микроструктуры, которые не были описаны в данных условиях, но предположительно могут в них формироваться

Для дальнейшего анализа здесь важно отметить, что разнообразие морфотипов КМС, формирующихся на тяжелых отложениях, заметно выше, чем на легких породах (Таблица 5.2.2). Помимо этого, почти все микроструктуры на суглинках обладают высокой контрастностью, в то время как большая часть микроструктур, формирующиеся на песках, могут проявлять слабую контрастность.

Факторы, определяющие состав КМС

Криогенные деформации (пучение, растрескивание, солифлюкция и т.д.) приводят к неоднородности почвенного покрова, нарушая горизонтальное залегание уже сформированных почвенных горизонтов, либо дифференцируя условия их формирования и трансформации. Наличие тех или иных почвенных горизонтов определяется условиями, в которых формируется почва. При этом факторы внешней среды независимо определяют как тип криогенных деформаций, так и направление почвообразовательных процессов. При этом чувствительность к

конкретным параметрам у различных процессов разная. Так, если при общей влажности территории развиваются процессы пучения, то далеко не всегда это ведет к оглеению почвенного профиля или формированию торфяного горизонта. Криогенные деформации (на нашем уровне рассмотрения) более универсальны и менее чувствительны к условиям среды, чем почвообразовательные процессы, которые зависят от сочетания большего числа факторов.

Из таблицы 5.2.2 следует, что одни морфотипы имеют широкий диапазон условий формирования, а другие проявляют более узкую литолого-геоморфологическую приуроченность: их распространение ограничено определенным типом отложений, или положением в рельефе, или сочетанием обоих факторов. Следовательно, разнообразие возможных почвенных комбинаций, реализуемых для одного морфотипа КМС определяется тем, насколько широк диапазон условий его формирования. Чем шире этот диапазон – тем больше разных почвообразовательных процессов может реализоваться в его пределах, и тем больше вариантов состава для одного морфотипа мы можем наблюдать.

Рассмотрим микроструктуры в зависимости от широты их ареала и разнообразия вариантов состава.

Формирование *полосчатого, трещинно-полигонального, трещинно-конвективного и кольцевого* морфотипа лимитировано по почвообразующим породам (суглинки) и по рельефу (автономные позиции различной степени дренированности). Это определяет то, что входящие в их состав почвы будут представлены характерными для данной территории типами суглинистых автоморфных почв.

Для формирования *спорадически-пучинно-пятнистых микроструктур* необходимо положение в очень дренированной позиции рельефа, следовательно, почвообразование тоже ограничивается этим параметром: это исключает возможность формирования гидроморфных почв, однако остается возможным формирование практически любых автоморфных почв, поскольку ограничения по типу почвообразующих пород нет.

Крупнополигональные КМС приурочены к песчаным отложениям и автоморфным позициям, что ограничивает возможный набор почв, входящих в их состав, подзолами, подбурами оподзоленными и псаммоземами.

Западинковые КМС описаны в разных элементах рельефа (от ровных поверхностей до выпуклых склонов), но исключительно на суглинистых породах. Несмотря на литологическое ограничение, различия в условиях увлажнения и дренажа внутри этого ареала создают предпосылки для формирования широкого по степени гидроморфизма ряда почв.

Пучинно-бугорковые КМС имеют наиболее широкий ареал: они описаны на всех типах пород и в довольно широком диапазоне условий увлажнения и дренированности. Соответственно, их состав имеет наибольшую вариабельность.

Выводы

Таким образом, связь между морфотипом КМС и его почвенным составом опосредована через широту литолого-геоморфологического ареала формирования данного морфотипа. Узкая приуроченность ограничивает набор почвообразовательных процессов, приводя к однообразию состава; широкий диапазон условий, напротив, допускает различные комбинации почв. Это свидетельствует о том, что криогенные деформации, задающие морфотип, и почвообразовательные процессы, формирующие почвенные горизонты, в значительной степени независимы, а их совместное проявление определяется тем, насколько условия конкретной территории допускают их сочетание.

Характер генетической связи между компонентами

Как было отмечено выше, между понятием «криогенная микроструктура почвенного покрова» и «криогенный комплекс» зачастую ставился знак равенства [Атлас Арктики, 1985]. В рамках теории СПП для комплексов по определению характерна генетическая общность почвенных профилей, то есть почвы в составе микроструктуры взаимно обусловлены в своем развитии [Фридланд, 1972b, с. 68]. Проведенный анализ разнообразия микроструктур почвенного покрова показывает, что характер генетической связи между компонентами, как классификационными единицами, варьирует (Таблица 5.2.3).

Таблица 5.2.3 – Группы микроструктур почвенного покрова, в зависимости от выраженности генетической связи между компонентами

«Истинные» комплексы и пятнистости	Микроструктуры с односторонней генетической связью
1. Трещинно-полигональные 2. Трещинно-конвективные 3. Полосчатые 4. Пятно с кольцом в кольцевых КМС 5. Некоторые пучинно-бугорковатые	<u>Фоновая почва с дырчатым ЭПА:</u> 1. Некоторые пучинно-бугорковатые 2. Спорадически-пучинно-пятнистые 3. Западинковые 4. Кольцевые
	<u>Фоновая почва оконтурена почвой 2:</u> • Крупнополигональные

Микроструктуры почвенного покрова с односторонней генетической связью

В ряде случаев в составе КМС можно выделить так называемую «фоновую» почву, профиль которой сформировался до появления и, соответственно, без влияния второй почвы.

Такая почва отражает состояние почвенного покрова, которое существовало бы на данном участке без появления вкраплений новой почвы. Строение ее профиля соответствует таковому в почвах соседних однородных участках почвенного покрова. Таким образом, в микроструктурах, в составе которых можно выделить фоновую почву, наблюдается односторонняя генетическая связь: одна почва является «прародителем» другой, сформировавшейся позже на её основе (то есть почва 1 оказывает влияние на генезис почвы 2), но при этом обратное влияние (генетическая связь) отсутствует: набор генетических горизонтов в первой почве принципиально не изменился после формирования новой почвы 2.

В почвенном покрове такой механизм образования микроструктуры реализуется в следующих случаях:

- 1) в *пучинно-бугорковых микроструктурах*, где на фоне почвы нулевой поверхности развиваются молодые почвы бугорков;
- 2) в *спорадически-пучинно-пятнистых*, в которых среди фоновой почвы встречаются вкрапления корразионных пятен;
- 3) в *западинковых*, характеризующихся локальными включениями почв западинок;
- 4) в *кольцевых*, где на фоне основной почвы встречаются комбинации почв пятен и кольцевых валиков;
- 5) в *крупнополигональных микроструктурах*, где фоновой и неизменённой является почва полигона, а почвы трещин оконтуривают её.

Таким образом, генетическая связь в данных микроструктурах слабая и скорее односторонняя, но при этом между компонентами существует геохимическая связь, обусловленная общностью срединных горизонтов и вероятным воздушным переносом вещества на небольшие расстояния (сдувание материала с корразионных пятен; заполнение западинок). Такие микроструктуры нельзя отнести к комплексам или пятнистостям, а видимо, следует считать микро-сочетаниями и микро-вариациями или микро-мозаиками и микро-ташетами в зависимости от степени выраженности связи и контрастности между компонентами [Горячкин, 2010, с. 232].

«Истинные» комплексы и пятнистости

В остальных случаях микроструктуру можно рассматривать как единое целое образование, сформировавшееся в условиях действия криогенных деформаций. В таких микроструктурах нельзя выделить почву, которая существовала бы независимо от процессов криоморфогенеза. Здесь наблюдается двусторонняя генетическая связь между профилями, выражающаяся в перераспределении вещества и влиянии микрорельефа на свойства почв. Для таких микроструктур характерна генетическая общность почвенных профилей. К данной группе

относятся *трещинно-полигональные*, *трещинно-конвективные* и *полосчатые* микроструктуры, комплекс криогенного пятна и кольцевого валика в *кольцевых* КМС и отдельные варианты пучинно-бугорковатых микроструктур (Таблица 5.2.3).

Поскольку все почвы в таких «классических» микроструктурах сформировались под влиянием друг друга и локальных факторов, то они могут заметно отличаться от «зональных» почв своего района, сформировавшихся вне почвенных комплексов.

5.3. Уточнение списка и типизации криогенных микроструктур почвенного покрова, встречающихся на территории подзоны типичных тундр ЕТР

Среди рассмотренных криогенных микроструктур только пучинно-бугорковатые и трещинно-полигональные ранее считались характерными для европейских типичных тундр [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988], хотя в литературе можно найти упоминание и крупнополигональных форм микрорельефа [Игнатенко, 1979]. Теперь же список КМС, встречающихся в данном регионе, заметно расширен как за счет микроструктур, ранее описанных в других районах Арктики (полосчатые и спорадически-пучинно-пятнистые КМС), так и впервые выделенных как самостоятельные морфотипы (Таблица 5.3). Следует отметить, что микроструктуры, входящие в последнюю группу, почти все уже были описаны под другими названиями (или без них) в разных районах Арктики, однако не были охарактеризованы как самостоятельный морфотип КМС или не были отнесены к одному из ранее выделявшихся.

Таблица 5.3 – Микроструктуры почвенного покрова, выделенные в подзоне типичных тундр ЕТР и места их предшествующего описания, согласно литературным источникам

Микроструктуры почвенного покрова	Места предыдущего описания, согласно литературным и картографическим источникам
<i>Микроструктуры, ранее выделявшиеся на территории европейских типичных тундр</i>	
Пучинно-бугорковатые	• Приведены на почвенных картах как основные и сопутствующие компоненты [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988]; • Описаны на севере Большеземельской тундры [Игнатенко, 1979]; • Описаны в более южных районах Европейского Севера
Трещинно-полигональные	• Приведены на почвенных картах как основные и сопутствующие компоненты [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988]; • Описаны на о. Вайгач [Игнатенко, 1979]
Крупно-полигональные	• Описаны на севере Большеземельской тундры, в бассейне р. Коротаихи [Игнатенко, 1979]; • Основное распространение имеют на Севере Восточной Сибири [Атлас Арктики, 1985]; • Крупноблочные нанобугорковатые КМС приведены на почвенной карте как сопутствующие микроструктуры на востоке Кольского п-ова [Атлас Арктики, 1985]

Продолжение таблицы 5.3

<i>Микроструктуры, ранее описанные в других районах Арктики</i>	
Спорадически-пучинно-пятнистые	• Выделяются на почвенных картах на севере Кольского п-ова [Атлас Арктики, 1985] и севере Западной Сибири [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988]; • Описаны в районе города Воркута, в подзоне южных тундр [Иванова, Полынцева, 1952]
Полосчатые	• Описаны на равнинах Новой Земли [Горячкин, 2010]
<i>Микроструктуры, впервые выделенные и охарактеризованные как отдельный морфотип</i>	
Кольцевые	• Описаны геоботаниками на о. Колгуев как пятнистые тундры [Богдановская-Гиенэф, 1938; Смирнова, 1938; Лавриненко, Лавриненко, 2018]
Спорадически-пучинные	• Описаны как бугорковатые комплексы в более южных районах Европейского Севера [Игнатенко, 1972b; Van Vliet-Lanoe, Seppala, 2002]
Трещинно-конвективные	• Выделялись как трещинно-нанополлигональные в районе западного Таймыра [Атлас Арктики, 1985, с. 118]; • Описаны в районе пос. Диксон [Матвеева, 1998]; • Описаны как нанополлигональный комплекс на Севере Восточной Сибири [Губин, Лупачев, 2008]; • Описаны как почвы несортированных кругов (non-sorted circles) на Севере Аляски [Ping et al., 2017]
Западинковые	Ранее не выделялись

ГЛАВА 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АВТОНОМНЫХ ПОЗИЦИЙ ТИПИЧНЫХ ТУНДР

В предыдущих главах были описаны компоненты почвенного покрова: почвы и криогенные микроструктуры. В данной главе на примере ключевых участков показано как они сочетаются в почвенном покрове в различных ландшафтах.

6.1. Почвенный покров ключевых участков

Для анализа закономерностей распространения микроструктур, а также для проверки представлений о всеобщей комплексности почвенного покрова тундр были составлены карты почвенного покрова ключевых участков.

Ключевой участок КН (возвышенная часть острова Колгуев)

Ключевой участок КН характеризует ландшафт наиболее возвышенной части острова Колгуев: холмистую равнину, часто рассеченную глубокими эрозионными врезами, соединяющими многочисленные термокарстовые озера. Небольшие повторяющиеся холмы имеют правильную округлую форму с диаметром 100 м и выпуклую поверхность со склонами 2–4° и более на бровках эрозионных врезов (Рисунок 6.1.1). Холмы более или менее четко разделены сетью неглубоких (до 1 м) ложбин, имеющих, очевидно, более древнее происхождение, чем современная эрозионная сеть, врезающаяся на глубину 5–10 м.

Непосредственно ключевой участок расположен на юго-западном макросклоне возвышенности, на абсолютных отметках 100–110 м (69.1949°N, 48.9198°E). Почвообразующими породами служат характерные «серые» суглинки.

В автономных позициях формируются криометаморфические почвы с большей или меньшей выраженностью процесса аккумуляции грубого гумуса и, местами, со слабыми признаками оглеения в верхней части профиля. Этот слабоконтрастный почвенный покров осложнен формированием криогенных комплексов: западинковых, спорадически-пучинно-пятнистых, полосчатых и кольцевых (Рисунок 6.1.2). Причины, определяющие формирование того или иного комплекса, установить не удалось – все они приурочены к выпуклым, хорошо дренированным поверхностям холмов.

При формировании комплекса одна из почв в его составе соответствует по строению фоновой криометаморфической грубогумусированной почве (строение профиля: O-Wao-B(g)-

CRM). Так, для западинковых микроструктур характерно вкрапление глееземов западинок в неизменную фоновую почву, для кольцевых – почвы пятна и дерново-криометаморфической почвы валика. В полосчатых микроструктурах фоновой почве соответствует почва полосы, а почва ложбинки представлена почвой с перегнойно-торфяным минеральным горизонтом и бесструктурным слабо оглеенным горизонтом под ним. В спорадически-пучинных пятнистых микроструктурах почва между пятнами отличается выраженными криотурбациями, но в остальном воспроизводит строение фоновой почвы.

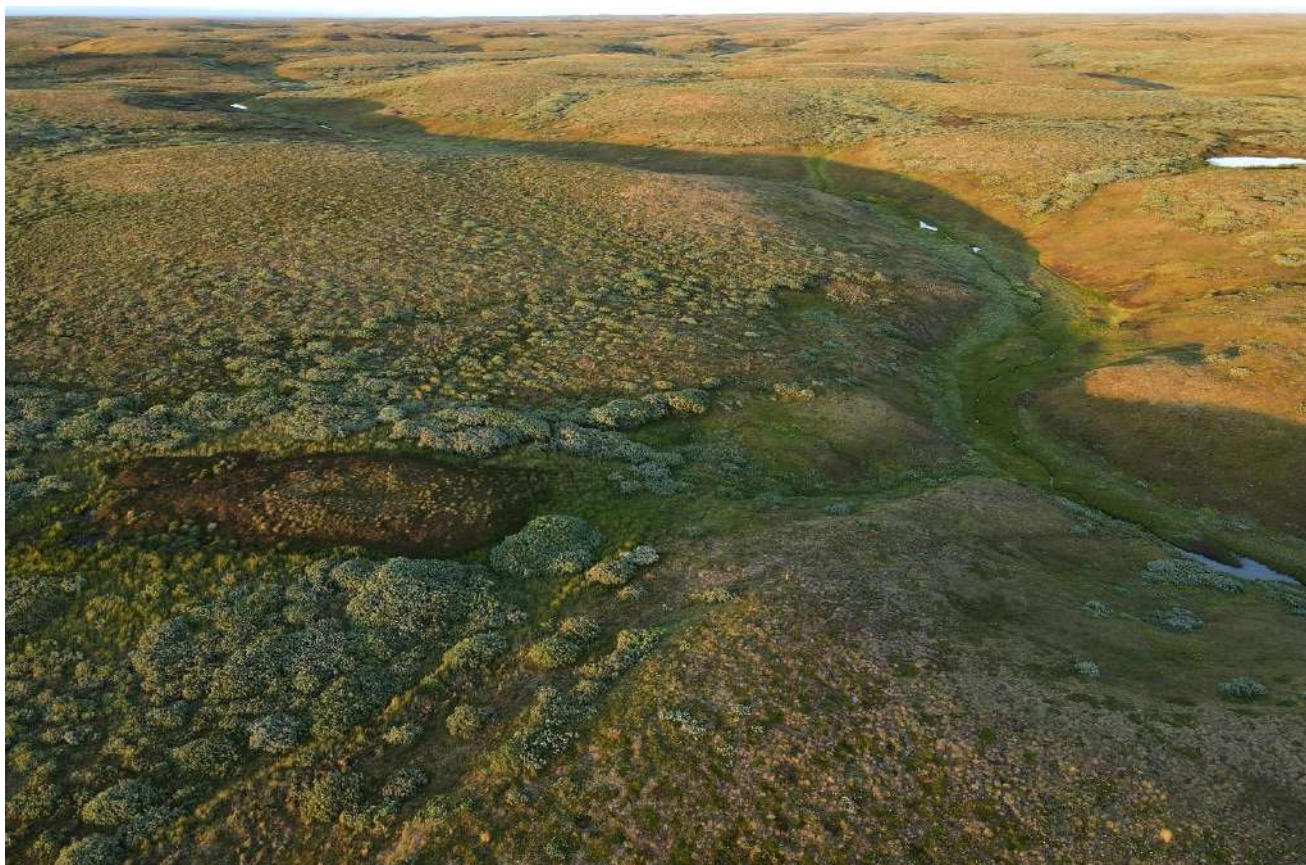
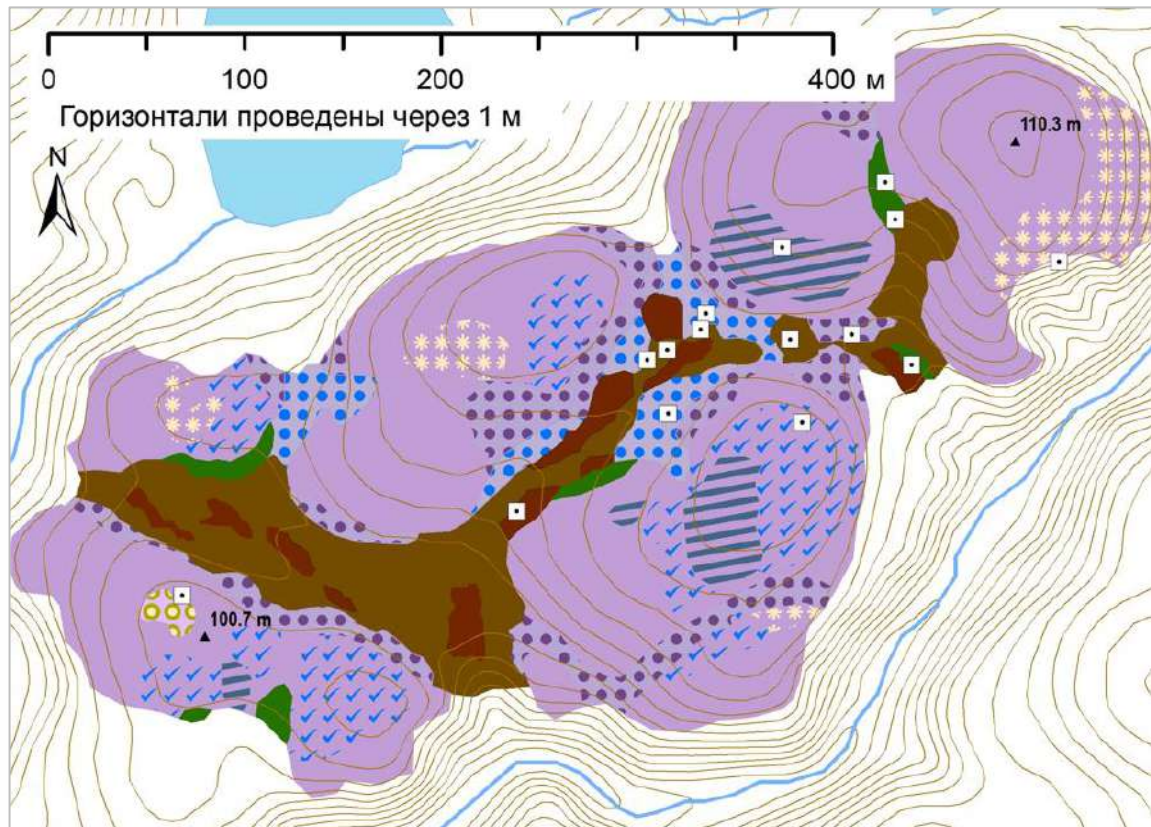


Рисунок 6.1.1 – Ландшафт центральной возвышенной части острова Колгуев, южная часть ключевого участка КН

Холмы разделяются неглубокими ложбинами разного порядка: наименьшие из них, едва заметные в рельефе – отмечают границу между соседними холмами и наклонены по склону, более выраженные – разделяют группы холмов и имеют плоское заболоченное днище, шириной 30-50 м. Те ложбины, которые имеют заметный уклон тальвега, а также нижние участки склонов, примыкающие к крупным ложбинам, заняты пушицевыми кочкарниками и бугорковатым микрорельефом. Кочкарники представляют типичный для всего региона экотоп, для которого характерны торфяно-глееземы деструктивные мерзлотные с характерным профилем почвы O-Tmd-G-G.L.



ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

-  ЭПА криометаморфических грубогумусированных почв, местами глееватых
-  Комплекс криометаморфических почв фона, дерново-криометаморфических почв валиков и криообраземов криометаморфических пятен
-  Комплекс криометаморфических почв фона и криообраземов криометаморфических пятен
-  Комплекс криометаморфических почв фона и глееземов западинок
-  Комплекс криометаморфических почв полос, криообраземов криометаморфических пятен и торфяно-криоземов ложбинок
-  Пятнистость криометаморфической грубогумусированной почвы бугорка и ее же глееватой между бугорками
-  Комплекс глееземов бугорков и криометаморфических глееватых почв между бугорками
-  ЭПА торфяно-глееземов деструктивных мерзлотных
-  ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
-  ЭПА торфяных мезотрофных почв

ТИПЫ МИКРОСТРУКТУР

-  Кольцевой
-  Западинковый
-  Пучинно-бугорковатый
-  Полосчатый
-  Спорадически-пучинно-пятнистый

Прочее:

-  Разрезы и прикопки
-  Озера
-  Ручьи

Рисунок 6.1.2 – Карта почвенного покрова ключевого участка КН

Под бугорковатым микрорельефом были описаны микроструктуры с разным составом и контрастностью: 1) слабоконтрастная комбинация криометаморфической грубогумусированной почвы бугорка и криометаморфической грубогумусированной глееватой почвы между бугорками – приурочена к более дренированным условиям нижней части склона; 2) контрастная комбинация глеезема грубогумусированного бугорка и криометаморфической глееватой почвы между бугорками – приурочена к более выположенному участку, переходному к днищу ложбины. Таким образом, основное отличие заключается в почве бугорка, в то время как почва фона отличается заметно слабее.

Плоские днища более широких ложбин между холмами заняты осоковыми сообществами, под которыми была описана почва с торфяным горизонтом мощностью 40 см, ниже которого залегал глеевый горизонт. Кроме того, в крупных ложбинах присутствуют мерзлые торфяные бугры, характерные для всей тундровой зоны. Для них свойственны *торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы* с профилем O-TOmd-TO-TTL.

По карте почвенного покрова ключевого участка (Рисунок 6.1.2) был рассчитан состав почвенного покрова автономных поверхностей (Таблица 6.1.1).

Таблица 6.1.1 – Состав почвенного покрова автономных позиций ключевого участка КН

Морфотип КМС / ЭПА	Площадь, %
Западинковый (комплекс)	14%
Спорадически-пучинно-пятнистый (комплекс)	7%
Пучинно-бугорковатый (комплекс)	5%
Полосчатый (комплекс)	6%
Кольцевой (комплекс)	<1%
Пучинно-бугорковатый (пятнистость)	12%
ЭПА	56%

Ключевой участок В (полуостров Болванский)

Ключевой участок В расположен на Болванском полуострове (68.2891°N, 54.5022°E), на высотах 20–30 м над уровнем моря, в непосредственной близости от Печорской Губы. Рельеф территории слаборасчленённый, представлен чередованием пологих гряд и холмов неправильных форм, разделенных неглубокими ложбинами и депрессиями, занятыми торфяниками или озерами (Рисунок 6.1.3). Склоны имеют преимущественно выпуклую форму с уклонами поверхности 1–4°. Поверхность холмов сложена преимущественно валунными суглинками, которые фациально сменяются супесями. Некоторые холмы с поверхности полностью сложены песчаными отложениями. На фоне пологих холмов и гряд выделяются

холмы с более крутыми склонами до 5° , сложенные чередованием щебнистых песков и опесчаненных суглинков. Такие холмы выделяются своей формой и большей высотой, что делает их похожими на камы.



Рисунок 6.1.3 – Ландшафт ключевого участка В (Болванский полуостров)

Для почв Болванского полуострова в целом характерен мощный органический горизонт, что отчасти может быть связано с тем, что данная территория не используется как оленье пастбище. Кроме того, для песчаных почв характерна слабая дифференциация профиля по содержанию железа и алюминия.

Преобладающим типом отложений являются валунные суглинки, на которых распространены трещинно-полигональные структуры. Потенциально, в этих же условиях могли бы формироваться и другие морфотипы КМС: полосчатые или кольцевые (Таблица 5.2.2), однако повсеместно присутствуют трещинно-полигональные микроструктуры, отличающиеся лишь составом и наличием пятен (Рисунок 6.1.4). Стоит отметить, что трещинно-полигональные КМС с пятном и без него можно считать разными стадиями развитиями одного морфотипа [Васильевская, Караваева, Наумов, 1993; Караваева, Полтева, 1967; Тыртиков, 1979]. Кроме того, для Болванского полуострова был показан тренд зарастания пятен с 1999 года, и особенно в интервале 2014 – 2020 год [Lavrinenko, Lavrinenko, 2022].

На супесчаных отложениях полигональная сеть уже не развита и здесь распространены криоземы, образующие однородные ареалы.

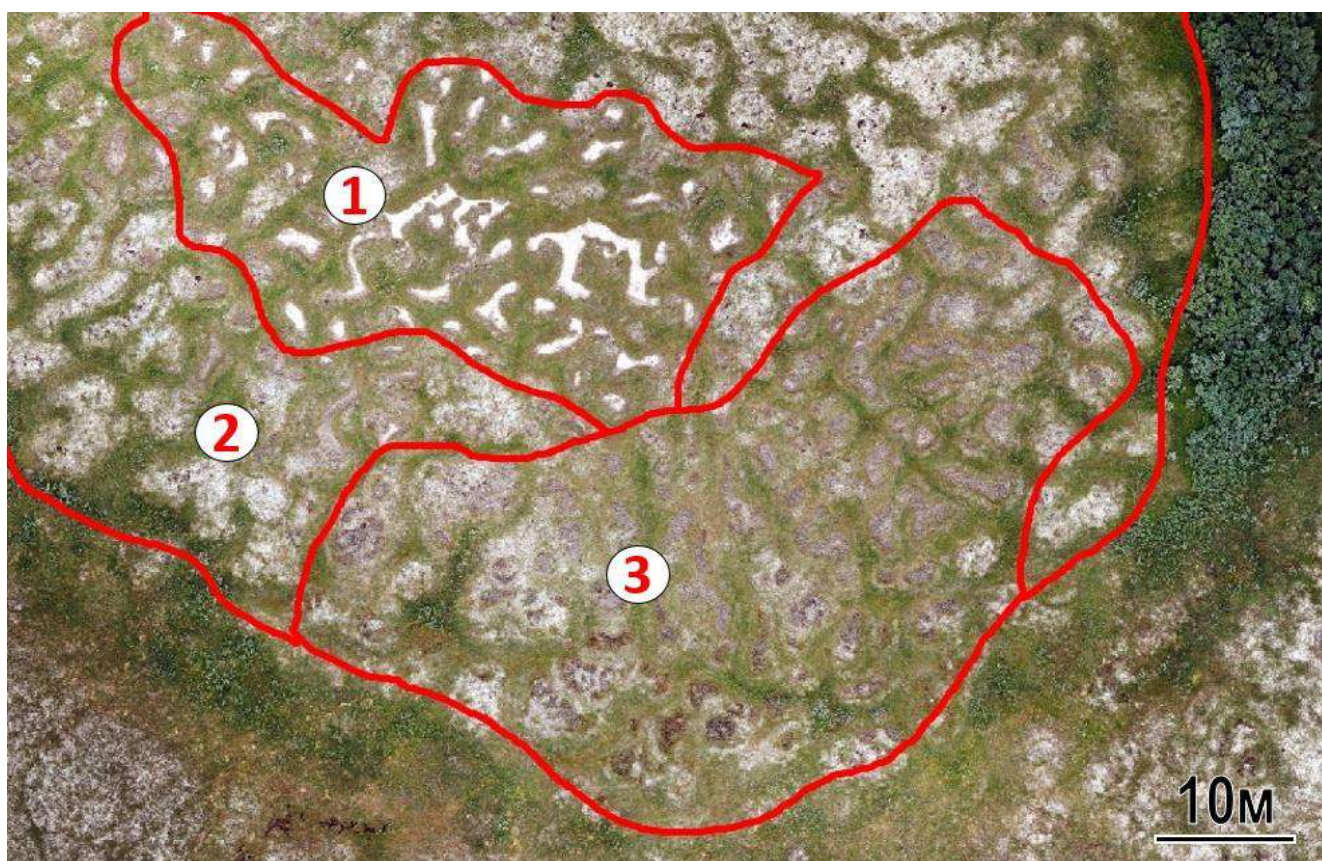


Рисунок 6.1.4 – Три варианта трещинно-полигональных комплексов на выпуклой поверхности холма: (1) комплекс торфяно-перегнойных мерзлотных почв трещин, криоземов валиков и криоабраземов пятен; (2) комплекс торфяных мерзлотных почв трещин и криоземов полигонов; (3) комплекс торфяно-перегнойных мерзлотных почв трещин, глееземов валиков и криоабраземов пятен

Поверхность отдельно стоящих холмов, сложенных песчаными отложениями, рассечена крупнопolygonальной сетью морозобойных трещин, в которых сформировался мощный торфяной горизонт. Выраженный альфегумусовой аккумуляции в почвах полигонов не наблюдается. В то же время на поверхности полигонов присутствуют небольшие криогенные пятна голого грунта, до 20 см в диаметре, покрытые тонкой коркой накипных лишайников.

Камоподобные холмы, возвышающиеся над окружающей территорией, сложены песками и опесчаненными суглинками. На первых формируются псаммоземы гумусовые, на вторых - подбуры криометаморфические.

Депрессии между холмами заняты торфяными массивами. Там, где торф деградировал, образовавшиеся ложбины заняты современными торфяно-глееземами и глееземами в днищах и по бортам ложбин.

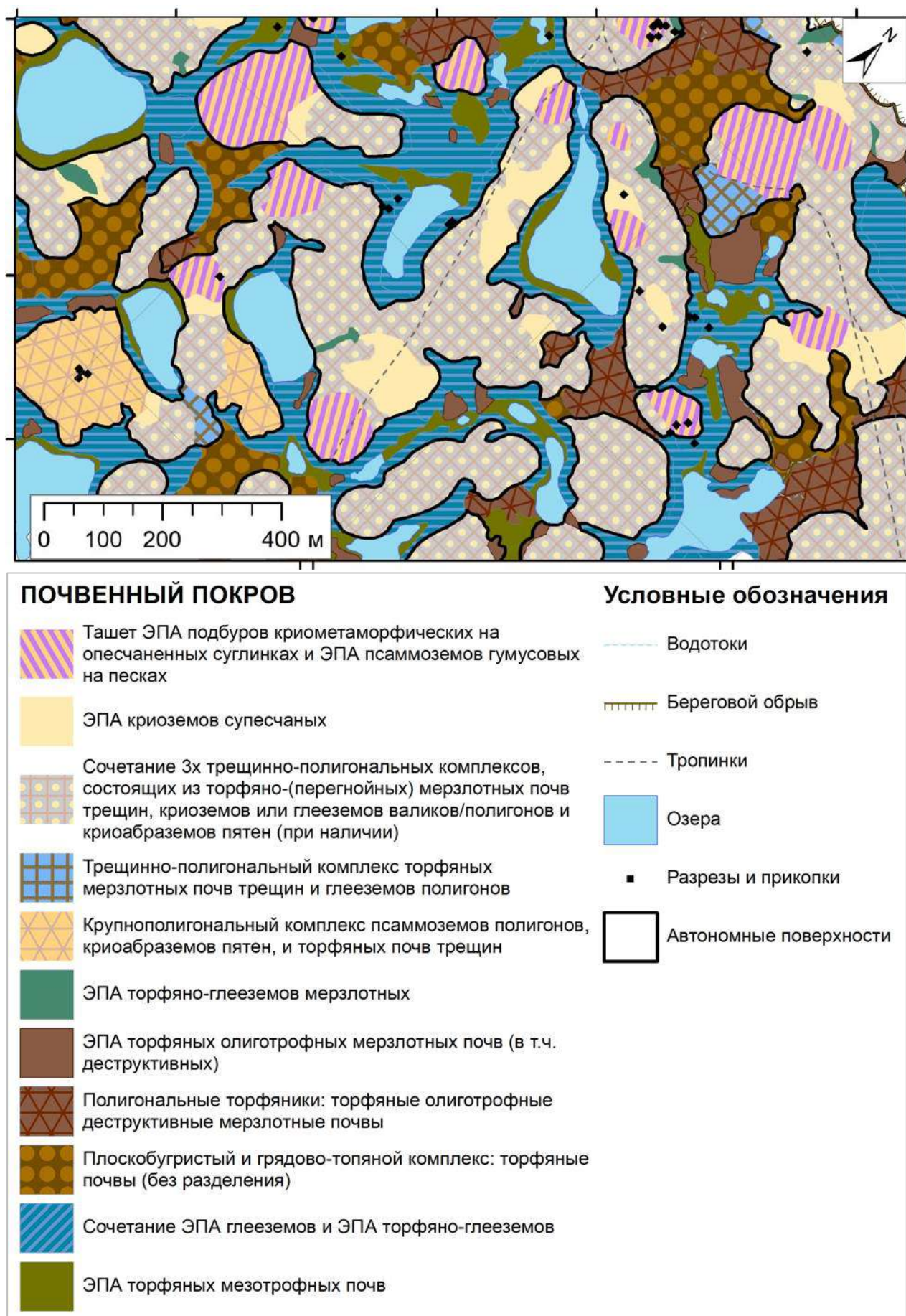


Рисунок 6.1.5 – Карта почвенного покрова ключевого участка В

На основе почвенно-ландшафтных связей (Таблица Г2) была составлена карта почвенного покрова ключевого участка в масштабе (Рисунок 6.1.5). Для автономных поверхностей был рассчитан состав почвенного покрова (Таблица 6.1.2).

Таблица 6.1.2 – Состав почвенного покрова автономных позиций ключевого участка В

Морфотип КМС / ЭПА	Площадь, %
Трещинно-полигональный комплекс (без пятен)	45%
Трещинно-полигональный комплекс	21%
Крупнополигональный комплекс	6%
ЭПА	28%

Ключевой участок КЕ (восточная часть острова Колгуев)

Ключевой участок КЕ расположен в восточной части острова Колгуев, в районе нижнего течения реки Песчанка (69°07'39"N 49°57'05"E). Характеризуемый ландшафт представляет собой террасовидную поверхность, которую пререзают широкие плоскодонные ложбины. Ключевой участок расположен на высотах 20-30 м и разделен на две части депрессией, простирающейся с СВ на ЮЗ. С севера ключевой участок ограничен долиной реки Песчанки.

Западная часть участка представлена плосковершинной поверхностью, переходящей в пологий склон крутизной до 2° (рисунок 6.1.6). На склоне присутствуют неглубокие (перепад менее 0.5 м) ложбины и выпуклые участки, что более заметно в почвенно-растительном покрове, чем, собственно, в рельефе. Их ориентация вниз по склону задает общий рисунок мезоструктуры почвенного покрова этой части ключевого участка (рисунок 6.1.7).

Восточная часть участка получила рабочее название «Геодезический холм» по находящемуся тут триангуляционному пункту. Эта часть представляет из себя вытянутый параллельно ложбине холм с выпуклой вершиной и ровным, обращенным к депрессии склоном крутизной также около 2°. Его отличительной особенностью является наличие невысокой, едва приподнимающейся на полметра гряды, протянувшейся поперек склона. Ее наличие определяет принципиально другой пространственный рисунок всего склона.

Изучение состава поверхностных отложений вдоль профиля через депрессию показало, что два противоположных склона имеют разное строение, отражающееся и в составе почвенного покрова. В западной части пески плосковершинной поверхности фациально сменяются суглинками, а затем, вниз по склону – суглинками опесчаненными. Геодезический холм сложен слоистыми отложениями, состоящими из чередования песков и суглинков, в разной степени опесчаненных: на поверхность выходят то одни, то другие.



Рисунок 6.1.6 – Ландшафт восточной части Колгуева, западная часть ключевого участка КЕ: верхняя часть склона (ближний план) и плосковершинная поверхность (средний план), река Песчанка на дальнем плане

Плоские поверхности – как водораздельные, так и находящиеся в депрессии – заняты комплексами почв мерзлых торфяных бугров и мочажин между ними. На плосковершинной поверхности в западной части ключевого участка мощность торфяного горизонта почв составляет около 30 см или чуть менее; в связи с этим почвы мочажин были классифицированы как торфяно-глееземы, бугров – как торфяно-глееземы деструктивные мерзлотные. Здесь, на плоской водораздельной поверхности также развиты кольцевые микроструктуры без пятен в центре, которые, судя по цифровой модели рельефа, приурочены к участкам со слабым уклоном поверхности 0.3-0.5°.

В депрессии, разделяющей ключевой участок на две части, мощность торфяного горизонта заметно выше – до 70 см. Здесь развито типичное плоскобугристое болото с торфяными почвами мочажин (олиготрофными и мезотрофными) и торфяными олиготрофными деструктивными мерзлотными почвами торфяных бугров.

В почвенном покрове склонов преобладают микроструктуры различных морфотипов: кольцевые, бугорковатые, западинковые и спорадически-пучинные. При этом их распространение и сочетание в почвенном покрове весьма сложное (Рисунок 6.1.7, 6.1.8). Среди них наиболее распространены пучинно-бугорковатые микроструктуры – 27% (Таблица 6.1.3),

поскольку пологие ровные склоны – являются наиболее благоприятным условием для их развития, вне зависимости от типа отложений.

На склоне Геодезического холма распространение тех или иных форм микрорельефа и типов почв определяется типом поверхностных отложений. В его верхней части на опесчаненных суглинках описаны криометаморфические почвы, которые чуть ниже по склону сменяются глееземами криометаморфическими под бугорковатым микрорельефом (почва бугорка и между бугорками различается на уровне подтипа). Далее вниз по склону широкой полосой на поверхность выходят песчаные отложения, большей или меньшей мощностью перекрывающие суглинки. Там, где их мощность незначительна, а смена происходит в пределах верхних 30-50 см, – выделяются специфические спорадически-пучинные микроструктуры, отличающиеся высокой комплексностью почвенного покрова. Здесь в пределах одной траншеи описаны глееземы криометаморфические, а также развитые в верхней песчаной толще криотурбированные подзолы и подбуры оподзоленные. Там, где мощность песчаных отложений на поверхности значительная, криогенный микрорельеф не развит и под выровненной поверхностью выделяются подбуры оподзоленные криотурбированные. Нижняя половина склона Геодезического холма занята бугорковатыми ивняково-моховыми тундрами с крупными бугорками, вытянутыми вниз по склону. В разрезе также обнаруживается литологическая неоднородность, однако воспроизводятся общие закономерности строения типичной пучинно-бугорковатой микроструктуры: глеезем криометаморфический между бугорками и глеезем бугорка, ниже по склону с торфяно-деструктивным горизонтом.

Противоположный склон в нижней своей части аналогичен склону Геодезического холма – здесь развиты пучинно-бугорковатые КМС, однако в средней и верхней части он имеет принципиально иное строение. Отличительной особенностью этого склона является широкое распространение кольцевых и западинковых микроструктур. Наибольшее сосредоточие колец с пятнами голого грунта в центре наблюдается на локально-выпуклых участках склона, однако отдельные кольца встречаются рассеяно среди бугорков в ложбинах на склоне. Повышения между ложбинами заняты торфяно-глееземами деструктивными мерзлотными. Местами деструктивный горизонт истончается и переходит в маломощный перегнойный. К таким местам приурочены западинковые структуры. Деструкция торфяного горизонта в торфяно-глееземах на повышениях, вероятно, связано с преобразованием торфа в более дренированных условиях, связанных с формированием ложбин на склонах (Рисунок 6.1.7 б).

Бровки эрозионных врезов и долин заняты трещинно-конвективными микроструктурами. Отдельные полигоны представляют из себя пятно голого грунта, окруженного валиком, вписанными в диаметр полигона. Переходные к трещинно-конвективным микроструктурам позиции заняты кольцевыми КМС.

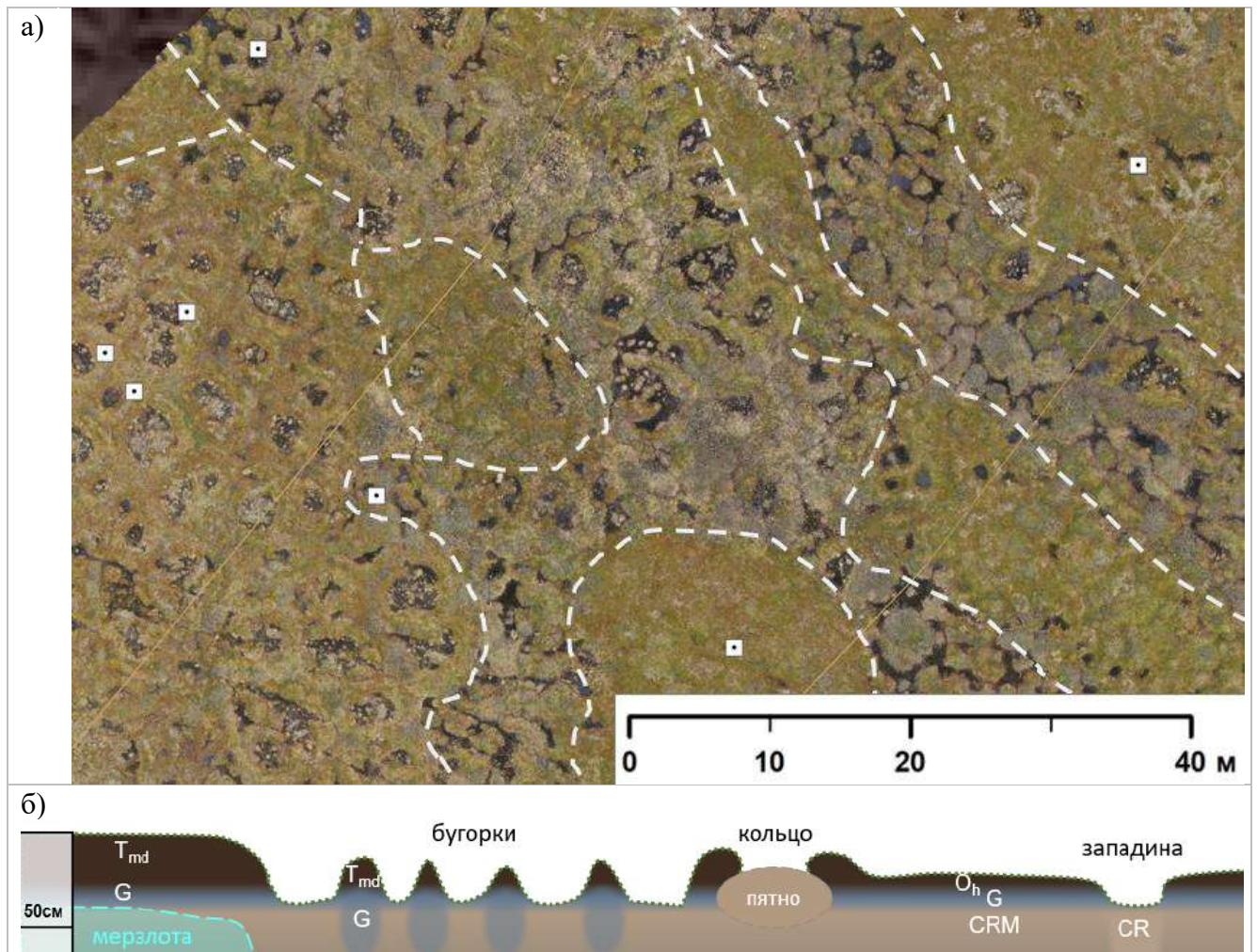


Рисунок 6.1.7 – Строение почвенного покрова склона в западной части ключевого участка КЕ (выделен желтым прямоугольником на карте (Рисунок 6.1.8): а) Аэрофотоснимок с точками разрезов и отрисованными границами комплексов; б) Модель почвенного покрова в разрезе поперек склона

На основе составлена карты почвенного покрова ключевого участка (Рисунок 6.1.8) был рассчитан состав почвенного покрова автономных поверхностей (Таблица 6.1.3).

Таблица 6.1.3 – Состав почвенного покрова автономных позиций ключевого участка КЕ

Морфотип КМС / ЭПА	Площадь, %
Пучинно-бугорковый (комплекс)	27%
Трещинно-конвективный (комплекс)	22%
Пучинно-бугорковый с кольцевыми структурами (комплекс)	19%
Кольцевой с пятнами (комплекс)	8%
Кольцевой без пятен (комплекс)	6%
Спорадически-пучинный (комплекс)	4%
Пучинно-бугорковый (пятнистость)	2%
Западинковый (комплекс)	1%
ЭПА	12%

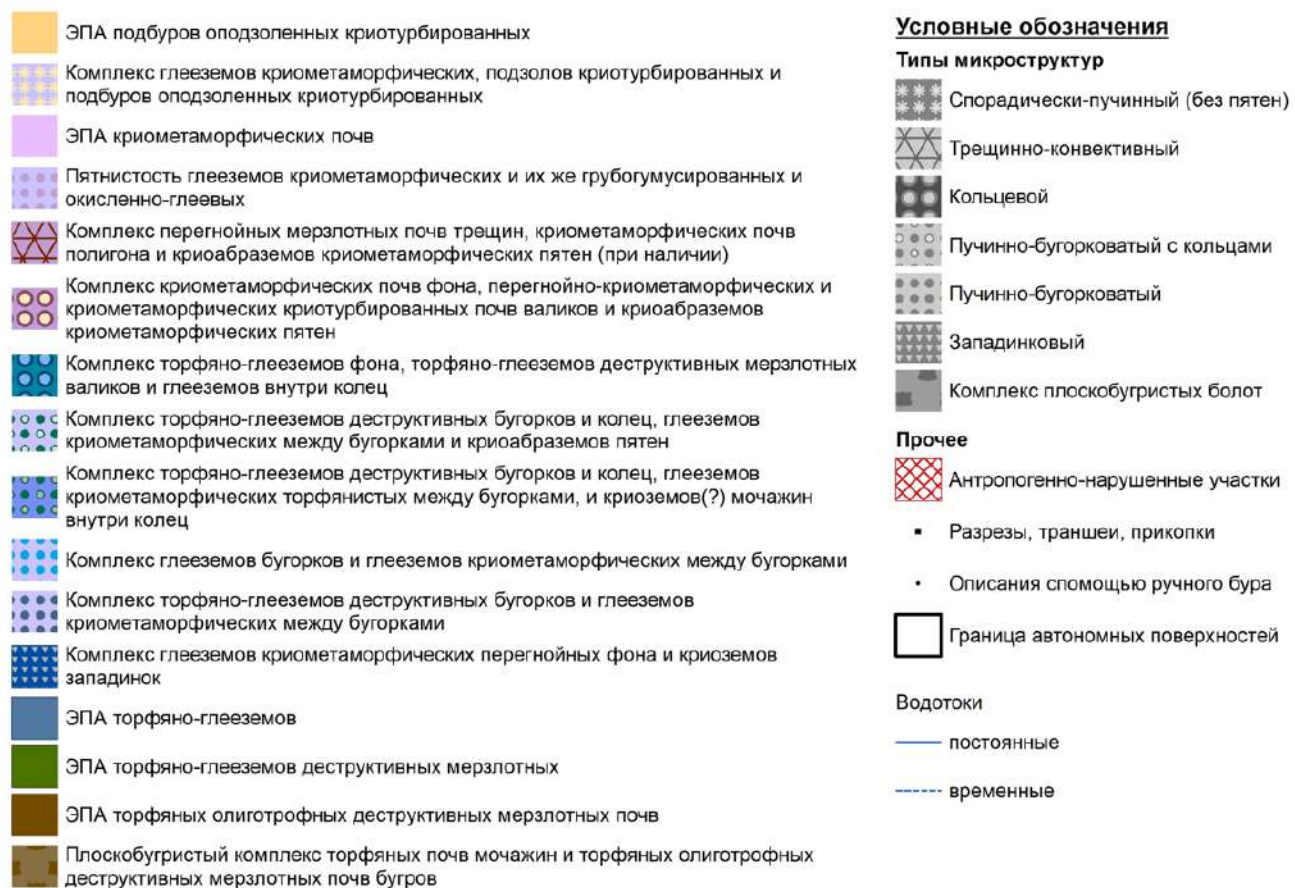
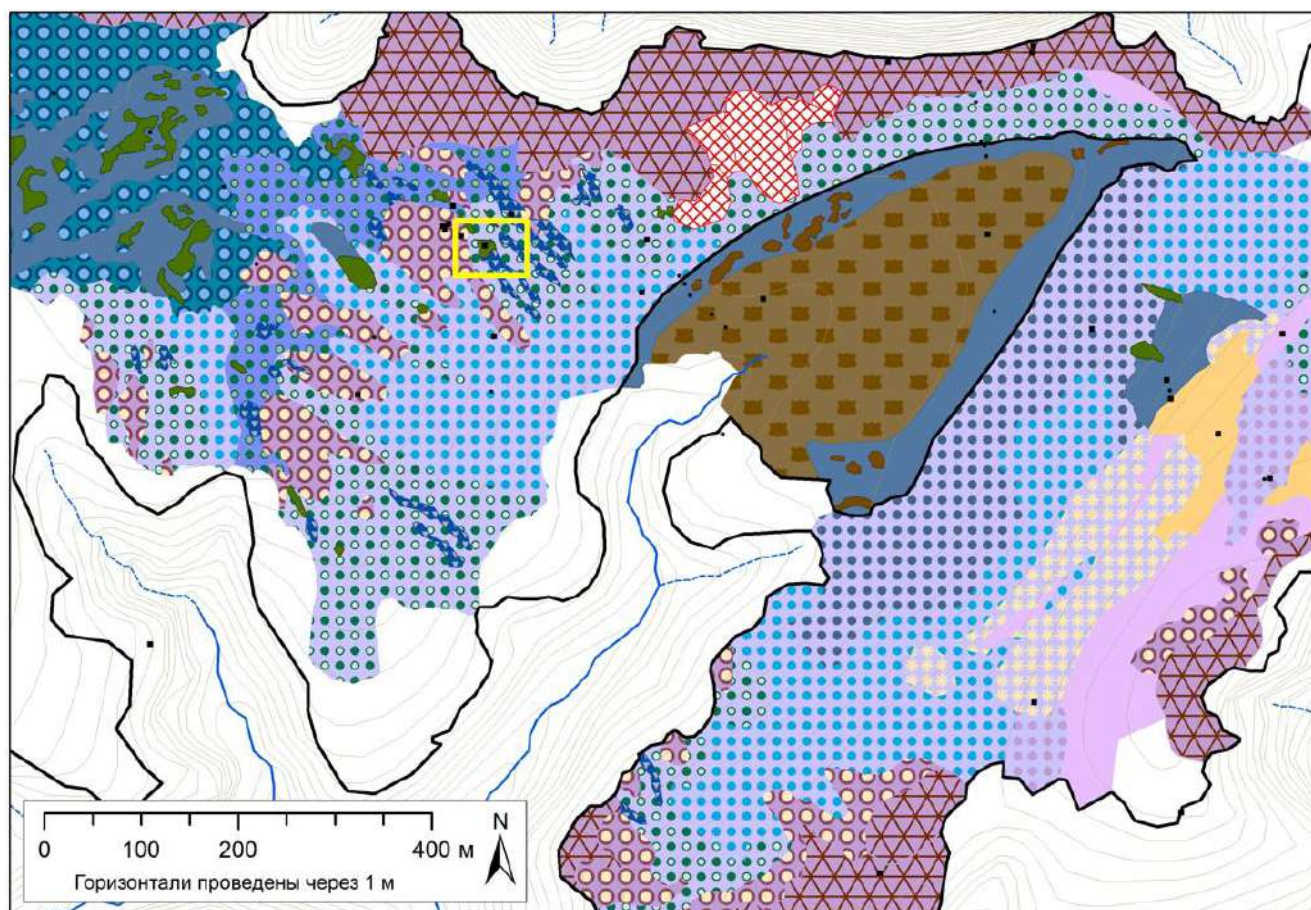


Рисунок 6.1.8 – Почвенная карта ключевого участка КЕ (восточная часть Колгуева)

Ключевой участок КС (центральная часть острова Колгуев)⁷

Ключевой участок КС площадью 1 км² расположен в центральной части острова Колгуев (69.1949°N, 48.9198°E), на пологохолмистой террасовидной равнине, с характерными геоморфологическими уровнями: 60 и 67-68 м над у.м. Почвообразующими породами выступают суглинки и, в меньшей степени, пески.

Автоморфные позиции плакоров заняты мелкобугорковатым микрорельефом с размером бугорков до 20 см в высоту и 50 см в диаметре, расположенных на расстоянии не менее метра. Фоновыми почвами межбугорковых пространств являются подбуры криометаморфические, а под бугорками – те же почвы, но грубогумусированного подтипа, так как бугорки сложены минерально-органическим материалом. Таким образом, комбинация почв относится к слабоконтрастным микроструктурам (пятнистостям), формально – пучинно-бугорковатого типа, хотя образование данных бугорков вследствие пучения не подтверждается морфологией их строения.



Рисунок 6.1.9 – Ландшафт центральной части Колгуева, южная часть ключевого участка КС. На переднем плане – выбитые лишайниково-моховые тундры на песках; темно-коричневые пятна – понижения на водораздельной поверхности

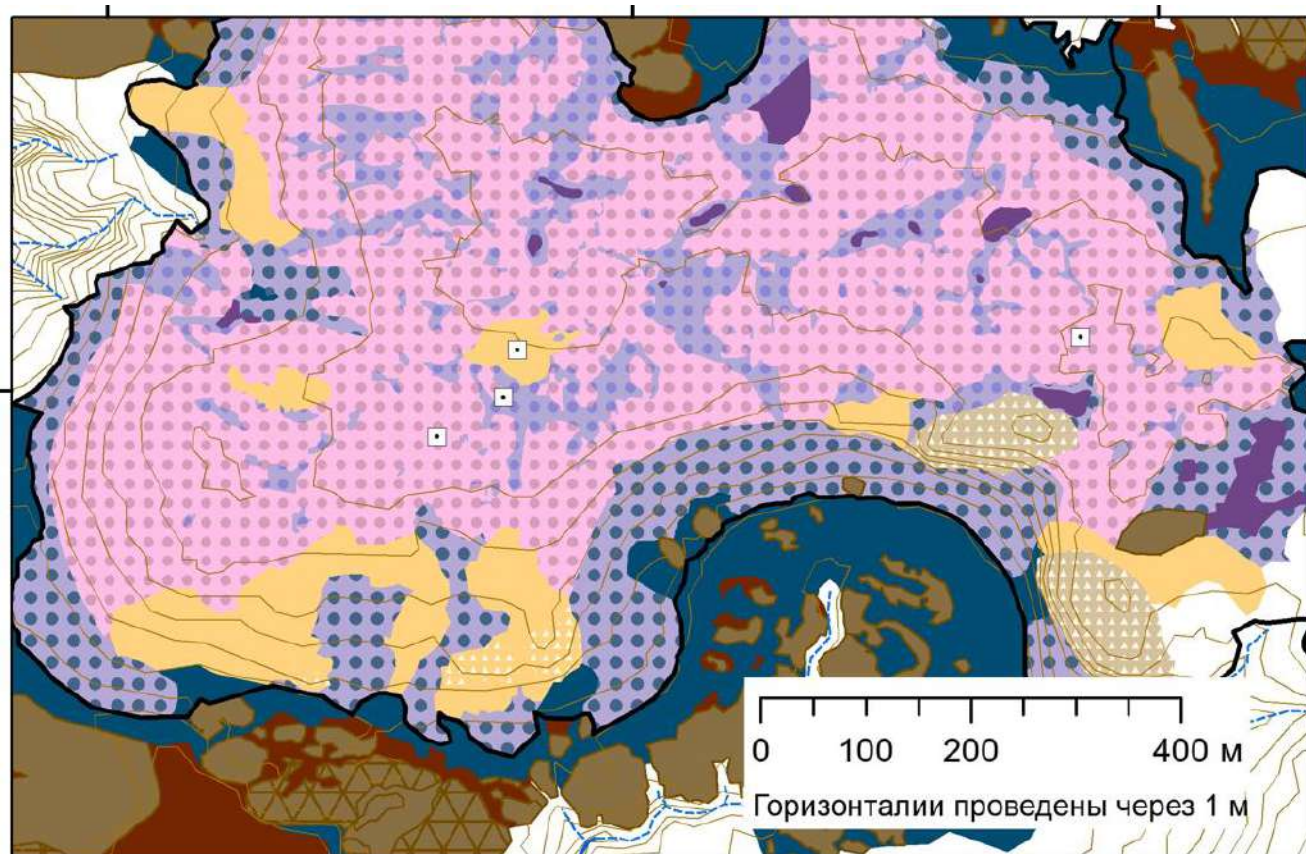
⁷ Материалы, использованные в этом разделе, частично опираются на работу соискателя: [Шматова, 2025]

Небольшие разветвленные в плане понижения, менее 50 м в ширину, и глубиной лишь порядка дециметра (Рисунок 6.1.9), заняты уже почвами без выраженного альфегумусового горизонта: под маломощной подстилкой, состоящей из очеса гидрофильных мхов, идет горизонт, диагностированный как окисленно-глеевый, таким образом, вся почва – как глеезем криометаморфический. В этих понижениях также встречаются бугорки, но расположены они значительно реже. Предположительно, здесь бугорки также сложены грубогумусовым материалом, и, таким образом, представляют из себя аналогичный слабоконтрастный комплекс. Чуть более глубокие замкнутые понижения на поверхности плакоров с осоковой растительностью заняты торфяно-глееземами окисленно-глеевыми.

На плакорных поверхностях присутствуют две различные геоморфологические формы, сложенные песками: 1) плоские поверхности, слабо возвышающиеся над окружающей поверхностью (Рисунок 6.1.9); 2) выпуклые небольшие образования, до 100 м в ширину, вероятно, более позднего эолового происхождения. На первых формируются подбуры оподзоленные криотурбированные. Местами подстилочно-торфяной горизонт на их поверхности уничтожен вследствие высокой пастбищной нагрузки и дефляции. В таком случае присутствует комплекс с абразами альфегумусовыми пятен. На выпуклых песчаных поверхностях полноразвитого почвенного профиля не наблюдается, здесь выделяются псаммоземы в комплексе с абразами дефляционно-корразионных пятен – спорадически-пучинно-пятнистый комплекс.

Склоны и ложбины заняты крупнобугорковатыми тундрами. Бугорки имеют отчетливые формы с крутыми склонами и размеры от 30 до 60 см в высоту и около 50-100 см в диаметре. Они расположены на небольшом расстоянии друг от друга (1-2 длины бугорка или 50-200 см). Размер бугорков увеличивается вниз по рельефу по мере нарастания увлажнения. В отличие от бугорков на плакоре, здесь они чаще имеют вытянутую по склону форму. Почвенный покров – пучинно-бугорковатый комплекс глееземов криометаморфических (между бугорками) и торфяно-глееземов бугорков.

На плакоре, в понижениях шириной более 100 м, примыкающих к долинам ручьев, либо на более низких геоморфологических уровнях распространены болота с торфяно-глееземами и торфяными почвами; крупные массивы мерзлых торфяников с торфяно-деструктивными почвами разбиты полигональной сетью трещин. Актуальное наличие льда в них установить не удалось.



Почвенный покров плакорных поверхностей

- ЭПА подбуров оподзоленных криотурбированных
- Комплекс подбуров оподзоленных и абраземов альфегумусовых
- Комплекс псаммоземов гумусовых и абраземов
- Пятнистость подбуров криометаморфических фона и их же грубогумусированных – бугорков
- Пятнистость глееземов криометаморфических окисленно-глеевых фона и их же грубогумусированных(?) – бугорков
- Комплекс глееземов криометаморфических между бугорками и торфяно-глееземов бугорков
- ЭПА торфяно-глееземов окисленно-глеевых
- ЭПА торфяно-глееземов
- ЭПА торфяных почв (без разделения)
- ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
- Полигональные торфяники: торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы

Условные обозначения

Типы микроструктур

- Спорадически-пучинно-пятнистые
- Пучинно-бугорковатые

Разрезы и прикопки



Автономные поверхности

Водотоки

- постоянные
- временные

Рисунок 6.1.10 – Карта почвенного покрова ключевого участка КС (центральная часть Колгуева)

На основе почвенно-ландшафтных связей (Таблица Г4) была составлена карта почвенного покрова ключевого участка (Рисунок 6.1.10). На ее основе был рассчитан состав почвенного покрова автономных поверхностей (Таблица 6.1.4).

Таблица 6.1.4 – Состав почвенного покрова автономных позиций ключевого участка КС

Морфотип КМС / ЭПА	Площадь, %
Пучинно-бугорковатый (пятнистость)	62%
Пучинно-бугорковатый (комплекс)	20%
Спорадически-пучинно-пятнистый	4%
ЭПА	14%

Примечание: доля торфяных почв автономных поверхностей составляет менее 1%

Ключевой участок L (остров Ловецкий)

Ключевой участок L расположен на острове Ловецкий в Печорской губе (68.3538°N, 53.9578°E). Характеризуемый им ландшафт представляет из себя низменную плоскую песчаную равнину с абсолютными отметками 0–6 м над уровнем моря. Значительная часть острова подвергается сезонному затоплению. Вне зоны действия паводковых вод на ключевом участке выделяются две поверхности: западная – более плоская, террасированная с уступами высотой менее метра (Рисунок 6.1.11) и восточная – пологий холм с относительной высотой не более 3 м.



Рисунок 6.1.11 – Ландшафт острова Ловецкий, восточная часть ключевого участка L. В левой части видна коричневатая-серая полоса из веток и мусора, принесенных половодьем

В целом для ключевого участка характерна следующая мезоструктура почвенного покрова: наиболее возвышенные участки заняты крупнополигональной микроструктурой. Она наиболее распространена на западном пологом холме ключевого участка, что обеспечивает ее доминирование в автономном почвенном покрове всего ключевого участка – 59% (Таблица 6.1.5). Более низкие, но все еще автономные, участки рельефа имеют террасовидную поверхность с высотой уступов менее полуметра. Для каждого уровня характерна своя почва или почвенная комбинация (Рисунок 6.1.12): подзолы криотурбированные (ЭПА) – торфяно-подзолы криотурбированные (ЭПА) – торфяно-криоземы (пучинно-бугорковатая пятнистость) – торфяные олиготрофные почвы (ЭПА).



Рисунок 6.1.12 – Организация почвенного покрова плоской части ключевого участка L: смена типов почвенного покрова на каждой из террасок

На основе почвенно-ландшафтных связей (Таблица Г5) была составлена карта почвенного покрова ключевого участка (Рисунок 6.1.13). Для автономных поверхностей был рассчитан состав почвенного покрова (Таблица 6.1.5).

Таблица 6.1.5 – Состав почвенного покрова автономных позиций ключевого участка L

Морфотип КМС / ЭПА	Площадь, %
Крупнополигональный (пятнистость)	59%
Пучинно-бугорковатый (пятнистость)	6%
ЭПА (подзолы + торфяно-подзолы)	35%

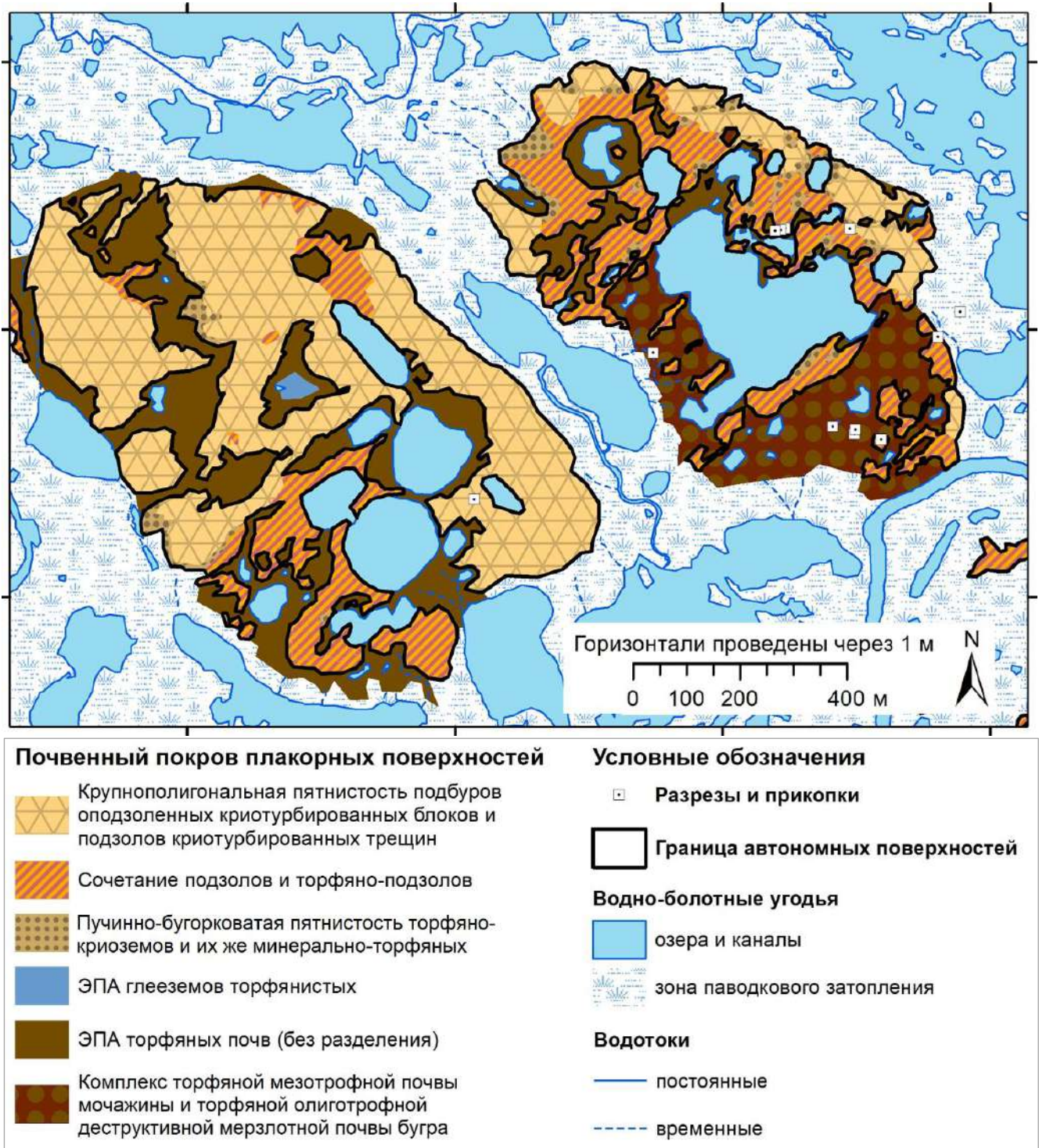


Рисунок 6.1.13 – Почвенная карта ключевого участка L (остров Ловецкий)

6.2. Состав почвенного покрова автономных поверхностей тундр

Компоненты почвенного покрова

В таблица 6.2.1 приведены преобладающие компоненты почвенного покрова автономных поверхностей ключевых участков. В скобках приведены ориентировочные значения занимаемой площади, которая сильно зависит от представленности того или иного типа отложений на ключевом участке. Данные дополнены почвами, описанными в том же ландшафте, но за пределами ключевых участков (приводятся без указания процентов).

Таблица 6.2.1 – Преобладающие компоненты почвенного покрова автономных позиций

Ключевой участок		КН	В	КЕ	КС	L
ЭПА	Суглинки, в т. ч. опесчаненные	КМ (54%)	ПБкм (5%)	КМ (4%)	Гт (3%)	–
В составе КМС		КМ (20%)	Кз (20%) Г (12%)	Гкм (20%) КМ (15%) Г (10%) Гт (7%)	ПБкм (50%) Гкм (22%)	–
ЭПА	Пески и супеси	ПБ	Кз (13%)	ПБ (2%)	ПБ (9%)	По+Пот (35%)
В составе КМС		–	Пс (6%)	ПБ+По	Пс (2%)	ПБ+По (60%)

Примечание: Г – глееземы; Гкм – глееземы криометаморфические; Гт – торфяно-глееземы; Кз – криоземы; КМ – криометаморфические почвы; ПБ – подбуры; ПБкм – подбуры криометаморфические; По – подзолы; Пот – торфяно-подзолы; Пс – псаммоземы

На суглинистых почвообразующих породах основными компонентами почвенного покрова выступают почвы с криометаморфическим горизонтом: прежде всего *криометаморфические почвы и подбуры криометаморфические*, а также *глееземы криометаморфические*. Они участвуют в строении почвенного покрова как в составе самостоятельных ЭПА, так и в составе криогенных микроструктур. Во всех ландшафтах Колгуева (ключевые участки КН, КЕ и КС) именно почвы с криометаморфическим горизонтом являются основным компонентом почвенного покрова.

Глеевые почвы на суглинках представлены *глееземами, торфяно-глееземами* и уже упомянутыми *глееземами криометаморфическими*. Их участие в почвенном покрове связано главным образом с криогенными микроструктурами. Однородные ареалы на автономных поверхностях образуют только торфяно-глееземы, формирующиеся на выположенных участках склонов или в замкнутых понижениях на водораздельных пространствах. Таким образом, значительная роль глеевых почв в структуре почвенного покрова возможна только при высокой доле комплексов.

В составе почвенного покрова Болванского полуострова криометаморфические почвы ограничены специфическими формами рельефа и свойственным им опесчаненным суглинкам. В связи с этим на данной территории на первое место выходят криоземы, входящие как в состав трещинно-полигональных микроструктур, так и образующие ЭПА вне микроструктур, но уже на супесчаных отложениях.

Для песчаных пород в ландшафтах Колгуева и Ловецкого характерно формирование однородного почвенного покрова с участием подбуров и подзолов. Эти же почвы входят в состав крупнополигональных КМС. В составе микроструктур на Колгуеве также часты псамоземы, так как приурочены к выпуклым обдуваемым поверхностям небольших песчаных холмов, на которых формируются спорадически-пучинно-пятнистые микроструктуры с почвами корразионных пятен. На Болванском полуострове не было описано полноценных подбуров или подзолов: почвы блоков-полигонов в крупнополигональных структурах тут представлены псаммоземами.

Выводы о компонентном составе почвенного покрова

Таким образом, почвенный покров холмистых ледниковых и ледниково-морских плейстоценовых равнин острова Колгуев и полуострова Болванский весьма различается по составу. Тем не менее, вопреки ожиданиям (см. раздел 1.2 и 1.3), глееземы нигде не занимают доминирующих позиций. Преобладание глеевых почв, представленных глееземами криометаморфическими в составе КМС, наблюдается лишь на относительно протяженных ровных склонах в восточной части Колгуева.

Почвенный покров прибрежных ландшафтов голоценовых морских террас, согласно картографическим данным [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988], должен был быть представлен в значительной мере комплексами с участием глееземов и торфяно-глеевых почв. По нашим же данным, здесь велика доля альфегумусовых почв, в то время как глеевые почвы представлены крайне слабо.

Состав почвенного покрова

Поскольку формирование того или иного типа КМС сильно определяется формой рельефа и составом отложений, то неудивительно, что на различных по геологическому строению территориях будет разный набор КМС (Таблица 6.2.2).

Наиболее распространенными, встречающимися на всех территориях, являются пучинно-бугорковатые микроструктуры, что и ожидалось по литературным и картографическим данным [Атлас Арктики, 1985; Почвенная карта РСФСР, 1988]. Однако не во всех изученных ландшафтах

они являются доминирующим морфотипом, уступая по площади западинковым микроструктурам в возвышенной части Колгуева и трещинно-полигональным – на Болванском полуострове. Тем не менее, именно пучинно-бугорковатые микроструктуры, в силу их широкого распространения, правомерно считать типичными для данного региона. Это согласуется с тем, что для их формирования, в основе которого лежит процесс пучения, необходимо достаточное увлажнение, чему благоприятствует климат региона.

Таблица 6.2.2 – Соотношение распространенности типов микроструктур почвенного покрова автономных позиций по районам исследования

Район исследования	Колгуев, возвышенность	Болванский	Колгуев, восток	Колгуев, центр	Ловецкий
КМС \ Ключевой участок	КН	В	КЕ	КС	Л
<i>Пучинно-бугорковатые комплексы</i>	5%	—	36%	20%	—
<i>Спорадически-пучинные комплексы</i>	—	—	4%	—	—
<i>Спорадически-пучинно-пятнистые комплексы</i>	7%	—	—	4%	—
<i>Крупнополигональные комплексы</i>	—	6%	—	—	—
<i>Трещинно-полигональные комплексы</i>	—	66%	—	—	—
<i>Трещинно-конвективные комплексы</i>	—	—	22%	—	—
<i>Кольцевые комплексы</i>	0.5%	—	23%	—	—
<i>Западинковые комплексы</i>	14%	—	1%	—	—
<i>Полосчатые комплексы</i>	6%	—	—	—	—
<i>Пучинно-бугорковатые пятнистости</i>	12%	—	2%	62%	6%
<i>Крупнополигональные пятнистости</i>	—	—	+	—	59%
Доля комплексов	32%	72%	86%	24%	0%
Доля пятнистостей	12%	0%	2%	62%	65%
Доля ЭПА	56%	28%	12%	14%	35%
Число типов КМС	5	2	6	2	2

*Знаком плюс отмечены КМС, описанные за пределами ключевого участка, но в том же ландшафте

В остальном отдельные ландшафты содержат уникальный набор морфотипов, их общее число (для автономных поверхностей) варьирует от 2 до 6. Наибольшей неоднородностью почвенного покрова, обусловленную разнообразием морфотипов, обладают возвышенный и восточный ландшафты острова Колгуев.

Почвенный покров изученных ландшафтов весьма различается по степени контрастности, обусловленной разным участием комплексов и пятнистостей в почвенном покрове (Рисунок 6.2.1). В зависимости от их соотношения можно выделить три типа состава:

1. Преобладание комплексов в составе почвенного покрова автономных поверхностей – такому типу отвечают ландшафты восточной части острова Колгуев и Болванского полуострова (ключевые участки КЕ и В соответственно).
2. Преобладание однородных ареалов почв (ЭПА) в почвенном покрове автономных поверхностей – такой тип строения свойственен для автономного почвенного покрова ландшафта возвышенной части Колгуев (ключевой участок КН), в котором, однако доля комплексов также значительна.
3. Преобладание слабоконтрастных микроструктур – в одном случае пучинно-бугорковатых, в другом – крупнопolygonальных – наблюдается в ландшафтах центральной части Колгуева и на острове Ловецком (ключевые участки КС и L соответственно).

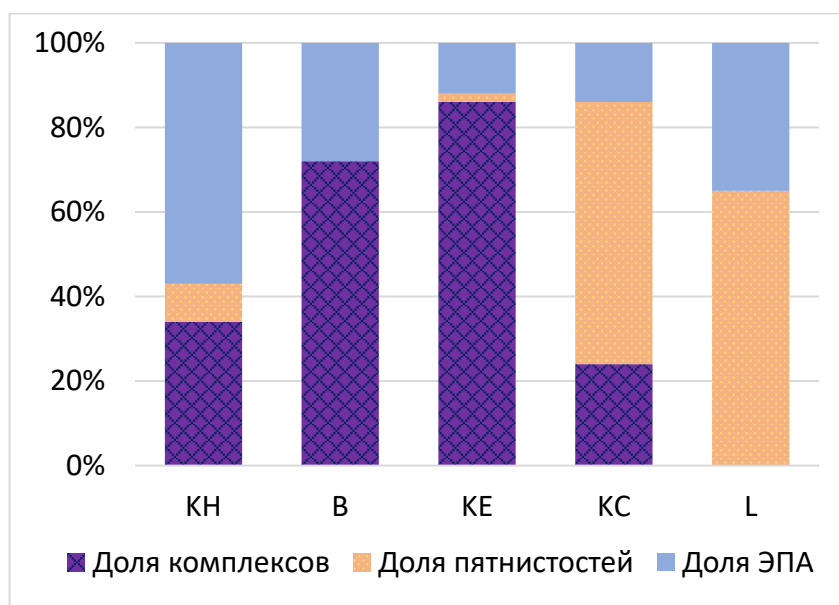


Рисунок 6.2.1 – Соотношение ЭПА (однородных ареалов) и микроструктур разной контрастности в составе почвенного покрова автономных позиций по районам исследования

Ранее предполагалось [Фридланд, 1984; Горячкин, 2010], что для тундровых ландшафтов в целом свойственен только первый тип почвенного покрова – с преобладанием контрастных микроструктур. Однако на почвенных картах выделяются районы и с преобладанием относительно однородного почвенного покрова (второй тип) – ареалы распространения подбуров на песчаных отложениях [Государственная Почвенная Карта..., 1982; Почвенная карта РСФСР, 1988; Национальный атлас почв..., 2011]. Полученные в настоящей работе результаты показывают, что только в двух из пяти ключевых участков наблюдается преобладание комплексов в почвенном покрове автономных поверхностей. При этом почвенный покров с низкой долей комплексов может быть связан не только с песчаными, но и более тяжелыми по гранулометрическому составу отложениями (Таблица 6.2.2). Так, однородность почвенного

покрова, связанная с песчаными отложениями и подбурами, проявляется лишь в ландшафтах островов Печорской губы (ключевой участок L). В возвышенной части Колгуева в почвенном покрове преобладают ЭПА криометаморфических почв на серых суглинках. В центральной части Колгуева в почвенном покрове преобладают подбуры криометаморфические в составе пучинно-бугорковых пятнистостей, сформированные на опесчаненных суглинках.

Выводы о составе почвенного покрова типичных тундр ЕТР

Таким образом, низкая доля комплексов в почвенном покрове тундровых ландшафтов не является исключительным признаком песчаных отложений и подбуров и может встречаться на больших территориях, чем предполагалось ранее.

Сопоставляя неоднородность почвенного покрова, связанную с разнообразием морфотипов КМС и связанную с контрастностью входящих в его состав микроструктур, можно выделить ландшафты с наиболее и наименее контрастным почвенным покровом по обоим параметрам. Наиболее неоднородным обладают ландшафты восточной части острова Колгуев: 6 морфотипов микроструктур и доля комплексов – 86%. Наиболее однородный почвенный покров характерен для островов Печорской губы: отсутствие комплексов, низкое разнообразие.

Сопоставление состава почвенного покрова и геолого-геоморфологических характеристик территории

Итак, попробуем выяснить, можно ли по геолого-геоморфологическим характеристикам предсказать степень участия комплексов в почвенном покрове и их морфотипическое разнообразие.

Разнообразие морфотипов КМС и их контрастность

Исходя из таблицы 5.2.2 (Литолого-геоморфологическая приуроченность морфотипов КМС), можно заключить, что на тяжелых отложениях и особенно – на территориях с высоким разнообразием почвообразующих пород – потенциально может формироваться большее число морфотипов КМС. Именно такая картина наблюдается на ключевых участках КН и КЕ: на первом выделено 5 морфотипов КМС, формирующихся на суглинках; на втором – 6 морфотипов, формирующихся на различных отложениях (Таблица 6.2.3). Однако возможна ситуация, в которой потенциальное разнообразие не будет реализовано. Так, на Болванском полуострове доминируют только две формы микроструктур: трещинно-полигональная на суглинках и крупно-полигональная на песках. Можно предположить, что низкое разнообразие на суглинках связано

с некими физико-химическими свойствами отложений, которые, помимо прочего, определяют формирование криоземов, а не криометаморфических почв как на Колгуеве.

Таблица 6.2.3 – Сопоставление литолого-геоморфологического строения ключевых участков и контрастности почвенного покрова на них

Ключевой участок	КН	В	КЕ	КС	Л
Преобладающие формы рельефа плакора	Округлые холмы, разделенные неглубокими ложбинами	Холмы округлой и вытянутой формы	Выположенные поверхности и ровные склоны, крупные депрессии	Выположенные поверхности и выпуклые пологие склоны	Плоские и слабо выпуклые поверхности
Длина склона плакора	небольшая, <100м		>100м		
Преобладающая форма автономных поверхностей	Выпуклая		Ровная и слабо выпуклая		
Преобладающая крутизна склонов	1-4°		0-2°	0-1°	0°
Наличие бровок и аналогичных форм	есть	нет	есть		нет
Слагающие отложения*	С	С, ОС, П	С, ОС, П, Д	ОС, П	П
Преобладающие почвы**	КМ	Кз	Гкм, КМ	ПБкм	ПБ, По
Число морфотипов КМС	5	2	6	2	2
Доля комплексов	34%	72%	86%	24%	0%
Доля пятнистостей	9%	0%	2%	62%	65%
Доля всех КМС	43%	72%	88%	86%	65%
Доля ЭПА	57%	28%	12%	14%	35%

* Тип отложений: С – суглинки; ОС – опесчаненные суглинки и супеси; П – пески; Д – двучленные отложения

** Почвы: Гкм – глееземы криометаморфические; Кз – криоземы; КМ – криометаморфические почвы; ПБ – подбуры; ПБкм – подбуры криометаморфические; По – подзолы

Соотношение контрастных и слабоконтрастных КМС

Если сравнивать соотношение контрастных и слабоконтрастных микроструктур, то выяснится, что территории с преобладанием пятнистостей – ключевые участки КС и Л – характеризуются легким составом отложений (Таблица 6.2.3). Из таблицы 5.2.2 (Литолого-геоморфологическая приуроченность морфотипов КМС) следует, что именно для легких отложений, во-первых, характерно более низкое разнообразие морфотипов КМС и, во-вторых, они могут быть реализованы в виде слабоконтрастных комбинаций почв (за исключением прибрежных поверхностей). Сочетание данных факторов, тем не менее, не исключает вероятность формирования и контрастного почвенного покрова: крупнопolygonальные и пучинно-бугорковатые пятнистости, определяющие слабую контрастность ключевых участков Л

и КС теоретически могли бы быть и контрастными. Для Ловецкого это могло бы реализоваться в случае, если бы в ложбинах между полигонами накопилось бы больше торфа – как это произошло на Болванском полуострове. Однако на молодых голоценовых поверхностях, вероятно, для этого не было подходящих условий.

Соотношение однородных ареалов почв и КМС в составе почвенного покрова

В целом, для изученных территорий характерно преобладание микроструктур (как комплексов, так и пятнистостей): их доля в составе почвенного покрова составляет от 65 до 88%, за исключением ключевого участка КН – 43%. Такое аномальное значение сложно объяснить простыми причинами, так как по форме рельефа (выпуклые склоны небольших холмов) и отложениям (суглинки) участок весьма схож с ключевым участком на Болванском полуострове. Аналогично не вполне объяснимы сравнительно низкие значения доли микроструктур (65%) для ключевого участка L на острове Ловецком, связанные с широким распространением гомогенных ареалов криотурбированных подзолов и торфяно-подзолов, в профиле которых нарушения имеют сравнительно небольшие размеры и не формируют действительно неоднородного почвенного покрова.

Выводы о факторах, определяющих состав КМС в почвенном покрове

Таким образом, для исследованных ландшафтов, наибольшее влияние на состав КМС в почвенном покрове автономных поверхностей оказывают характеристики состава почвообразующих пород. Так, для ландшафтов, на которых преобладают суглинистые отложения или присутствуют различные почвообразующие породы, более вероятно формирование большого разнообразия КМС. При этом на поверхностях, сложенных суглинками, более вероятно преобладание контрастных КМС, так как большинство морфотипов, формирующихся на них, обладают высокой контрастностью. Для автономных позиций ландшафтов с преобладанием легких отложений и, в особенности, если это молодые голоценовые ландшафты, весьма вероятно низкое разнообразие морфотипов и их низкая контрастность.

Особенности рельефа – отличия в крутизне склонов на 2°, их форме и длине (40-400 м) – слабо влияют на качественный и количественный состав почвенного покрова. Некоторое влияние оказывает только присутствие эрозионных врезов или локальных выпуклых форм рельефа (небольших камоподобных холмов), для которых свойственно развитие специфичных для них контрастных микроструктур – спорадически-пучинно-пятнистых и трещинно-конвективных. Их присутствие повышает разнообразие и долю комплексов в почвенном покрове.

ГЛАВА 7. ДИНАМИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПЛАКОРОВ⁸

На основе анализа снимков Landsat была выявлена динамика перехода из одних спектральных классов в другие.

Поскольку использованный метод автоматической классификации основан на выделении пикселей с близкими спектральными характеристиками, то при интерпретации результатов нужно в первую очередь ориентироваться на изменения в спектральных свойствах и их интерпретации (Рисунок 3.4.2): снижение яркости в среднем инфракрасном диапазоне говорит об увеличении влажности видимой поверхности, снижение индекса NDVI – угнетение растительности (уменьшение общей вегетационной активности или снижение количества вегетирующей растительности).

Выделенные на снимках спектральные классы, имеют довольно широкую ландшафтную интерпретацию (Таблица 3.4.2). Так класс «кустарничково-моховые тундры» объединяет широкий экологический ряд ландшафтных фаций умеренно-влажных тундр, занимающих пологие суглинистые склоны.

Однако как было показано в статье [Шматова, Лощагина, Глазов, 2023] переходы между отдельными классами имеют более узкую ландшафтную интерпретацию, чем сами классы. Так, если визуализировать на детальном космическом снимке переход между классом «лишайниковые тундры» и классом «плоскобугристых болота и бугорковатые тундры», то станет понятно, что изменения относятся к бугорковатым тундрам, но не плоскобугристым болотам. Это объясняется тем, что наиболее подвержены изменениям, то есть переходу в другой класс – отнесению при автоматической классификации к другому классу – граничные ландшафты. То есть изменения в первую очередь можно «уловить» не для центрального образа класса, а напротив, его маргинальных компонентов.

Таким образом, при интерпретации выявленных переходов между классами нужно искать те ландшафтные фации, которые в разных своих состояниях могли бы иметь спектральные признаки, позволяющие их отнести то к тому, то к другому классу.

Как было показано в разделе 2.1. для острова Колгуев с 80х годов наблюдается рост температур и уменьшение осадков (Рисунок 2.1.3). Для ландшафтов это может иметь следующие более или менее выраженные последствия: общее иссушение территории, увеличение вегетации (где развитие растительности не лимитируется влажностью) и увеличение глубины протаивания,

⁸ Материалы, использованные в этом разделе, частично опираются на работу соискателя: [Шматова, Лощагина, Глазов, 2023]

однако и при этом – при недостатке снега зимой – возможно не меньшее, или даже большее промерзание почв на плакорах.

Среди всех выявленных изменений были рассмотрены те, которые связаны с изменениями в классах, в состав которых входят КМС (таблица 3.4.2) и для которых $R^2 > 0,4$. Это переходы между следующими спектральными классами ландшафтов:

- а) из лишайниковых в бугорковатые тундры;
- б) из лишайниковых в кустарничково-моховые тундры;
- в) из осоковых сообществ в кустарничково-моховые тундры;
- г) из осоковых сообществ в ивняки.

7.1. Динамика перехода между классами лишайниковых тундр и бугорковатых тундр

В результате анализа космических снимков был установлен тренд смены класса лишайниковых тундр на бугорковатые, то есть переход части пикселей из первого класса во второй (Рисунок 7.1 а), из класса с меньшей интенсивностью вегетации и влажностью поверхности в класс с большей влажностью и развитием биомассы. Это плохо согласуется с региональным трендом к уменьшению количества осадков (Рисунок 2.1.3). Однако смена класса может быть связана с изменением только одного из параметров – в данном случае единственной непротиворечивой причиной изменений может быть только увеличение вегетационной активности сообщества, что является естественной реакцией фитоценоза на увеличение суммы активных температур.

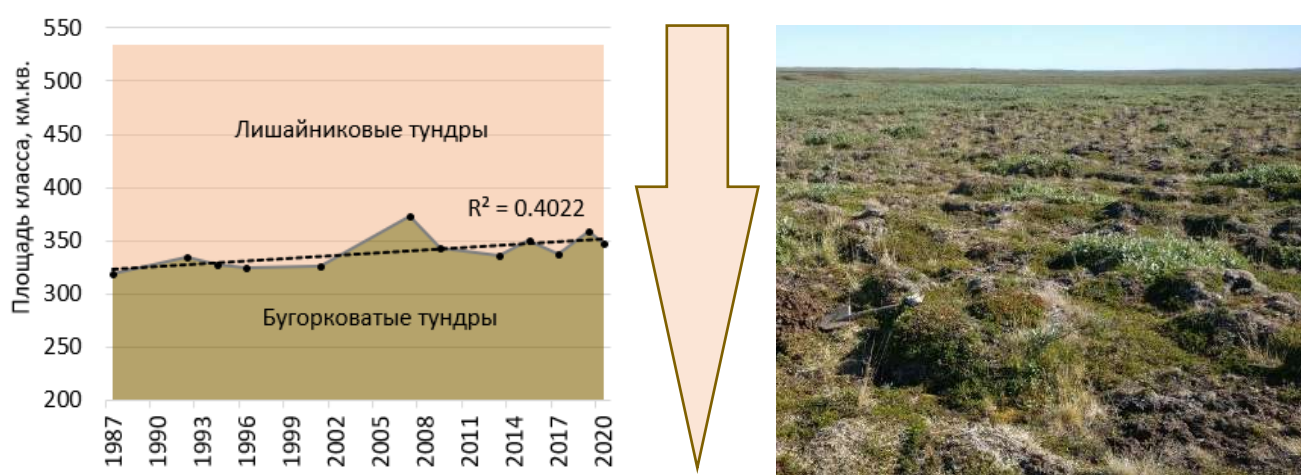


Рисунок 7.1 – Переход между классами лишайниковых тундр и бугорковатых тундр (а), бугорковатые кустарничково-мохово-лишайниковые тундры, с которым, вероятно, связан данный переход (б)

В состав обоих классов входят бугорковые тундры, но принципиально разного состава почвенного покрова. Изменения, по-видимому, связаны с фацией бугорковых кустарничково-мохово-лишайниковых тундр на опесчаненных суглинках (Таблица 3.4.2, Рисунок 7.1 б). В почвенном покрове это пучинно-бугорковые пятнистости с криометаморфическими глееватыми грубогумусированными почвами в составе. Увеличение вегетации на фоне роста среднегодовых температур не должно привести к значимому изменению в почвенном покрове этого типа.

7.2. Динамика перехода между классами лишайниковых и кустарничково-моховых тундр

Выявленный тренд смены класса лишайниковых тундр на класс кустарничково-моховых тундр (Рисунок 7.2 а) означает изменение спектральных характеристик поверхности, связанное с увеличением интенсивности вегетации. Общим ландшафтным компонентом для обоих классов являются кустарничково-мохово-лишайниковые тундры, различающиеся степенью выраженности микрорельефа и растительного покрова: в классе лишайниковых тундр для них характерны пучинно-бугорковые пятнистости, основным компонентом почвенного покрова которых являются криометаморфические почвы; в классе кустарничково-моховых тундр характерен гомогенный почвенный покров с доминированием криометаморфических почв или с вкраплением почв пятен и западинок.

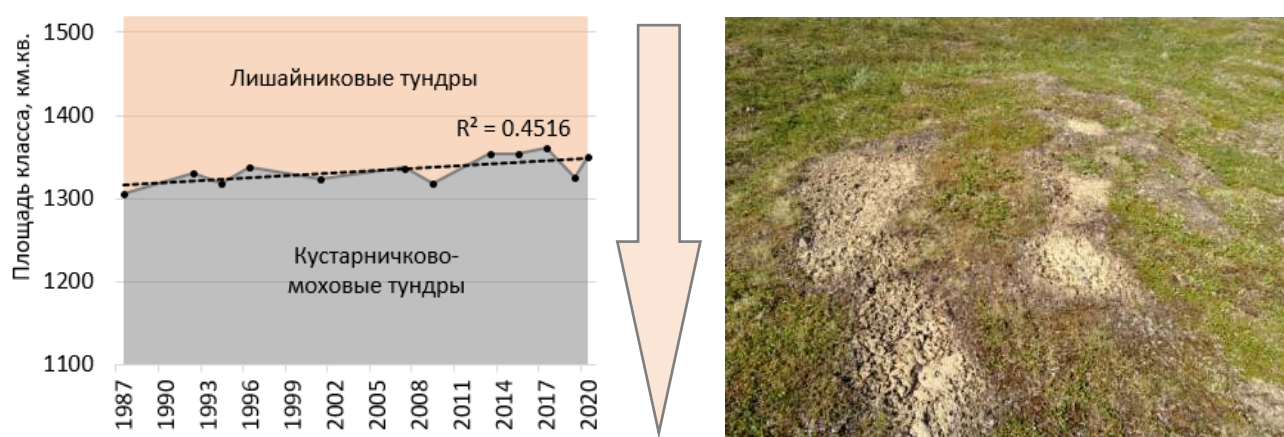


Рисунок 7.2 – Переход между классами лишайниковых и кустарничково-моховых тундр (а), ландшафт пятнистых тундр, с которым, вероятно, связан данный переход (б)

Зафиксированный переход отражает процесс «позеленения тундры», связанный прежде всего с увеличением роли кустарничкового яруса. Также возможно зарастание корразионных пятен, которые при значительной площади в пределах пикселя могут обуславливать его отнесение к классу лишайниковых тундр, а при сокращении их площади – отнесение пикселя к

классу кустарничково-моховых тундр, которым он и должен соответствовать (Рисунок 7.2 б). Увеличение сомкнутости растительного покрова потенциально приводит к усилению снегозадержания, что может быть причиной зарастания пятен.

7.3. Динамика перехода между классами кустарничково-моховых тундр и осоковых сообществ

Выявленный тренд смены класса осоковых сообществ на класс кустарничково-моховых тундр (Рисунок 7.3 а) отражает изменение спектральных характеристик поверхности, связанное со снижением интенсивности вегетации и со снижением влажности (менее выраженным). Общим ландшафтным компонентом для обоих классов являются сообщества с высокой доли пушицы в растительном покрове, различия заключаются в наличии трещинно-полигональных криогенных микроструктур для фации, входящей в состав класса кустарничково-моховых тундр (Рисунок 7.3 б).

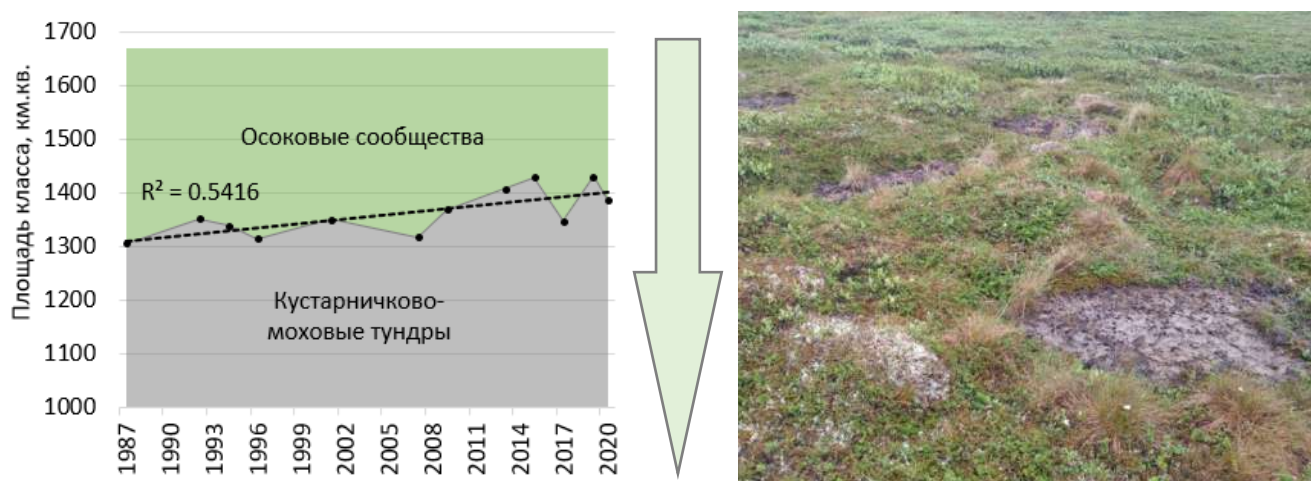


Рисунок 7.3 – Переход между классами кустарничково-моховых тундр и осоковых сообществ (а); кустарничково-моховые пятнистые тундры, с которым, вероятно, связан данный переход (б)

Зафиксированный переход может быть связан с активизацией пятнообразования – увеличением доли поверхности, лишенной растительности – в трещинно-полигональных структурах. Образование пятен приводит к усилению контрастности почвенного покрова. Однако новые пятна не возникают на «ровном месте», а формируются по уже существующей сети полигональных трещин – исходно контрастному почвенному покрову. Таким образом, изменения носят не качественный, а количественный характер. Исходно контрастная микроструктура, состоящая из почвы полигона и почвы трещины, приобретает еще большую степень контрастности, поскольку в ее состав добавляется третий компонент – почва пятен.

Механизм образования криогенных пятен в трещинно-полигональных структурах отличается от образования корразионных пятен в спорадически-пучинно-пятнистых микроструктурах. Это определяет возможность сосуществования разнонаправленных трендов – на увеличение и сокращение площади пятен различного генезиса в разных ландшафтных фациях. В то время как корразионные пятна зарастают, криогенные пятна в трещинно-полигональных структурах могут образовываться вновь.

Аналогично в разных условиях даже для структуры одного типа не исключено сосуществование различных трендов. Так, в то время как на Болванском наблюдается тренд зарастания пятен в трещинно-полигональных КМС в условиях потепления климата и слабого роста годового количества осадков, нельзя исключать, что на Колгуеве возможен обратный процесс – активизации пятнообразования – на фоне роста температур и сокращения количества осадков.

7.4. Динамика перехода между классами осоковых сообществ и ивняков

Наблюдаемое изменение класса с осокового на ивняковый (Рисунок 7.4 а), согласно спектральным образам классов, говорит об увеличении влажности ландшафта, однако это справедливо для растительного покрова, но не правомерно для почв. Ландшафтный смысл данного перехода вероятно, заключается в зарастании влажных осоковых ложбин ивняками (Рисунок 7.4 б), что является характерной реакцией на изменение климата, наблюдаемой во многих арктических регионах [Myers-Smith et al., 2011; Nill et al., 2022]. На фоне роста среднегодовых температур и сокращения количества осадков (Рисунок 2.1.3) – именно ложбины, а не склоны, являются первоочередной ландшафтной фацией для экспансии кустарников. Таким образом, можно предположить, что данное ландшафтное изменение говорит об уменьшении влажности почв под кустарниками, а значит, переход от постоянного увлажнения, свойственному осоковым ложбинам, к переменному и созданию условий для процессов пучения и развития бугорковатого микрорельефа.

Так как под осоковыми ландшафтами развиты торфяно-глееземы, и при формировании бугорков торфяной горизонт оказывается в более дренированной позиции, то следует ожидать формирования пятнистости торфяно-глеевых почв фона и торфяно-глееземов деструктивных бугорков. Таким образом наблюдаемые изменения могут говорить об увеличении неоднородности почвенного покрова этих ландшафтных фаций на микроуровне.

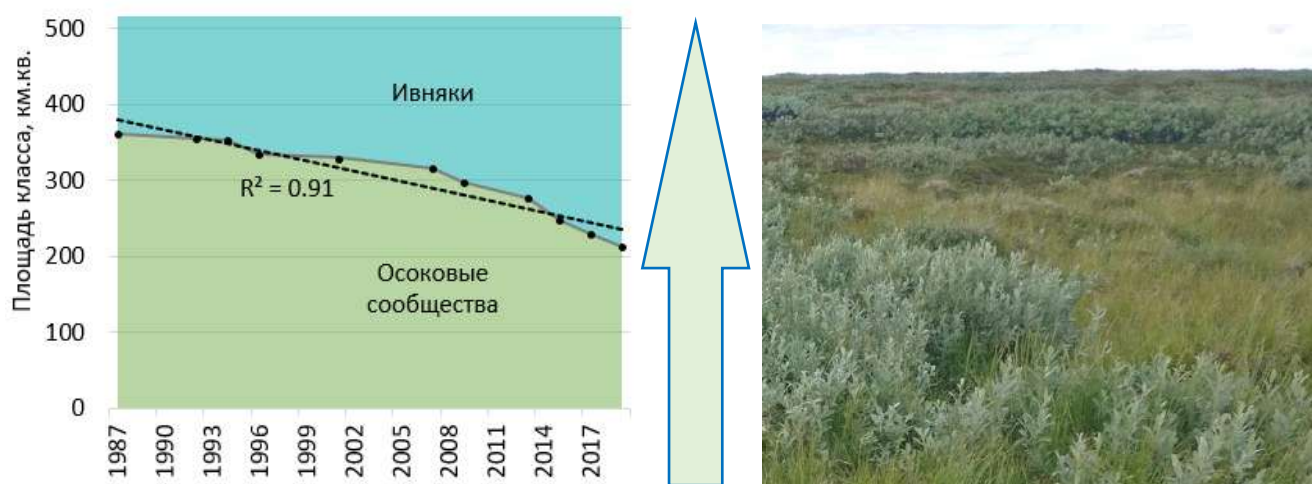


Рисунок 7.4 – Переход между классами осоковых сообществ и ивняков (а), связанный с зарастанием осоковых ложбин ивняками (б)

Выводы по динамике почвенного покрова

Поскольку материалом для выявления динамики ландшафтов служат изображения, полученные с космических снимков и спектральные свойства поверхности Земли, то выявленные тренды можно использовать только как предикторы реальных ландшафтных изменений.

Тем не менее можно говорить о различных процессах, происходящих в структуре ландшафта, связанных, в частности, с динамикой почвенного покрова. Так, в почвенном покрове вероятны разнонаправленные изменения: сокращение площади корразионных пятен, то есть спорадически-пучинно-пятнистых микроструктур, но при этом активизация пятнообразования в трещинно-полигональных структурах. Если первый тренд ведет к однозначной гомогенизации почвенного покрова, то второй – к количественному увеличению его контрастности, так как новые пятна формируются по уже существующей трещинно-полигональной КМС, но без пятен.

Наиболее ярко выраженный тренд зарастания осоковых ложбин ивняками, вероятно, сопровождается образованием новых пучинно-бугорковых микроструктур слабой контрастности.

Наблюдаемые изменения, возможно, могли бы происходить и без влияния климатических изменений, в силу естественной эволюции почв и ландшафтов, не достигших своей зрелости, однако в условиях довольно заметных климатических изменений сложно исключить их существенный вклад в наблюдаемую ландшафтную динамику.

ВЫВОДЫ

1. Для анализа КМС был предложен подход, учитывающий особенности криогенных микроструктур: геометрическое строение рассматривается независимо от генезиса, и отдельно – морфотип КМС – взаиморасположение морфонов и горизонтов в почвенной траншее или серии разрезов, отражающее объемную организацию почвенного покрова.

2. В подзоне типичных тундр выявлены почвы, ранее описанные в других холодных регионах: криометаморфические почвы и криоземы, а также подзолы, ранее описанные на южной границе подзоны. Вследствие нарушения криотурбациями подзолистый горизонт подзолов часто стирается, что переводит почвы в тип подбуров оподзоленных и определяет их доминирование в качестве почв на песках.

3. На территории подзоны типичных тундр ЕТР выделено девять морфотипов микроструктур. Помимо *пучинно-бугорковых, трещинно-полигональных и крупно-полигональных микроструктур* впервые в этой подзоне детально описаны *спорадически-пучинно-пятнистые и полосчатые микроструктуры*. Впервые выделены и охарактеризованы как самостоятельный морфотип *спорадически-пучинные, трещинно-конвективные, кольцевые и западинковые микроструктуры*.

4. Примерно в половине из рассмотренных микроструктур в их составе можно выделить почву, профиль которой сформировался до появления и, соответственно, без влияния второй почвы: почвы бугорка, корразионного пятна, западинки или трещины. В таких микроструктурах генетическая связь между их компонентами, как классификационными единицами, односторонняя.

5. Установлено, что разные морфотипы КМС имеют разный диапазон условий формирования: так, на изученной территории, пучинно-бугорковые микроструктуры формируются в наиболее широком диапазоне литолого-геоморфологических условий, в то время как другие микроструктуры проявляют более узкую приуроченность: их распространение ограничено определенным типом отложений или положением в рельефе или сочетанием обоих факторов.

6. Узкая приуроченность ограничивает набор почвообразовательных процессов, приводя к однообразию состава; широкий диапазон условий, напротив, допускает различные комбинации почв. Это свидетельствует о том, что криогенные деформации, задающие морфотип, и почвообразовательные процессы, формирующие почвенные горизонты, в значительной степени независимы, а их совместное проявление определяется тем, насколько совпадают условия их формирования.

7. Молодые, недавно сформированные пучинно-бугорковатые микроструктуры обладают слабой контрастностью. Это определяется тем, что горизонты бугорка, недавно оказавшиеся приподнятыми над окружающей поверхностью, не полностью трансформировались в новых условиях и близки по свойствам к исходной фоновой почве.

8. Наличие пятен голого грунта, западинок, полос или полигонов с размерностью <10 м – однозначно свидетельствует о комплексном почвенном покрове. Наличие выраженного микрорельефа или полигонов размером >10 м – не указывает на контрастность микроструктуры.

9. Для почвенного покрова автоморфных поверхностей голоценовых морских террас, сложенных легкими отложениями, свойственно низкое разнообразие морфотипов и их низкая контрастность. Для территорий с участием суглинистых отложений в составе почвообразующих пород более вероятно высокое разнообразие КМС и преобладание в составе почвенного покрова их контрастных форм.

10. Анализ динамики структуры ландшафтов Колгуева указывает на разнонаправленные климатически-обусловленные изменения в почвенном покрове: его гомогенизацию в результате сокращения площади спорадически-пучинно-пятнистых микроструктур, и, в тоже время, увеличение комплексности вследствие активизации пятнообразования в трещинно-полигональных структурах. Наиболее ярко выражен тренд зарастания осоковых ложбин ивняками, что говорит о потенциальном образовании новых пучинно-бугорковатых микроструктур слабой контрастности.

Список сокращений

БПЛА – беспилотный летательный аппарат
ГИС – геоинформационные системы
ЕТР – Европейская территория России
КМС – криогенные микроструктуры почвенного покрова
ППП – потеря при прокаливании
ПП – проективное покрытие
СПП – структура почвенного покрова
ЭПА – элементарный почвенный ареал

Список терминов

криогенная микроструктура почвенного покрова (КМС): Участок неоднородного почвенного покрова, пестрота которого связана с криогенными нарушениями и трансформацией исходного залегания почвенных горизонтов. КМС имеет закономерную пространственную организацию и может быть охарактеризована определенной формой структурного грунта. В литературе также упоминается как: «криогенные микрокомбинации почв», «криогенные почвенные комплексы» [Васильевская, 1980; Атлас Арктики, 1985].

микрорельеф: Локальные формы рельефа с перепадами до 1 м на расстоянии от метра до первых десятков метров.

микроструктура почвенного покрова: Участок неоднородного почвенного покрова, пестрота которого связана с развитием микрорельефа или пестротой пород. Состоит из повторяющейся микро-комбинации типа комплекс, пятнистость или ташет.

морфотип: Характерное взаиморасположение органических и минеральных морфонов в объеме регулярно организованного почвенного континуума, рассматриваемое в срезе криогенной микроструктуры почвенного покрова (обычно – траншее). Поскольку закономерности расположения морфонов являются интегральным результатом действия процессов, сформировавших микроструктуру, то они являются маркерами генезиса микроструктуры.

пятно, пятно голого грунта: Общий термин, под которым имеется в виду участок поверхности размером от 0.5 до 3 метров в диаметре, лишенный растительного покрова. Часто пятна встречаются группами, а иногда распространены на значительных пространствах (так называемые «пятнистые тундры»). Чаще всего в тундре пятно имеет криогенное происхождение (так называемые «пятна-медальоны», «circles») или опосредованно-криогенное происхождение в случае криогенного пучения и последующей ветровой корразии. Не исключено образование пятен при вымокании растительности в мочажинах и последующей эрозии поверхности.

структурный грунт (patterned ground): Общий термин для обозначения упорядоченного, более или менее симметричного узора на поверхности земли, например, полигонов, сетей, пятен, полос и т.д., создаваемого неоднородностью микрорельефа и/или обломочного материала, и/или растительности (в т.ч. ее отсутствия, т.е. пятен). Структурный грунт характерен, но не обязательно, для рыхлого покрова, подвергающегося интенсивному морозному воздействию. Узор, наблюдаемый на поверхности, является отражением неоднородной объемной организации грунта (в частности, почвы). Таким образом, понятие «структурного грунта» отражает, но не включает внутреннее строение самого грунта.

элементарный почвенный ареал (ЭПА): Однородный участок почвенного покрова, занятый одной почвой, внутри которого отсутствуют почвенные границы. Таким образом, ЭПА представляет из себя предельно малую территориальную единицу почвенного покрова. Чередующиеся в пространстве в той или иной степени генетически связанные ЭПА образуют структуры почвенного покрова: микроструктуры и мезоструктуры. В настоящей работе, если не оговорено иное, под ЭПА понимаются только компоненты мезоструктур – крупные ареалы относительно однородного почвенного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветов, Н.А. Почвы олиго-мезотрофных и мезотрофных болот бореального пояса Западной Сибири: возможности геоботанической диагностики в рамках типа торфяных мезотрофных почв / Н.А. Аветов, О.Л. Кузнецов, Е.А. Шишконокова // Почвоведение. – 2021. – № 5. – С. 568-581. DOI: 10.31857/S0032180X21030023.
2. Аветов, Н.А. Некоторые аспекты систематики и диагностики торфяных почв бореальных болот / Н.А. Аветов, Е.А. Шишконокова // Почвоведение. – 2019. – № 8. – С. 901-909. DOI: 10.1134/S0032180X19080033.
3. Ананко, Т.В. Арктические и тундровые почвы на новой цифровой почвенной карте России масштаба 1 : 2.5 млн / Т.В. Ананко, М.И. Герасимова, Д.Е. Конюшков // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – № 101. – С. 46-75. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-46-75.
5. Андреев, Р.А. Крупномасштабное ландшафтное картографирование болот Средней Сибири / Р.А. Андреев // Материалы XIV Международной ландшафтной конференции Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии. VII Мильковские чтения. – ВГУ, 2023. – С. 332-335.
6. Астахов, В.И. Покровная формация финального плейстоцена на крайнем северо-востоке Европейской России / В.И. Астахов, Й.И. Свенсен // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 47. – С. 12-27.
7. Атлас Арктики / ред. Трешников А.Ф. – М. : ГУГК, 1985. – 204 с.
8. Белоновская, Е.А. “Позеленение” российской Арктики и современные тренды изменения ее биоты / Е.А. Белоновская, А.А. Тишков, М.А. Вайсфельд и др. // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2016. – № 3. – С. 28-39. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-3-28-39.
9. Блох, С.С. Повышение эффективности разработки Песчаноозерского нефтегазоконденсатного месторождения на о. Колгуев в Баренцевом море / С.С. Блох, В.А. Цыганков, Ю.В. Алексеева и др. // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2016. – № 3 (15). – С. 7. DOI: 10.29222/ipng.2078-5712.2016-15.art7.
10. Богдановская-Гиенэф, И.Д. Природные условия и олени пастбища острова Колгуева / И.Д. Богдановская-Гиенэф // Оленеводство на острове Колгуеве. – Л. : Главсевморпути, 1938. – Вып. 2. – С. 7-162.
11. Брушков, А.В. Глобальные изменения окружающей среды, реакция криолитозоны и устойчивость инженерных сооружений / А.В. Брушков // Инженерные изыскания. – 2015. – № 14. – С. 4-17.
12. Вадюнина, А.Ф. Распределение тундровых почв по элементам рельефа и их физические характеристики / А.Ф. Вадюнина, О.И. Худяков // Мерзлота и почва : III. «Генезис, география и классификация мерзлотных почв». – Якутск : ЯФ СО АН СССР, Ин-т биологии, 1974.
13. Ван Влие-Лану, Б. Структурные грунты, бугры пучения и изменения климата в голоцене / Б. Ван Влие-Лану // Почвоведение. – 1998. – № 5. – С. 562-569.
14. Васильевская, В.Д. Почвы севера Западной Сибири / В.Д. Васильевская, В.В. Иванов, Л.Г. Богатырев. – М. : Изд-во Московского университета, 1986. – 226 с.

15. Васильевская, В.Д. Формирование структуры почвенного покрова полярных областей / В.Д. Васильевская, Н.А. Караваева, Е.М. Наумов // Почвоведение. – 1993. – № 7. – С. 44-55.
16. Васильевская, В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири / В.Д. Васильевская. – М. : Наука, 1980. – 235 с.
17. Величко, А.А. Устойчивость ландшафтной оболочки и ее био-георазнообразие в свете динамики широтной зональности / А.А. Величко // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2002. – № 5. – С. 7-21.
18. Викторов, С.В. Ландшафтная индикация / С.В. Викторов, А.Г. Чикишев. – М. : Наука, 1985. – 97 с.
19. Гаранкина, Е.А. Эволюция криогенного микрорельефа низкогорий субарктики / Е.А. Гаранкина // Криосфера Земли. – 2013. – Т. 17. – № 3. – С. 3-16.
20. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / ред. Э.Д. Ершов. – М. : Недра, 1988. – 357 с.
21. Геоморфологическая схема. Масштаб 1:2 500 000 / Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-39,40 (о. Колгуев - прол. Карские Ворота). / Северо-Карско-Баренцевоморская серия. / сост. А.Г. Зинченко; Лопатин Б.Г., Шкарубо С.Н.. – ВНИИОкеанология : ОАО МАГЭ, 2014.
22. Герасимова, М.И. География почв России : учебник / М.И. Герасимова, М.Д. Богданова, М.А. Смирнова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Московского университета, 2025. – 335 с.
23. Герасимова, М.И. Предложения к классификации почв России по итогам анализа почвенной карты РСФСР масштаба 1 : 2 5 млн (1988) / М.И. Герасимова, Т.В. Ананко, Д.Е. Конюшков // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2018. – № 95. – С. 58-70. DOI: 10.19047/0136-1694-2018-95-58-70.
24. Гордеев, И.П. Мерзлотные процессы в почвах субарктической тундры / И.П. Гордеев // Мерзлота и почва : III. «Генезис, география и классификация мерзлотных почв». – Якутск : ЯФ СО АН СССР, Ин-т биологии, 1974.
25. Горячкин, С.В. География почв Арктики: современные проблемы / С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, В.О. Таргульян // Почвоведение. – 1998. – № 5. – С. 520-530.
26. Горячкин, С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция) / С.В. Горячкин. – М. : ГЕОС, 2010. – 414 с.
27. Государственная Почвенная Карта СССР. Лист R-39 о. Колгуев. Масштаб 1:1 000 000 / сост. И.В. Игнатенко, ред. Е.Н. Иванова. – ГУГК, 1982.
28. Грибова, С.А. Опыт составления мелкомасштабной карты растительности тундры и лесотундры (на примере северо-востока Русской равнины) / С.А. Грибова // Геоботаническое картографирование. – 1972. – С. 38-49. DOI: <https://doi.org/10.31111/geobotmap/1972.38>.
29. Григорьев, А.А. Почвы субарктических тундр и лесотундр Евразии в связи с наблюдениями в Большеземельской тундре в 1921 году / А.А. Григорьев // Почвоведение. – 1925. – № 4. – С. 5-32.
30. Губин, С.В. Надмерзлотные горизонты аккумуляции грубого органического вещества в криоземах тундр Северной Якутии / С.В. Губин, А.В. Лупачев // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 815-825. DOI: 10.1134/S0032180X18070043.

31. Губин, С.В. Почвообразование и подстилающая мерзлота / С.В. Губин, А.В. Лупачев // Почвоведение. – 2008. – № 6. – С. 655-667.
32. Губин, С.В. Роль криогенеза в организации почв на макро-, мезо- и микроуровнях / С.В. Губин // Морфология почв: от макро- до субмикроуровня / Матер. Всес. конф. с межд. участием. 19–21 декабря 2016. – М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2016. – С. 70-84.
33. Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах / Под ред. Э.Д. Ершова. – М. : Изд-во Московского университета, 1985. – 167 с.
34. Джеррард, А.Д. Почвы и формы рельефа: Комплексное геоморфологопочвенное исследование / А.Д. Джеррард. – Л. : Недра. Ленинградское отд-ние, 1984. – 208 с.
35. Добровольский, Г.В. География почв : учебник / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 460 с.
36. Достовалов, Б.И. Общее мерзловедение / Б.И. Достовалов, В.А. Кудрявцев. – М. : Изд-во МГУ, 1967. – 403 с.
37. Елсаков, В.В. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории европейского северо-востока России и Западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий / В.В. Елсаков, М.Ю. Телятников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 3. – С. 260-271.
38. Елсаков, В.В. Пространственная и межгодовая неоднородность изменений растительного покрова тундровой зоны Евразии по материалам съёмки MODIS 2000-2016 гг. / В.В. Елсаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14. – № 6. – С. 56-72. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-56-72.
39. Ершов, В.В. Особенности районирования криолитозоны Печорского артезианского бассейна / В.В. Ершов // Отечественная геология. – 2018. – № 3. – С. 85-88.
40. Ершов, Э.Д. Общая геокриология : учебник / Э.Д. Ершов. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 682 с.
41. Журавлёв, В.А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-39,40 – о. Колгуев – прол. Карские Ворота. Объяснительная записка / В.А. Журавлёв, Е.А. Кораго, Д.А. Костин и др. – СПб : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014.
42. Забоева, И.В. Почвы лесотундры Коми АССР / И.В. Забоева // Растительность лесотундры и пути ее освоения. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1967. – С. 127-132.
43. Застрожнов, А.С. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000. Пояснительная записка. / А.С. Застрожнов, В.К. Шкатова, Е.А. Минина и др. – СПб : ФГУП «ВСЕГЕИ», 2013.
44. Иванова, Е.Н. Почвы Европейских тундр / Е.Н. Иванова, О.А. Полинцева // Тр. Коми филиала АН СССР. – 1952. – Серия географическая. – № 1. – С. 72-122.
45. Игнатенко, И.В. О зональных особенностях пятнистых тундр северо-востока европейской части СССР / И.В. Игнатенко, Б.Н. Норин, В.Д. Друзина // Биологические основы использования природы Севера. – 1970. – С. 106-112.
46. Игнатенко, И.В. Геофизика и антропогенные изменения ландшафтов Чукотки / И.В. Игнатенко, Б.А. Папернов, Б.А. Павлов и др. – М. : Наука, 1987. – 270 с.

47. Игнатенко, И.В. Почвы бугристо-мочажинных торфяников и заболоченные почвы восточноевропейской лесотундры / И.В. Игнатенко // Растительность лесотундры и пути ее освоения. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1967. – С. 114-126.
48. Игнатенко, И.В. Почвы восточноевропейской лесотундры / И.В. Игнатенко // Растительность лесотундры и пути ее освоения. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1967. – С. 94-106.
49. Игнатенко, И.В. Почвы восточноевропейской лесотундры и их зональное положение / И.В. Игнатенко // Почвоведение. – 1972. – № 9. – С. 5-18.
50. Игнатенко, И.В. Почвы восточноевропейской тундры и лесотундры / И.В. Игнатенко. – М. : Наука, 1979. – 280 с.
51. Игнатенко, И.В. Структура почвенного покрова восточноевропейской лесотундры / И.В. Игнатенко // Почвы и растительность восточноевропейской лесотундры. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1972.
52. Каверин, Д.А. Особенности почвообразования в дренированных озерных котловинах Большеземельской тундры / Д.А. Каверин, С.В. Денева, А.В. Пастухов, С.В. Якубенко // Почвоведение. – 2023. – № 12. – С. 1562-1579. DOI: 10.31857/S0032180X2360083X.
53. Каверин, Д.А. Влияние растительного покрова на глубину сезонного протаивания в тундровых почвах предгорных ландшафтов кряжа Пай-Хой (юго-запад Югорского полуострова) / Д.А. Каверин, Е.Е. Кулюгина, О.В. Шахтарова, В.М. Щанов // Криосфера Земли. – 2016. – Т. 20. – № 4. – С. 69-78. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2016-4(69-78).
54. Каверин, Д.А. Географические закономерности распространения почв в криолитозоне Северо-Востока Печорской низменности / Д.А. Каверин, А.В. Пастухов // Почвоведение. – 2025. – № 2. – С. 176-187. DOI: 10.31857/S0032180X25020025.
55. Каверин, Д.А. Строение и свойства почв многолетнемерзлых торфяников юго-востока Большеземельской тундры / Д.А. Каверин, А.В. Пастухов, Е.М. Лаптева и др. // Почвоведение. – 2016. – № 5. – С. 542-556. DOI: 10.7868/S0032180X16050075.
56. Каверин, Д.А. Особенности температурного режима сезоннопромерзающих почв тундровых ландшафтов европейского Северо-Востока России / Д.А. Каверин, А.В. Пастухов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2017. – № 87. – С. 3-21. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-87-3-21.
57. Каверин, Д.А. Специфика формирования и морфологического строения почв островов Баренцева моря / Д.А. Каверин, Д.Д. Хлопцова. – Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, 2025. – С. 277.
58. Караваева, Н.А. Циклы пятнообразования в почвах лесотундры и тундры / Н.А. Караваева, Р.Н. Полтева // Растительность лесотундры и пути ее освоения. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1967. – С. 151-156.
59. Караваева, Н.А. К вопросу о мерзлотных почвах и мерзлотных почвенных признаках / Н.А. Караваева, В.О. Таргульян // Биологические основы использования природы Севера. – 1970. – С. 99-106.
60. Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-39,40 (о. Колгуев - прол. Карские Ворота). Северо-Карско-Баренцевоморская серия. Масштаб 1:1 000 000 / сост. Лопатин Б.Г., Шкарубо С.Н.. – ВНИИОкеанология : ОАО МАГЭ, 2013.
61. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000 / Научный редактор И.С. Урусевская. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2019.

62. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 – СПб : ФГУП «ВСЕГЕИ», 2014.
63. Кириллова, Н.П. Построение цифровых почвенных карт на основе базы данных полевых исследований : учебно-методическое пособие / Н.П. Кириллова, Т.М. Силёва. – М. : МАКС Пресс, 2017. – 40 с.
64. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
65. Козлов, Д.Н. Традиции и инновации в крупномасштабной почвенной картографии / Д.Н. Козлов, Н.П. Сорокина // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2012. – С. 35-57.
66. Козловский, Ф.И. Пути и перспективы дальнейшего развития структуры почвенного покрова / Ф.И. Козловский // Почвоведение. – 1992. – № 4. – С. 5-14.
67. Лавриненко, И.А. Использование дистанционных методов при геоботаническом районировании восточно-европейских тундр / И.А. Лавриненко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 3. – С. 269-276.
68. Лавриненко, И.А. Классификация и картографирование местообитаний северо-западной части Большеземельской тундры / И.А. Лавриненко, О.В. Лавриненко // Геоботаническое картографирование. – 2021. – № 2021. – С. 20-53. DOI: 10.31111/geobotmap/2021.20.
69. Лавриненко, И.А. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий» / И.А. Лавриненко, О.В. Лавриненко // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2020. – Т. 14. – № 4. – С. 359-397. DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10082.
70. Лавриненко, И.А. Геоботаническое районирование острова Колгуев / И.А. Лавриненко, Т.М. Романенко, О.В. Лавриненко // Решение актуальных проблем продовольственной безопасности Крайнего Севера: сборник статей, посвященный 90-летию создания Мурманской государственной сельскохозяйственной опытной станции. – 2016. – С. 101-105.
71. Лавриненко, О.В. Зональная растительность равнинных восточноевропейских тундр / О.В. Лавриненко, И.А. Лавриненко // Растительность России. – 2018. – № 32. – С. 35-108. DOI: 10.31111/vegrus/2018.32.35.
72. Лавриненко, О.В. Растительность класса *Loiseleurio procumbentis*–*Vaccinietea* Egger ex Schubert 1960 в восточноевропейских тундрах / О.В. Лавриненко, И.А. Лавриненко // Растительность России. – 2020. – № 38. – С. 27-84. DOI: 10.31111/vegrus/2020.38.27.
73. Лавриненко, О.В. Локальные флоры островов и юго-восточного побережья Баренцева моря / О.В. Лавриненко, В.В. Петровский, И.А. Лавриненко // Ботанический журнал. – 2016. – Т. 101. – № 10. – С. 1144-1190. DOI: 10.1134/S0006813616100033.
74. Лавриненко, О.В. Новые локальные флоры и материалы к флористическому районированию восточноевропейских тундр / О.В. Лавриненко, В.В. Петровский, И.А. Лавриненко // Ботанический журнал. – 2019. – Т. 104. – № 1. – С. 58-92. DOI: 10.1134/S0006813619010083.
75. Лаптева, Е.М. Почвы и почвенные ресурсы Республики Коми: этапы исследований, итоги и перспективы / Е.М. Лаптева, В.А. Безносиков, Е.В. Шамрикова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2016. – № 3 (27). – С. 23-34.

76. Лаптева, Е.М. Отдел почвоведения: итоги и перспективы / Е.М. Лаптева // Вестник института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2011. – № 12. – С. 2-12.
77. Ливеровский, Ю.А. Почвы тундр Северного края / Ю.А. Ливеровский. – Труды Полярной комиссии – Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1934. – Вып. 19. – 112 с.
78. Лобков, В.А. Литолого-геоморфологические закономерности дифференциации почвенного покрова восточной части острова Колгуев / В.А. Лобков, А.Г. Шматова // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и северо-запада России. – 2022. – № 9. – С. 160-166. DOI: 10.24412/2687-1092-2022-9-160-166.
79. Мажитова, Г.Г. Температурные режимы почв в зоне несплошной многолетней мерзлоты европейского северо-востока России / Г.Г. Мажитова // Почвоведение. – 2008. – № 1. – С. 54-67.
80. Малкова, Г.В. Изучение современного состояние верхних горизонтов мерзлых толщ на объектах мониторинга криолитозоны европейской территории России / Г.В. Малкова, А.М. Царев // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и северо-запада России. – 2024. – № 11. – С. 552-560. DOI: 10.24412/2687-1092-2024-11-552-560.
81. Маслов, А.Д. Основы геокриологии : учебное пособие / А.Д. Маслов, Г.Г. Осадчая, Н.В. Тумель, Н.А. Шполянская. – Ухта : Ин-т упр., информации и бизнеса, 2005. – 176 с.
82. Матвеева, Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики / Н.В. Матвеева. – Труды Ботанического института имени В.Л. Комарова. Вып. 21. – СПб, 1998. – 219 с.
83. Медведев, А.А. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для тематического крупномасштабного картографирования / А.А. Медведев, Н.А. Алексеенко // Вопросы географии. – 2017. – № 144. – С. 408-426.
84. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт / ред. Н.П. Сорокина. – М. : Россельхозакадемия, 2006. – 159 с.
85. Мировая реферативная база почвенных ресурсов : Международная система почвенной классификации для диагностики почв и составления легенд почвенных карт / пер. с англ. Софии Фортовой. Науч. ред. пер. М.И. Герасимовой, П.В. Красильникова. – 4-е издание. – М. : МАКС Пресс, 2024. – 248 с.
86. Михайлов, И.С. Изменение почвенно-растительного покрова в Высокой Арктике Восточной Сибири / И.С. Михайлов // Почвоведение. – 2020. – № 6. – С. 663-672. DOI: 10.31857/S0032180X20060088.
87. Михайлов, И.С. Почвенная карта российской Арктики масштаба 1:1 000 000: содержание и опыт составления / И.С. Михайлов // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 411-419. DOI: 10.7868/S0032180X16040092.
88. Мудров, Ю.В. Мерзлотные явления в криолитозоне равнин и гор: основные понятия и определения / Ю.В. Мудров. – Иллюстрированный энциклопедический справочник. – М. : Науч. мир, 2007. – 312 с.
89. Национальный атлас Арктики. – М. : Роскартография, 2017. – 495 с.
90. Национальный атлас почв Российской Федерации / ред. С.А. Шоба, И.О. Алябина, И.С. Урасевская, О.В. Чернова. – М. : Астрель, 2011. – 631 с.
91. Никифорова, Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока европейской части СССР / Л.Д. Никифорова // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. – М. : Наука, 1982. – С. 154-161.

92. Оберман, Н.Г. Глобальное потепление и изменения криолитозоны Печоро-Уральского региона / Н.Г. Оберман // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 4. – С. 63-68.
93. Остров Вайгач: природа, климат и человек / ред. Ю.В. Калинин. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – 542 с.
94. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария: поздний плейстоцен – голоцен : атлас-монография. – ГЕОС, 2009. – 119 с.
95. Пастухов, А.В. Почвы экотона лесотундры / А.В. Пастухов, И.В. Забоева // Вестник института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2010. – № 2 (148). – С. 5-10.
96. Пастухов, А.В. Экологическое состояние мерзлотных бугристых торфяников на Северо-Востоке Европейской России / А.В. Пастухов, Д.А. Каверин // Экология. – 2016. – № 2. – С. 94-102. DOI: 10.7868/S0367059716010108.
97. Пастухов, А.В. Маркеры трансформации органического вещества в мерзлотных бугристых болотах на европейском Северо-Востоке / А.В. Пастухов, К. Кноблаух, Е.В. Яковлева, Д.А. Каверин // Почвоведение. – 2018. – № 1. – С. 48-61. DOI: 10.7868/S0032180X18010057.
98. Пастухов, А.В. О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках в микроэкотоне тундра-лесотундра / А.В. Пастухов // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 3. Биология – 2008. – С. 117-126.
99. Полевой определитель почв России. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.
100. Полынцева, О.А. Почвы Коми АССР / О.А. Полынцева. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1958. – 198 с.
101. Попов, А.И. Блочный рельеф на севере Западной Сибири и в Большеземельской тундре / А.И. Попов // Вопросы физической географии полярных стран. – 1958. – № 1. – С. 146-154.
102. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000 / сост. В.М. Фридланд. – М. : ГУГК, 1988.
103. Почвы и растительность восточноевропейской лесотундры. Ч. 2. – Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1972. – 336 с.
104. Программа почвенной карты СССР масштаба 1: 2 500 000 / сост.: В. М. Фридланд, Н. А. Караваева, Е. Н. Руднева и др.; Отв. ред. В. М. Фридланд. – М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1972. – 158 с.
105. Розанов, Б.Г. Морфология почв : учебник / Б.Г. Розанов. – М. : Акад. Проект, 2004. – 432 с.
106. Романенко, Ф.А. Особенности развития тундрового микрорельефа Таймыра / Ф.А. Романенко, А.П. Хольнов, Н.Е. Зарецкая // Геоморфология. – 1998. – № 1. – С. 100-106.
107. Романовский, Н.Н. Основы криогенеза литосферы / Н.Н. Романовский. – М. : Изд-во МГУ, 1993. – 334 с.
108. Рудовиц, Ю.Л. Геологическое строение острова Колгуева по работам лета 1938 года / Ю.Л. Рудовиц. – Л. : Всесоюзный единый геологический институт, 1939.
109. Русанова, Г.В. Почвы северо-запада Большеземельской тундры (бассейн р. Ортин) / Г.В. Русанова, С.В. Денева, В.В. Канев // Почвоведение. – 2004. – № 7. – С. 792-803.
110. Русанова, Г.В. Почвы реликтовых островков ели на северо-западе Большеземельской тундры / Г.В. Русанова, С.В. Денева // Лесоведение. – 2006. – № 2. – С. 21-25.

111. Русанова, Г.В. Особенности генезиса автоморфных почв северной лесотундры (юго-восток Большеземельской тундры) / Г.В. Русанова, С.В. Денева, О.В. Шахтарова // Почвоведение. – 2015. – № 2. – С. 145. DOI: 10.7868/S0032180X15020100.
112. Русанова, Г.В. Динамические аспекты почвообразования в Большеземельской тундре / Г.В. Русанова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2011. – № 2 (6). – С. 38-44.
113. Русанова, Г.В. Почвы лесных островков бассейна р. Море-ю (Большеземельская тундра) / Г.В. Русанова, В.В. Канев // Почвоведение. – 2003. – № 10. – С. 1177-1188.
114. Русанова, Г.В. Микроморфология почв восточно-европейского сектора Субарктики / Г.В. Русанова // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 793-802.
115. Русанова, Г.В. Полигенез и эволюция почв Субарктического сектора (на примере Большеземельской тундры) / Г.В. Русанова. – СПб : Наука, 2010. – 166 с.
116. Русанова, Г.В. Особенности автоморфного почвообразования в ландшафтах Большеземельской тундры / Г.В. Русанова, О.В. Шахтарова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2013. – № 3 (15). – С. 27-34.
117. Русанова, Г.В. Почвы лесных и тундровых ландшафтов северной лесотундры (бассейны рек Сейда и Хоседа-ю) / Г.В. Русанова, О.В. Шахтарова, А.В. Пастухов // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 3. Биология – 2014. – С. 50-61.
118. Русанова, Г.В. Структурная организация и профильная дифференциация веществ в автоморфных почвах юго-востока большеземельской тундры / Г.В. Русанова, О.В. Шахтарова // Вестник Томского Государственного Университета. Биология. – 2012. – № 3 (19). – С. 18-32.
119. Русанова, Г.В. Эволюция почв тундр / Г.В. Русанова // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / ред. В.Н. Кудяров, И.В. Иванов. – М. : ГЕОС, 2015. – С. 357-367.
120. Рычагов, Г.И. Общая геоморфология : учебник / Г.И. Рычагов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Московского университета, 2006. – 415 с.
121. Саввинов, Н.И. Отчет экспедиции летом 1930 года по изысканию залежей гуано на островах Сев.Ледовитого океана / Н.И. Саввинов, Н.Л. Смоленский. – Отчет. – Почвенно-исследовательская станция МИАП, 1930.
122. Савин, И.Ю. Компьютерная имитация картографирования почв / И.Ю. Савин // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2012.
123. Скрябина, О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения : учебное пособие / О.А. Скрябина. – Пермь : Пермская ГСХА, 2007. – 151 с.
124. Смирнова, З.Н. Растительные ассоциации о-ва Колгуева / З.Н. Смирнова // Ботанический журнал СССР. – 1938. – Т. 23. – № 5-6.
125. Соколов, И.А. О некоторых теоретических проблемах классификации и географии почв в связи концепцией почвенного индивидуума / И.А. Соколов // Почвоведение. – 1997. – № 3. – С. 310-321.
126. Соколов, И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / ред. И.А. Соколов; М.И. Дергачева. – 2-е изд. испр. и доп. – Новосибирск : Гуманитарные технологии, 2004. – 288 с.

127. Солнцев, Н.А. Остров Колгуев : Физико-географический очерк / Н.А. Солнцев // Ученые записки МГУ. – 1938. – География. – № 14. – С. 203-271.
128. Суходольский, С.Е. Парагенезис подземных вод и многолетнемерзлых пород / С.Е. Суходольский. – М. : Наука, 1982. – 152 с.
129. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л. А. Воробьевой. – М. : ГЕОС, 2006. – 400 с.
130. Тигеев, А.А. Современная динамика природной и антропогенной растительности зоны предтундровых лесов Западной Сибири по данным вегетационного индекса / А.А. Тигеев, Д.В. Московченко, А.В. Фахретдинов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 166-177. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-166-177.
131. Тонконогов, В.Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин / В.Д. Тонконогов. – М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2010. – 286 с.
132. Тонконогов, В.Д. Генезис и классификационное положение автоморфных почв на покровных суглинках северной тайги Европы / В.Д. Тонконогов, А.В. Пастухов, И.В. Забоева // Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 29-36.
133. Тыртиков, А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа / А.П. Тыртиков. – М. : Наука, 1979. – 116 с.
134. Ульянова, Т.Ю. Практические занятия по курсу «Картография почв» / Т.Ю. Ульянова, Ю.Н. Зборищук. – 2-е, перераб. и дополнен. – 2005. – 120 с.
135. Урусевская, И.С. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте : учебное пособие / И.С. Урусевская, И.О. Алябина, С.А. Шоба. – М. : МАКС Пресс, 2020. – 100 с.
136. Ференс-Сороцкий, А.А. Геоморфология и новейшая тектоника острова Колгуев / А.А. Ференс-Сороцкий // Геоморфология. – 1982. – № 2. – С. 90-95.
137. Фридланд, В.М. О структуре (строении) почвенного покрова / В.М. Фридланд // Почвоведение. – 1965. – № 4. – С. 15-28.
138. Фридланд, В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М. : Мысль, 1972. – 423 с.
139. Фридланд, В.М. Структура почвенного покрова: задачи и методы ее изучения / В.М. Фридланд // Почвенные комбинации и их генезис : сборник статей / АН СССР. – М. : Наука, 1972.
140. Фридланд, В.М. Структуры почвенного покрова мира / В.М. Фридланд. – М. : Мысль, 1984. – 235 с.
141. Хитров, Н.Б. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы / Н.Б. Хитров, М.И. Герасимова // Почвоведение. – 2022. – № 1. – С. 3-14. DOI: 10.31857/S0032180X22010087.
142. Холод, С.С. Растительность и структурные грунты Арктики / С.С. Холод // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – № 1. – С. 35-39.
143. Чернов, Ю.И. Жизнь тундры / Ю.И. Чернов. – М. : Мысль, 1980. – 236 с.

144. Шматова, А.Г. Криогенные микроструктуры почвенного покрова подзоны типичных тундр Европейской территории России / А.Г. Шматова, С.В. Горячкин // Почвоведение. – 2025. – № 12. – С. 1752-1768. DOI: 10.7868/S3034561825120073.
145. Шматова А. Г. Пространственная организация почвенного покрова ключевого участка в центральной части острова Колгуев // «Почвоведение. Горизонты будущего. 2025» Сборник тезисов докладов девятой конференции молодых ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2025. - С.118
146. Шматова, А.Г. Разнообразие почв острова Колгуев с криометаморфическими горизонтами / А.Г. Шматова, В.А. Лобков // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2024. – № Специальный выпуск по материалам VII конференции молодых ученых “Почвоведение: Горизонты будущего. 2023”. – С. 5-36. DOI: 10.19047/0136-1694-2024-СПУС-5-36.
147. Шматова, А. Г. Разнообразие структурных грунтов острова Колгуев и проблемы их типизации / А. Г. Шматова. // К познанию цельного образа криосферы земли. Изучение природных явлений и ресурсного потенциала Арктики и Субарктики. / Сборник докладов – Тюмень: ТюмГУ-Press, 2023. – С. 313-317.
148. Шматова, А.Г. Анализ временной серии снимков Landsat для выявления климатически обусловленных изменений в структуре ландшафтов острова Колгуев / А.Г. Шматова, Ю.А. Лошагина, П.М. Глазов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20. – № 4. – С. 149-164. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-149-164.
149. Шульга, И.А. К вопросу о природе и почвах острова Колгуева / И.А. Шульга // Почвоведение. – 1904. – Т. 6. – № 2. – С. 177-180.
150. Шульга, И.А. Лето на острове Колгуев / И.А. Шульга // Землеведение. – 1909. – Т. кн.1,2.
151. Ямало-Гыданская область : Физ.-геогр. характеристика / ред. Р.К. Сиско / Арктический и антарктический НИИ (Ленинград). – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 309 с.
152. Beamish, A. Recent trends and remaining challenges for optical remote sensing of Arctic tundra vegetation: a review and outlook / A. Beamish, M.K. Raynolds, H. Epstein et al. // Remote Sensing of Environment. – 2020. – Vol. 246. – P. 111872. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111872.
153. Bhatt, U.S. Changing seasonality of panarctic tundra vegetation in relationship to climatic variables / U.S. Bhatt, D.A. Walker, M.K. Raynolds et al. // Environmental Research Letters. – 2017. – Vol. 12. – № 5. – P. 055003. DOI: 10.1088/1748-9326/aa6b0b.
154. Bockheim, J.G. The National Soil Survey Center Database for Permafrost-Affected Soils (Gelisols) / J.G. Bockheim, J.M. Kimble, C.L. Ping // Soil Survey Horizons. – 1996. – Vol. 37. – № 4. – P. 111-119. DOI: 10.2136/sh1996.4.0111.
155. Bockheim, J.G. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils / J.G. Bockheim, C. Tarnocai // Geoderma. – 1998. – Vol. 81. – № 3-4. – P. 281-293. DOI: 10.1016/S0016-7061(97)00115-8.
156. Daanen, R.P. Simulating nonsorted circle development in arctic tundra ecosystems / R.P. Daanen, D. Misra, H. Epstein et al. // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. – 2008. – Vol. 113. – № G3. – P. G03S06. DOI: 10.1029/2008JG000682.
157. Drew, J.V. Arctic Soil Classification and Patterned Ground / J.V. Drew, J.C.F. Tedrow // ARCTIC. – 1962. – Vol. 15. – № 2. – P. 109-116. DOI: 10.14430/arctic3563.
158. French, H.M. The Periglacial Environment / H.M. French. – 4th edition – Wiley, 2017.

159. Fu, D. Patterns of Arctic Tundra Greenness Based on Spatially Downscaled Solar-Induced Fluorescence / D. Fu, F. Su, J. Wang, Y. Sui // *Remote Sensing*. – 2019. – Vol. 11. – № 12. – P. 1460. DOI: 10.3390/rs11121460.
160. Heijmans, M.M.P.D. Tundra vegetation change and impacts on permafrost / M.M.P.D. Heijmans, R.Í. Magnússon, M.J. Lara et al. // *Nature Reviews Earth & Environment*. – 2022. – Vol. 3. – № 1. – P. 68-84. DOI: 10.1038/s43017-021-00233-0.
161. Hijmans, R.J. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas / R.J. Hijmans, S.E. Cameron, J.L. Parra et al. // *International Journal of Climatology*. – 2005. – Vol. 25. – № 15. – P. 1965-1978. DOI: 10.1002/joc.1276.
162. Hopkins, D.M. Frost action and vegetation patterns on Seward Peninsula, Alaska / D.M. Hopkins, R.S. Sigafos // *Geological Survey Bulletin*. – Washington : US Government Printing Office, 1951.
163. Johnson, W.M. The Pedon and the Polypedon / W.M. Johnson. – 1963. – № 27. – P. 212-215. DOI: 10.2136/sssaj1963.03615995002700020034x.
164. Kaakinen, A. Holocene pollen stratigraphy indicating climatic and tree-line changes derived from a peat section at Ortino, in the Pechora lowland, northern Russia / A. Kaakinen, M. Eronen // *The Holocene*. – 2000. – Vol. 10. – № 5. – P. 611-620. DOI: 10.1191/095968300677433659.
165. Kokelj, S.V. The Structure and Dynamics of Earth Hummocks in the Subarctic Forest Near Inuvik, Northwest Territories, Canada / S.V. Kokelj, C.R. Burn, C. Tarnocai // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. – 2007. – Vol. 39. – № 1. – P. 99-109. DOI: 10.1657/1523-0430(2007)39[99:TSADOE]2.0.CO;2.
166. Lara, M.J. Reduced arctic tundra productivity linked with landform and climate change interactions / M.J. Lara, I. Nitze, G. Grosse et al. // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – № 1. – P. 2345. DOI: 10.1038/s41598-018-20692-8.
167. Lavrinenko, O.V. State of island spruce forests in the Western part of the Bolshezemelskaya tundra after 23 years / O.V. Lavrinenko, I.A. Lavrinenko, K.I. Simonova // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. – 2024. – Vol. 15. – № 1. – P. 30-67. DOI: 10.18822/edgcc629471.
168. Lavrinenko, O.V. Twenty-one year dynamics of vegetation from long-term plots in East European tundra / O.V. Lavrinenko, I.A. Lavrinenko // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. – 2022. – Vol. 13. – № 2. – P. 70-103. DOI: 10.18822/edgcc109513.
169. Lavrinenko, O.V. Impact of Climate Warming on Floristic Diversity of the East European Tundra / O.V. Lavrinenko, G.A. Tyusov, V.V. Petrovsky // *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. – 2022. – Vol. 13. – № 1. – P. 35-48. DOI: 10.18822/edgcc101643.
170. Lewkowicz, A. An Illustrated Permafrost Dictionary / A. Lewkowicz, S. Wolfe, V. Roujanski et al. – Canadian Permafrost Association (CPA), 2024.
171. Liljedahl, A.K. Pan-Arctic ice-wedge degradation in warming permafrost and its influence on tundra hydrology / A.K. Liljedahl, J. Boike, R.P. Daanen et al. // *Nature Geoscience*. – 2016. – Vol. 9. – № 4. – P. 312-318. DOI: 10.1038/ngeo2674.
172. MacDonald, G.M. Holocene Treeline History and Climate Change Across Northern Eurasia / G.M. MacDonald, A.A. Velichko, C.V. Kremenetski et al. // *Quaternary Research*. – 2000. – Vol. 53. – № 3. – P. 302-311. DOI: 10.1006/qres.1999.2123.

173. Mackay, J.R. The origin of hummocks, western Arctic coast, Canada / J.R. Mackay // Canadian Journal of Earth Sciences. – 1980. – Vol. 17. – № 8. – P. 996-1006. DOI: 10.1139/e80-100.
174. Multi-language glossary of permafrost and related ground-ice terms / Edited by R.O. van Everdingen / The Arctic Institute of North America, The University of Calgary. – Calgary : International Permafrost Association, 2005. – No. 142. – 156 p.
175. Myers-Smith, I.H. Complexity revealed in the greening of the Arctic / I.H. Myers-Smith // Nature Climate Change. – 2020. – Vol. 10. – P. 106-117. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0688-1>.
176. Myers-Smith, I.H. Shrub expansion in tundra ecosystems: dynamics, impacts and research priorities / I.H. Myers-Smith, B.C. Forbes, M. Wilkening et al. // Environmental Research Letters. – 2011. – Vol. 6. – № 4. – P. 045509. DOI: 10.1088/1748-9326/6/4/045509.
177. Nill, L. Arctic shrub expansion revealed by Landsat-derived multitemporal vegetation cover fractions in the Western Canadian Arctic / L. Nill, I. Grünberg, T. Ullmann et al. // Remote Sensing of Environment. – 2022. – Vol. 281. – P. 113228. DOI: 10.1016/j.rse.2022.113228.
178. Olvmo, M. Sub-arctic palsa degradation and the role of climatic drivers in the largest coherent palsa mire complex in Sweden (Vissátvuopmi), 1955–2016 / M. Olvmo, B. Holmer, S. Thorsson et al. // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – № 1. – P. 8937. DOI: 10.1038/s41598-020-65719-1.
179. Peterson, R.A. Differential frost heave model for patterned ground formation: Corroboration with observations along a North American arctic transect / R.A. Peterson, W.B. Krantz // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. – 2008. – Vol. 113. – № G3. – P. G03S04. DOI: 10.1029/2007JG000559.
180. Phoenix, G.K. Arctic browning: extreme events and trends reversing arctic greening / G.K. Phoenix, J.W. Bjerke // Global Change Biology. – 2016. – Vol. 22. – № 9. – P. 2960-2962. DOI: 10.1111/gcb.13261.
181. Ping, C.L. Soils of Alaska: LRRs W1, W2, X1, X2, and Y / C.L. Ping, M.H. Clark, D. D'Amore et al. // The Soils of the USA. – Cham : Springer International Publishing, 2017. – P. 329-350.
182. Pristupa, A.O. Reindeer herders without reindeer. The challenges of joint knowledge production on Kolguev island in the Russian Arctic / A.O. Pristupa, M. Lamers, M. Tysiachniouk, B. Amelung // Society & Natural Resources. – 2019. – Vol. 32. – № 3. – P. 338-356. DOI: 10.1080/08941920.2018.1505012.
183. Raynolds, M.K. A raster version of the Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM) / M.K. Raynolds, D.A. Walker, A. Balser et al. // Remote Sensing of Environment. – 2019. – Vol. 232. – P. 111297. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111297.
184. Scotter, G.W. Earth Hummocks in the Sunshine Area of the Rocky Mountains, Alberta and British Columbia / G.W. Scotter, S.C. Zoltai // ARCTIC. – 1982. – Vol. 35. – № 3. – P. 411-416. DOI: 10.14430/arctic2343.
185. Soil Taxonomy : A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys / United States Department of Agriculture handbook; no. 436. – 2d edition. – United States Department of Agriculture, 1999. – 869 p.
186. Sudakova, M. Using ground penetrating radar for permafrost monitoring from 2015–2017 at CALM sites in the Pechora River delta / M. Sudakova, M. Sadurtdinov, A. Skvortsov et al. // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – № 16. DOI: 10.3390/rs13163271.

187. Tarnocai, C. Earth Hummocks of the Canadian Arctic and Subarctic / C. Tarnocai, S.C. Zoltai // Arctic and Alpine Research. – 1978. – Vol. 10. – № 3. – P. 581-594. DOI: 10.1080/00040851.1978.12003997.
188. The Canadian System of Soil Classification / Soil Classification Working Group. – 3rd edition. – Ottawa : Agriculture and Agri-Food Canada Publications, 1998. – 1646 p.
189. Van Vliet-Lanoe, B. Stratigraphy, age and formation of peaty earth hummocks (pounus), Finnish Lapland / B. Van Vliet-Lanoe, M. Seppala // The Holocene. – 2002. – Vol. 12. – № 2. – P. 187-199. DOI: 10.1191/0959683602hl534rp.
190. Verret, M. Hummocks in alpine tundra, northern British Columbia, Canada: distribution, morphology and organic carbon composition / M. Verret, Y. Wang, J. Bjornson, D. Lacelle // Arctic Science. – 2019. – Vol. 5. – № 3. – P. 127-147. DOI: 10.1139/as-2018-0021.
191. Walker, D.A. Environment, vegetation and greenness (NDVI) along the North America and Eurasia Arctic transects / D.A. Walker, H.E. Epstein, M.K. Reynolds et al. // Environmental Research Letters. – 2012. – Vol. 7. – № 1. – P. 015504. DOI: 10.1088/1748-9326/7/1/015504.
192. Walker, D.A. The Circumpolar Arctic vegetation map / D.A. Walker, M.K. Reynolds, F.J.A. Daniëls et al. // Journal of Vegetation Science. – 2005. – Vol. 16. – № 3. – P. 267-282. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02365.x.
193. Warburton, J. Patterned Ground and Polygons / J. Warburton // Treatise on Geomorphology. – Elsevier, 2013. – P. 298-312.
194. Washburn, A.L. Classification of patterned ground and review of suggested origins / A.L. Washburn // Geological Society of America Bulletin. – 1956. – Vol. 67. – № 7. – P. 823-866. DOI: 10.1130/0016-7606(1956)67[823:COPGAR]2.0.CO;2.
195. Washburn, A.L. Periglacial Processes and Environments / A.L. Washburn. – London : Hodder & Stoughton Educational, 1973. – 328 p.
196. World Reference Base for Soil Resources : International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps / IUSS Working Group WRB. – 4th edition. – Vienna : International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Геологические и геоморфологические карты

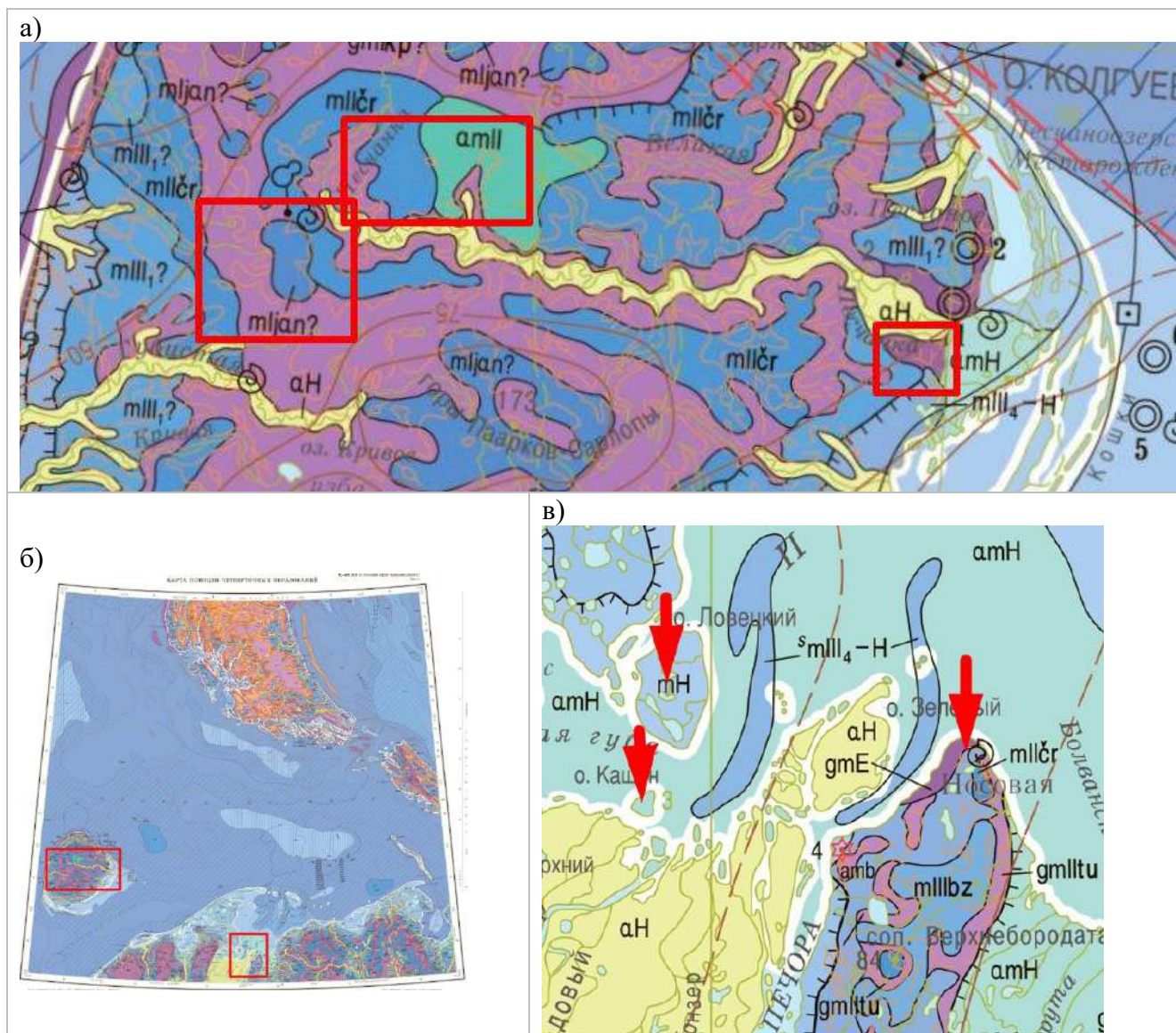


Рисунок А1 – Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-39,40, Масштаб 1:1 000 000 [2013] (б), с отмеченными фрагментами районов исследований (а,в)

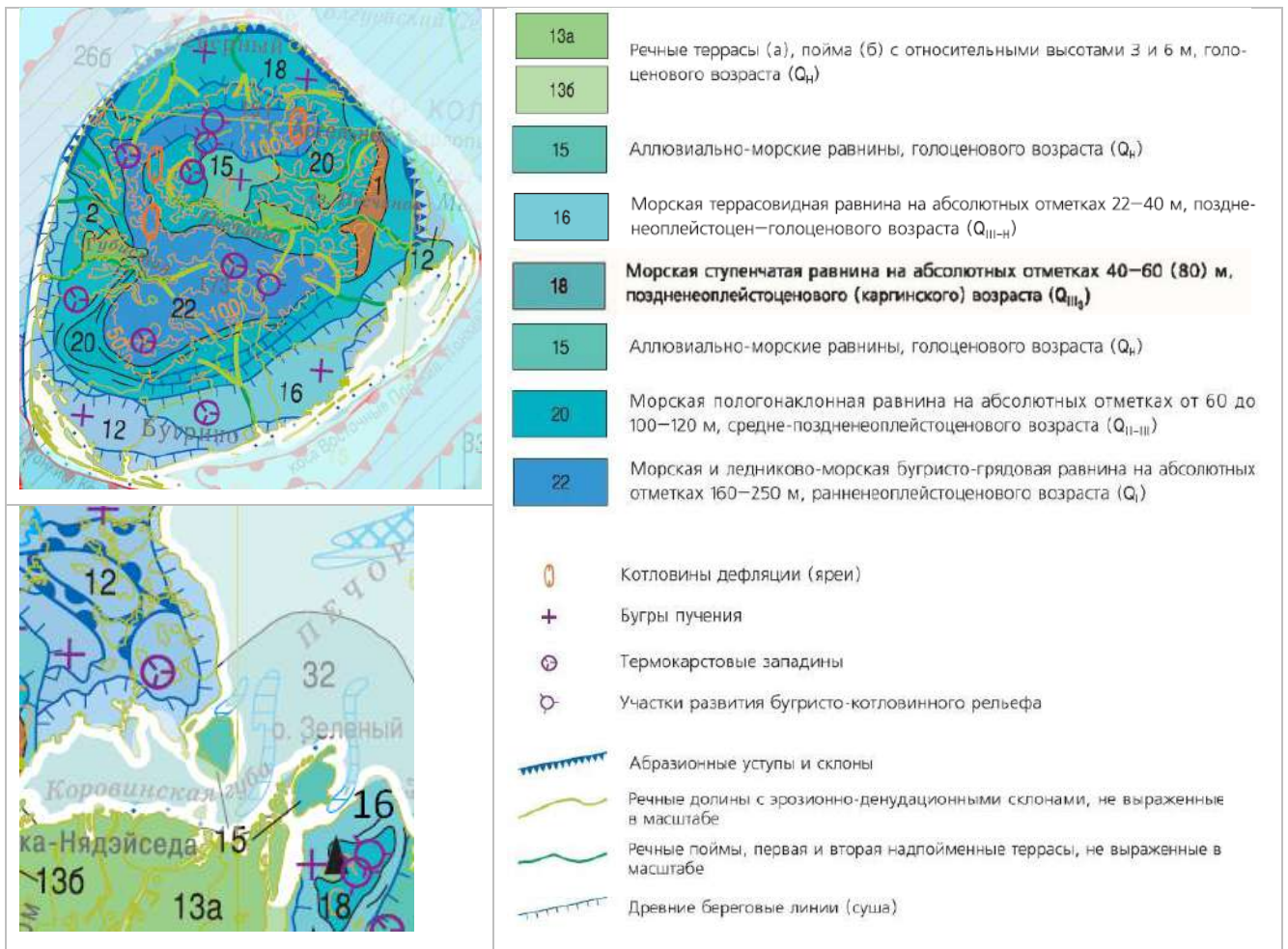


Рисунок А2 – Фрагменты геоморфологической схемы. [Карта плиоцен-четвертичных образований, 2014]



Рисунок А3 – Фрагмент карты четвертичных образований территории Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 [2014] с отмеченными районами исследований

[illegible]

Рисунок А5 – Фрагмент инженерно-геологической карты [1980]

Приложение Б – Описания почв, сгруппированные по типам почв

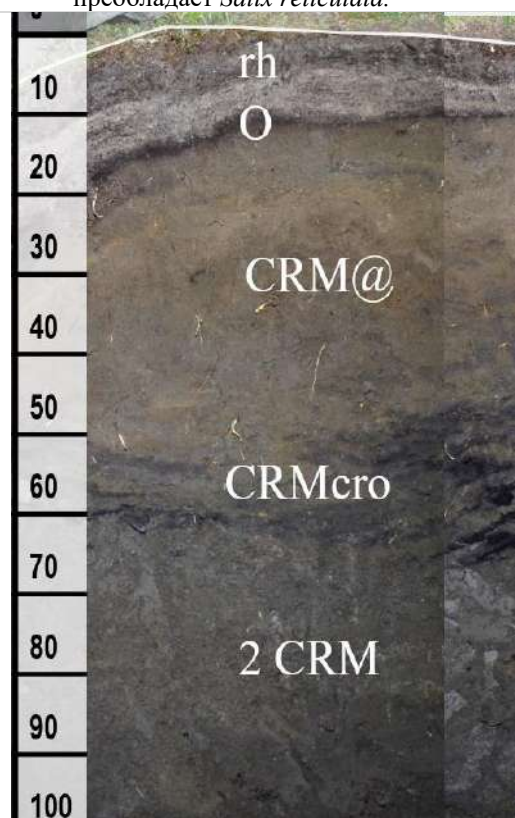
Таблица Б1 – Криометаморфические почвы без потери структуры в верхнем горизонте

К2230 – Криометаморфическая криотурбированная надмерзлотно-органо-аккумулятивная гумусово-стратифицированная почва (в составе конвективной микроструктуры почвенного покрова)

Разрез описан 13.07.2022 в восточной части о. Колгуев (69.126709, 49.964989), на бровке обрыва долины р. Песчанки.

Микрорельеф: полигоны диаметром 4-5м, разделенные ложбинами, поверхность полигона выпуклая; правая часть траншеи пересекает структуру от узла трещин до центра полигона.

Растительность: кустарничково-разнотравно-моховая, кустарнички и травы тяготеют к понижениям в микрорельефе, на выпуклой поверхности полигона доминируют мхи, кустарничков < 40%, среди них преобладает *Salix reticulata*.



rh – 0-10 см – рябая окраска, общие серый тон; переслаивание светлого песка (золотистый привнос с обрыва) и хор. разложенного орг. в-ва, включая отмершие тонкие корни; живых корней кустарничков мало.

[O] – на глубине 10-12 см – прослой орг. в-ва (уплотненная подстилка)

CRM@1 – 10(12)-30 см – мраморная окраска, светлый желто-серый с более темными сероватыми и более светлыми (опесчаненными) пятнами; влажноватый; плотный; легкий суглинок, структура мелкокомковатая, комки с округлыми краями 1-2 мм; единичные корни

CRM@2 – 30-50 см – желтовато-серый (темнее); влажноватый; плотный; чуть тяжелее по гран. составу (легкий к среднему суглинок); структура зернисто-плитчатая, угловатая, мелкая - 1.5-2 мм, снизу крупнее – до 3 мм толщиной; корней мало

CRMcro – 50-60 см – серый с желтоватыми фрагментами верхнего горизонта и темно-серыми до черного прослоями хор. разложенного орг. в-ва; влажноватый; плотный; легкий к среднему суглинок; структура плитчатая, толщина 2-3мм, длина – 10 мм, местами на верхних гранях кремнеземистая присыпка; много камней (в т.ч. валунов) на нижней границе

2 CRM – 60-(100) см – серый, влажный; средний суглинок; плотный, липкий; структура неоднородная: в разных местах плитчатая, зернистая, плитчато-зернистая, мелкокомковатая; местами тонкие линзы чистого светлого песка (до 1 см); единичные тонкие корни; много мелких камней: дресвы, гальки, гравия.

К2305 – Криометаморфическая криотурбированная надмерзлотно-органо-аккумулятивная перегнойная почва в составе конвективной микроструктуры почвенного покрова

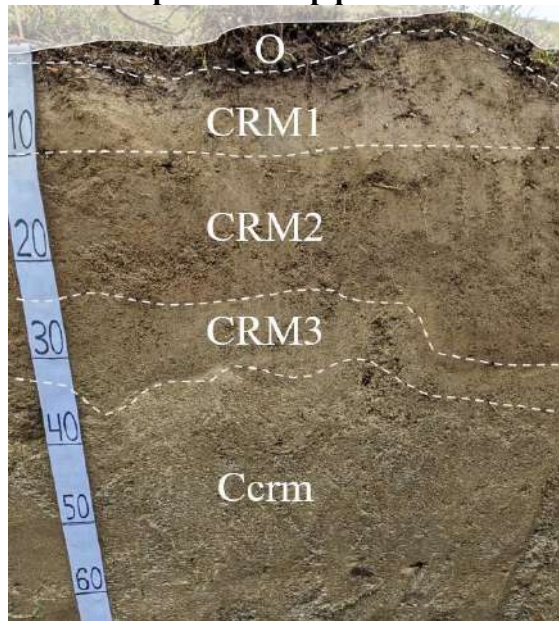
Разрез описан в восточной части Колгуева (69.1192, 49.9651)

Формула профиля: Oh-CRM@-CRMcro

К2322 - Криометаморфическая криотурбированная надмерзлотно-органо-аккумулятивная почва в составе конвективной микроструктуры почвенного покрова

Разрез описан в восточной части Колгуева (69.126822, 49.968718), на бровке обрыва

Формула профиля: O-CRM@-CRMcro – Описание горизонтов аналогично разрезу K1905

К2325 – Криометаморфическая почва

Разрез описан в восточной части о. Колгуев (69.124255 49.975343), на выходах песков на СЗ склоне (2°) Геодезического холма.

Микрорельеф не выражен.

Растительность: Кустарнички (ПП 60-70%), мох и лишайник (90%)

O – свежий, бурый, хорошо разложенное ОВ

CRM1 – влажноватый, светло-бурый, с темно-бурыми и светло-сероватыми пятнами; комковато-порошистая (не точно) структура; песок к супеси

CRM2 – влажноватый, бурый, легкий суглинок; округлые агрегаты и плитки 2-4мм, кремнистые присыпки по граням

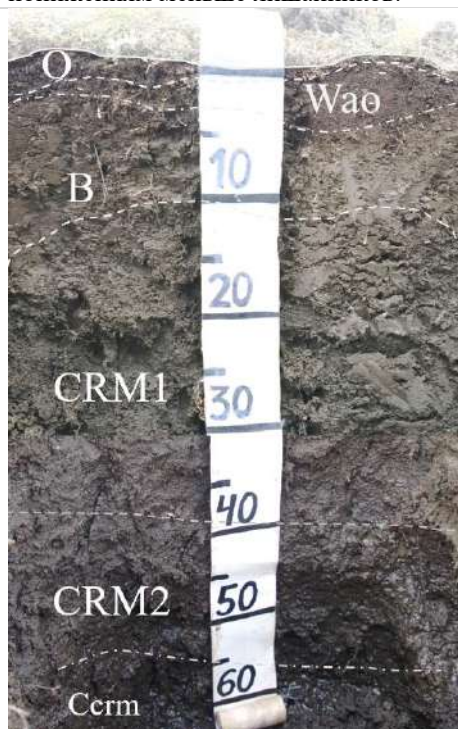
CRM3 – влажноватый, серовато-бурый, легкий суглинок; зернистая (не точно) структура; кремнистые присыпки по граням

Cerm – влажноватый, светло-серовато-бурый (яркие светлые скелетаны), плитчатая (не точно) структура; легкий суглинок с высокой долей песка между агрегатами (до 30% площади среза);

Таблица Б2 – Криометаморфические почвы со слабой структурой верхнего минерального горизонта

К1905 – Криометаморфическая грубогумусированная почва

Разрез К1905 описан 18.07.2019, повторно – 11.08.2021. Разрез заложен на пологом (5°), чуть выпуклом склоне холма юго-западной экспозиции, на высоте 125 м н. у. м. (N 69.108408°; E 48.845955°). Рельеф – холмисто-западинная равнина, расчлененная эрозионными формами и многочисленными термокарстовыми озерами. Микрорельеф выровненный (относительные превышения до 5 см). В растительном покрове кустарнички отсутствуют; общее проективное покрытие (ПП) кустарничков – менее 10%: доминанты *Vaccinium vitis-idaea*; пятна *Empetrum hermaphroditum* и *Arctous alpina*; присутствуют куртины злаков (ПП – 5–10%); мохово-лишайниковый ярус сплошной, однако на повышениях мхи, как правило, отмершие, а по локальным понижениям меньше лишайников.



O – 0–1(5) см – влажный; очень темно-бурый; слабо-, среднеразложившиеся органические остатки; густые корни кустарничков до 4 мм в диаметре, среди них много отмерших. Граница волнистая, переход резкий.

Wao – 1(5)–4(5) см, мощность до 5 см – рассыпчатое сложение; буровато-темно-серый, местами серовато-бурый; прочная икрная структура 1(2) мм; много корней. Переход ясный, граница волнистая.

B – 4(5)–19 см – влажный; буровато-серый, блеклый; тяжелый суглинок, структура неоднородная в разных частях: зернисто-плитчатая, ореховатая, творожистая, местами отсутствует; пор нет, корней мало (до 2 мм в диаметре). Переход постепенный.

CRM1 – 19–40 см – влажный; буровато-темно-серый (темнее B); тяжелый суглинок, зернистая 1(2) мм структура 1-го порядка, творожистая – 2-го. Включения темно-бурого песка в виде отдельных скоплений. Переход постепенный.

CRM2 – 40–55 см – мокрый; буровато-темно-серый; тяжелый суглинок, мелкозернисто-ооидная структура 1-го порядка, творожистая – 2-го.

Переход постепенный.

Cerm – от 55 см – влажный; буровато-темно-серый; тяжелый суглинок, ореховато-плитчатая структура 1-го порядка, творожистая – 2-го. Единичные корни до 2 мм в диаметре.

Данные анализов в Приложении Г.

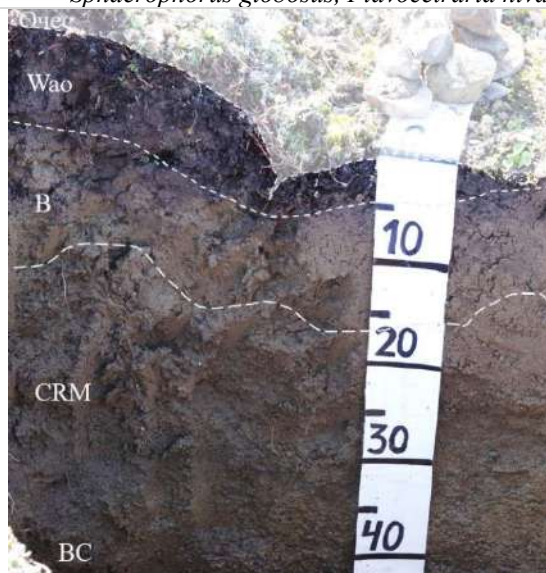
K1908 – Криометаморфическая грубогумусированная почва бугорка

Разрез описан 21.07.2019 (влажный год, много осадков) в центральной части о. Колгуев (69.188717, 48.941622)

Рельеф: плоская равнина; мезорельеф: небольшое возвышение (10 м в диаметре и около 1 м высоты).

Микрорельеф: волнисто-бугорковатый, в понижениях встречаются пятна голого грунта.

Растительность: *Salix lanata* (ПП 1%, h до 20 см); Кустарнички (ПП 5%): *Arctous alpina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Salix herbacea*; Травы (ПП 2%): *Carex pallida*; *Deschampsia sp.*; *Festuca ovina*(?); *Equisetum arvense*; Мхи (ПП 90%): *Dicranum* (60 %), *Polytrichum* (30%), *Pleurozium schreberi*(?), *Ptilidium ciliare* (в понижениях); Лишайники (ПП 50%): *Cladonia arbuscula*, *Cladonia gracilis*, *Sphaerophorus globosus*, *Flavocetraria nivalis*, *Cladonia rangiferina*.



Очес мхов и лишайников – 2 см – на бугорке

Wao – мощность от 2 см до 7 см на бугорке – буровато-темно-серый с отмытыми песчаными зернами; влажный; много корней.

B – мощность около 10 см – серовато-бурый, влажный, опесчаненный суглинок; слабая комковатая структура с тенденцией к горизонтальной делимости; много корней. Граница волнистая, переход заметный

CRM – 10(15)-35 см – палево-рыжевато-бурый, влажный, к низу сырой, опесчаненный суглинок, комковато-крупнозернистый. Постепенный переход.

BC – 35-70 см – палево-рыжевато-бурый, но неоднородной окраски со слабоконтрастными пятнами; мокрый; суглинок более тяжелый, менее опесчаненный; структура крупнозернистая – плитчатая с глянцевыми гранями

Дресва и гравий по всему профилю; крупные – сконцентрированы под очесом на бугорке.

Надмерзлотных воды – с 50 см.

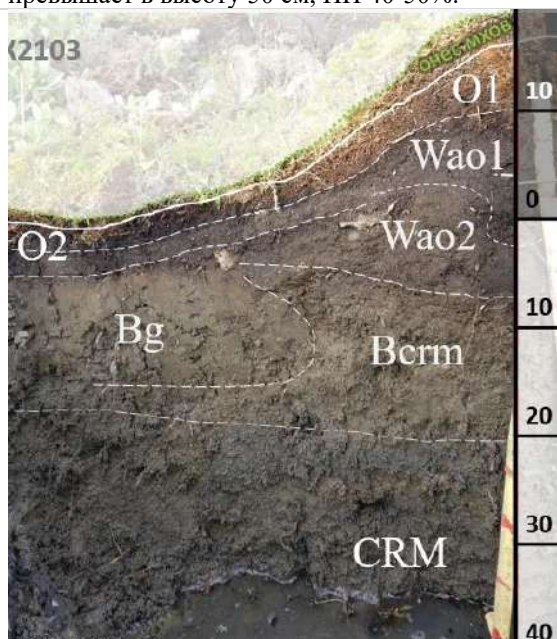
Мерзлота не вскрыта.

Данные анализов в Приложении Г.

K2103 – Криометаморфическая грубогумусированная почва бугорка

(в составе бугорковатой микроструктуры почвенного покрова)

Разрез K2103 был описан на борту более проточной ложбины. Он расположен на ключевом участке, на высоте 103 м н. у.м. (N 69.12023°; E 48.7115°). Растительность: ивняково-кустарничково-моховая. Ива (*Salix lanata*) не превышает в высоту 50 см, ПП 40-50%.



O1 – на бугорке – 0-3(7) см – бурый, свежий, слабо разложенные органические остатки мхов.

O2 – между бугорками – 0-3 см – бурый до черного, влажный, слабо разложенные органические остатки.

Wao1 – на бугорке – мощность от 3 до 7 см – влажный; темно-серовато-бурый, пропитан гумусом; структура зернистая, ооидная – средне выраженная, разрушается при сжатии; уплотненный; липкий; легкая глина; единичная дресва; густые корни.

Wao2 – на бугорке – мощность до 10 см – отличается только более светлым цветом, меньшим количеством корней.

Bcrn – на бугорке – глубины: 6-20 см от межбугорковой поверхности – влажный к сырому; серовато-бурый; слабая зернистая структура; уплотненный; легкая глина; единичная дресва.

Bg – между бугорками – глубины: 6-20 см – влажный к сырому; серовато-бурый, с единичными серовато-сизыми пятнами; очень слабая зернистая структура, практически бесструктурный; уплотненный; легкая глина; единичная дресва.

CRM – с глубины 20 см от межбугорковой поверхности – сырой, двух цветов: серовато-бурый (как верхний горизонт) и серый; прочная зернистая структура 1-3мм; уплотненный; легкая глина; единичная дресва.

Уровень надмерзлотных вод – 40 см.

К2111 - Криометаморфическая почва в составе полосчатой микроструктуры почвенного покрова

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.130742, 48.757221)

Профиль почвы полосы: **O-Berm-B-CRM**. Описание горизонтов аналогично разрезу K1905

К2112 – Комплекс:

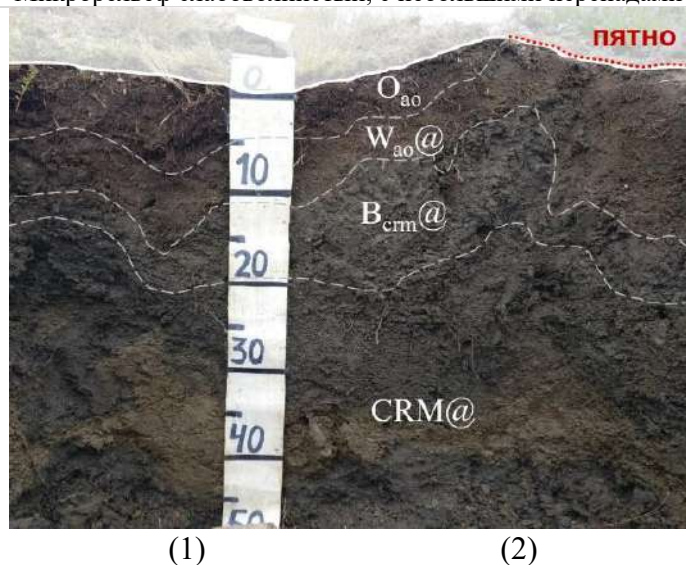
(1) **криометаморфической** грубогумусированной криотурбированной почвы фона

(2) **криоабразема криометаморфического** криотурбированного пятна

Разрез K2112 заложен 7 августа 2021 года на ключевом участке КН (N 69.120597°; E 48.714126°), на высоте 107 м н. у. м., на обрыве южной экспозиции, образованном небольшим термоцирком, образовавшемся на склоне балки.

Растительность: злаково-кустарничково-моховая, кустарнички имеют ПП 50%.

Микрорельеф слабоволнистый, с небольшими перепадами высот. Много криогенных пятен.



Oao – мощность: от 0(пятно) до 10 см (понижение) – влажноватый, темно-бурый, мягкий, рыхлый, дернина корней, мелкокомковатая структура (1мм); грубое орг. в-во; суглинок, есть отмытые зерна песка, скорее всего эолового происхождения.

Wao@ – мощность: от 3-4 до 10 см – влажноватый, блекло-рыжевато-бурый; структура комковато-зернистая (3-4мм), к низу крупнее с тенденцией к горизонтальной делимости; густые корни; уплотненный; единичные включения гравия; граница волнистая, неупорядоченно-искривленная вследствие активной криотурбации.

Berm@ – мощность: от 3 до 12 см – влажноватый, буровато-серый; блестящий по граням, на срезе более блеклый, желтовато-серый; структура плитчатая (2-3*4-5мм); легкая глина с зернами песка, включение мелкой гальки (1 см); уплотненный; граница волнистая, искривленная криотурбацией.

CRM@ – глубины: 15(20)-(50) см – влажноватый, более серый, чуть темнее со светлым палево-охристым прослоем; мелкозернистый, к низу – крупнозернистый; опесчаненный тяжелый суглинок; уплотненный к плотному; присутствуют крупная галька, дресва.

К2206 – Криометаморфическая почва

Разрез описан в восточной части о. Колгуев: 69.129875, 49.818723

Профиль почвы: **O-Berm-CRM** – Описание горизонтов аналогично разрезу K1905, с той разницей что горизонт Berm имеет слабую плитчатую структуру

Таблица Б3 – Криометаморфические глееватые почвы

К1821 – Криометаморфическая почва

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.117867, 48.937921)

Профиль почвы: **O-(Wao)-B(g*)-CRM**. Описание горизонтов аналогично разрезу K1905, с той разницей, что в горизонте Bg присутствуют «слабо заметные сизоватые и желтоватые пятна»

К2101 – Криометаморфическая глееватая почва в составе кольцевой микроструктуры почвенного покрова (почва фона) – см. Таблица Б7

K2103 – Криометаморфическая глееватая грубогумусированная почва в составе бугорковатой микроструктуры почвенного покрова (почва фона) – см. Таблица Б2.

K2113 – Криометаморфическая глееватая грубогумусированная почва в составе микроструктуры почвенного покрова

Разрез описан в центральной возвышенной части о. Колгуев (69.120616, 48.710576)

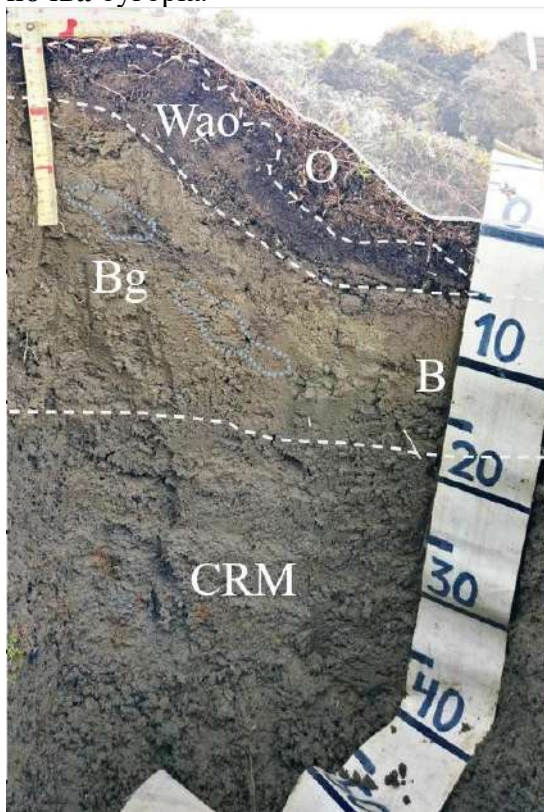
Профиль почвы фона: O-Wao-Bg-CRM. Описание почвы аналогично K2101 (почва фона) и K2116

K2115 – Криометаморфическая глееватая грубогумусированная почва

Возвышенный район Колгуева (69.102645, 48.618589)

Профиль почвы бугорка: O-(Oao)-Bg-CRM. Описание почвы аналогично K2116

K2116 – Криометаморфическая грубогумусированная глееватая почва бугорка



Разрез расположен на о. Колгуев, левом берегу р. Ыбейтарки (69.124779, 48.567372), на пологом склоне СЗЗ экспозиции.

Растительность: лишайниково-мохово-кустарничковая.

Кустарничковый покров разрежен, ПП 50%.

Микрорельеф: бугорковатый, бугорки имеют сглаженные очертания, высотой около 15 см, расположены на расстоянии 1 м.

O – мощность 1-3 см – влажный, темно-бурый, мягкий, влажный, рыхлый, слабо и хорошо разложенное орг. в-во, густые корни.

Wao – мощность 1-7 см – влажный, окраска неоднородная, преобладает палево-бурый цвет с более темными пятнами орг. в-ва; рыхлый, структура мелкокомковатая (1 мм); легкий суглинок. Переход ясный, граница субпараллельна поверхности почвы.

Bg – мощность 13-25 см – влажный, палево-бурый с неяркими сизовато-серыми пятнами с рыжеватой каймой; бесструктурный (непрочная глыбистая) структура, почти тиксотропный; уплотненный; легкий суглинок-супесь. Заметный переход по структуре (4-5 см), граница ровная на глубине 15-17 см от нулевой поверхности (от основания бугорка).

CRM – видимая мощность 25 см – влажный (чуть менее); палево-серый (чуть темнее, серее вышележащего); липкий если сминать структуру; структура зернисто-комковатая 3-4 мм; уплотненный к плотному; легкий суглинок. есть пятна ожеженного песка.

K2213 – Криометаморфическая глееватая перегнойная почва в составе кольцевой микроструктуры почвенного покрова (почва фона) – см. Таблица Б6

Таблица Б4 – Глееземы криометаморфические

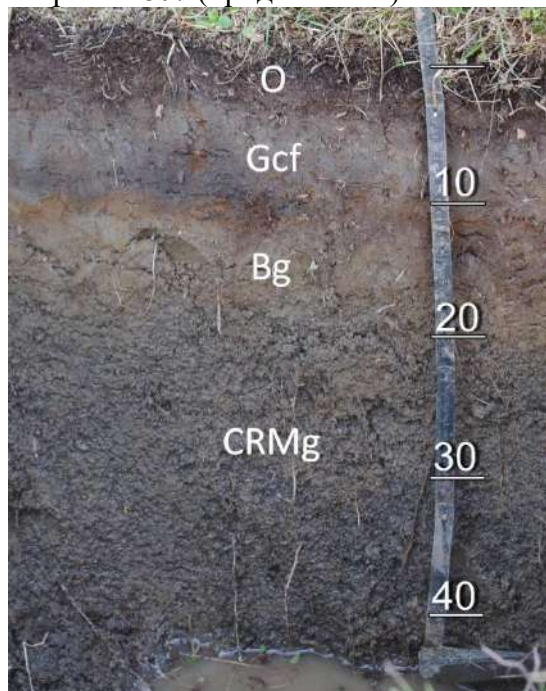
K1807 – Глеезем криометаморфический криогенно-ожеженный (в составе пучинно-бугорковатой микроструктуры почвенного покрова – почва фона)

Разрез описан 11.07.2018 в центральной части о. Колгуев, на полого-холмистой равнине (69.184362, 48.913203).

Рельеф: ложбина на склоне, уклон 2°, Ю. Микрорельеф: бугорки высотой до 50 см, расстояние между бугорками 1.5-2 м. Разрез заложен между бугорками. Растительность: ивняково-травяно-моховая. Ива (*Salix lanata*) высотой до 70 см, ПП – 40-60%.

Уровень надмерзлотных вод – 45 см.

Разрез K1807 (продолжение)



O – 0-5 см – очень темно-бурый до черного, в нижней части серовато-бурый; сырой; плотный за счет густых корней.

Граница: ровная Переход: ясный.

Gcf - 5-14 см – темно-серый, в нижней части темнее, рыжевато-бурые пятна по ходам корней, рыжая кайма по нижней границе; влажный; пылеватый тяжелый суглинок; пластичный, нелипкий, плотный; структура слабая мелкокомковатая; густые корни; включения: единичные щебень и глыбы.

Bg – 14-22 см – неоднородной окраски: преобладает буровато-охристый цвет, пятна – сероватые по ходам корней и рыжеватые; влажный; средний суглинок, нелипкий, пластичный; структура слабая глыбистая; корней много.

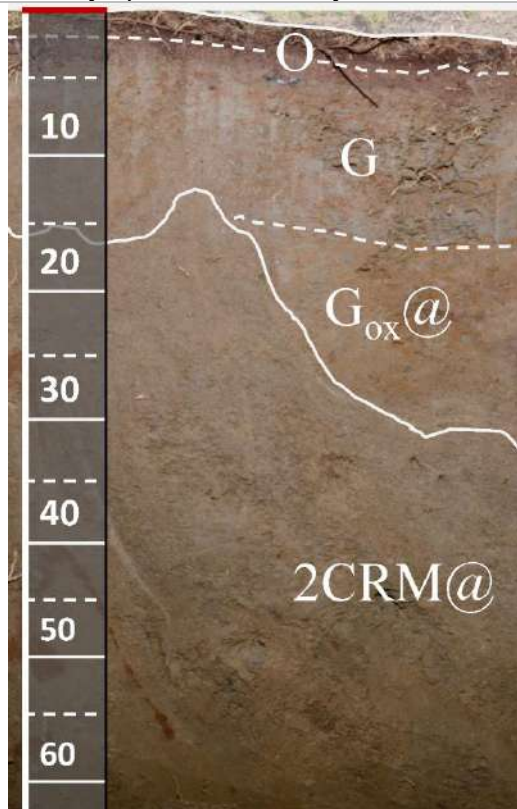
Граница ровная, переход заметный.

CRMg – 22-60 см – темный, буровато-серый; мокрый; средний суглинок; очень липкий; плотный; структура округло-комковатая 2-3 мм, рыжие вкрапления в центре структурных отдельностей, к низу их меньше; корней мало.

Данные анализов в Приложении Г.

K2205 – Глеезем криометаморфический (окисленно-глеевый) криотурбированный
(в составе бугорковатой микроструктуры – почва между бугорками)

Разрез K2205 заложен в верхней части пологого слабовыпуклого склона (1°) северо-западной экспозиции, на высоте 30 м н. у. м., N 69.122918°; E 49.975078°. Микрорельеф бугорковатый; высота бугорков 20–30 см при длине 80–150 см, занимаемая ими площадь – 50%; встречаются округлые и вытянутые бугорки. Растительность: редкоивовая кустарничковая травяно-мохово-лишайниковая тундра. Отдельные кусты *Salix lanata* не превышают 40 см в высоту; ПП кустарничков – до 70%, трав – до 20%; мохово-лишайниковый ярус сплошной, но на бугорках мхи заметно угнетены, лишайники отсутствуют в мочажине, на бугорках их ПП достигает 90%.



O – 0–1 см – почти черный; слабо-, среднеразложившееся органическое вещество с примесью минеральной части (песка, ила).

Переход резкий, граница ровная.

G/Gox@ – 1–9(30) см – влажноватый, мраморовидная окраска: сизо-серые пятна (преобладают до 7(15) см) и рыжевато-ржавые пятна (преобладают от 15 до 30 см – Gox); неоднородный гранулометрический состав: от супеси до легкого суглинка; плитчатая, постшлировая структура, местами скелетаны по граням (шлирам); корней много до 10 см, ниже – мало.

Переход резкий (возможно, литологическая граница), граница карманная (шаг 0.5 м – 1 м).

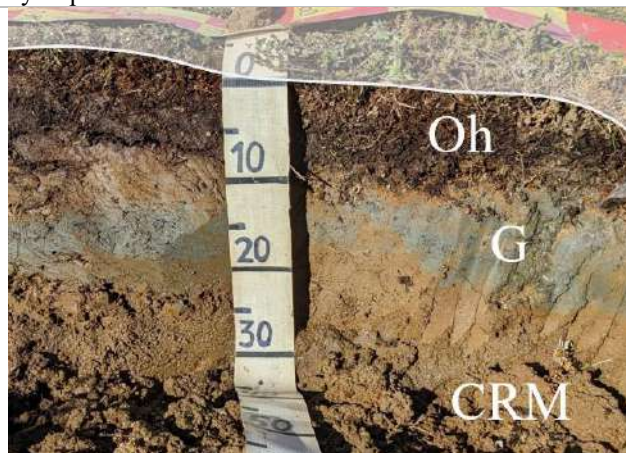
2CRM@ – 9(30) – >70 см – чуть влажнее, серовато-светло-бурый, опесчаненный легкий суглинок; зернисто-комковатая структура с тенденцией к горизонтальной делимости, агрегаты от 1 до 3 мм размером (преобладают 2 мм), часто округлые, к низу горизонта шлировость заметнее; сильная опесчаненность, особенно в нижней части – до супеси; редкие корни.

Включения: сланец, похожий на уголь. Деформированный прослой: рыже-бурый мелкий песок, ожелезненный. Также присутствует коричневый прослой, пропитанный органическим веществом.

Во всем профиле встречается щебень и дресва, иногда выветрелые, рыжие. Сезонная мерзлота на 70 см (24 июня), над мерзлотой – горизонт сырой, тиксотропный.

K2301 – Глеезем криометаморфический перегнойный в составе западинковой микроструктуры почвенного покрова – почва фона

Разрез расположен в восточной части о. Колгуев (69.125191, 49.955336), на ключевом участке, на склоне ЮВ экспозиции, уклон 2-3°. Приподнятая на 0.5 м поверхность, вытянутая вдоль склона. Растительность: кустарничково-моховая.



Oh – 0-6(8) см – влажный, бурый, средней разложённости рыхлый; в нижней части – очень темный, мажущийся, уплотнённый; корней мало. Переход ясный, граница волнистая.

G – влажный, блекло-сизый, с рыжевато-блекло-бурый пятнами по верхней и нижней части горизонта; бесструктурный. Переход заметный, граница волнистая.

CRM – влажный, блекло-серовато-бурый; слабая (из-за влажности) комковатая структура.

Весь профиль: опесчаненный тяжелый суглинок; тиксотропный, умеренно липкий.

K2326 – Глеезем криометаморфический стратифицированный в составе микроструктуры почвенного покрова

Разрез заложен 11.07.2023 в восточной части о. Колгуев (69.12121, 49.946087). Слабонаклонная поверхность вблизи бровки ручья. Общая (фоновая) поверхность: слабоволнистый микрорельеф (перепады менее 5 см). Растительность кустарничково(30-50%)-мохово(25%)-лишайниковая (5-30%); Мочажины в западинках: мох (100%), вороника, накипные лишайники



Опад листьев кустарничков (в западинке), очес мха на повышениях <1 см

rh – слоистый: от 1/2 до 1/3 прослой песка с орг. в-вом, остальное – светло-красно-бурый прослой с преобладанием перегнойного материала.

G(hi) – блеклый, серовато-охристый, с сизоватыми и рыжеватыми пятнами, в верхней части местами прокрашен потечным гумусом – красно-бурые пятна-потеки; влажный; легкий суглинок, бесструктурный.

CRM – серый, влажный, тяжелый суглинок; разноразмерные округлые агрегаты, сверху – в массе комковато-угловатых агрегатов.

K2231 – Глеезем криометаморфический в составе микроструктуры почвенного покрова – см. Таблица Б9

K2229 – Глеезем криометаморфический торфянистый

Разрез K2229 заложен на пологом склоне (2°) юго-восточной экспозиции, на высоте 25 м н. у. м. N 69.125308°; E 49.953757°.

Микрорельеф – пологие бугорки.

Растительность: редкоивовая кустарничково-моховая тундра. На бугорках: *Salix lanata* не превышает по высоте 20 см (ПП 30%); обильно – *Vaccinium uliginosum*; меньше – *Betula nana* (на большинстве бугорков); рассеяно – *Rubus chamaemorus* и *Vaccinium vitis-idaea*. На бугорках и в мочажинах – проективное покрытие травяного яруса менее 5%, представленного в основном осокой. Моховый ярус сплошной. На бугорках могут присутствовать лишайники. Между бугорками встречаются мочажины, занятые гидрофильными мхами.

Разрез 2229 (продолжение)

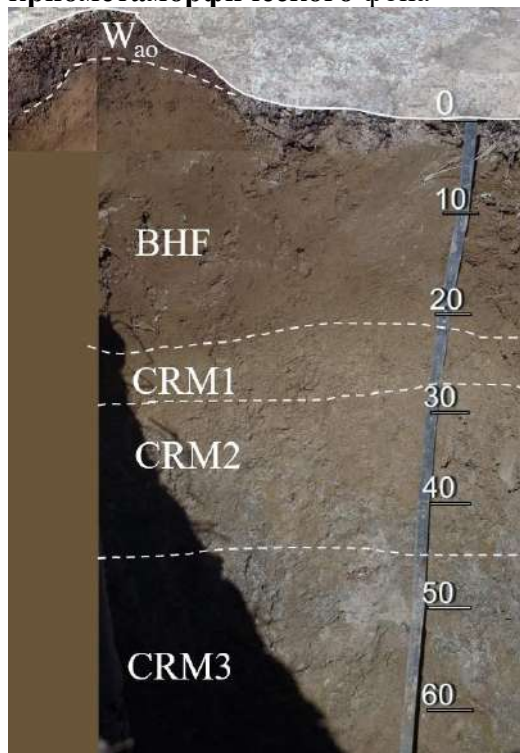


Морфологическое описание разреза K2229:

- O** – (+7)–0 см (фрагментарно) – рыхлый, бурый, слабо разложившиеся органические остатки: очес мхов и листья кустарников.
- T** – 0–9 см – сырой, темно-бурый до черного, не мажется, уплотненный, сероватые минеральные прослои.
- G** – 9–20(22) см – мокрый; окраска неоднородная: серовато-буроватый фон и со светло-сизоватыми и светло-рыжеватыми пятнами; средний к тяжелому суглинок, уплотненный, умеренно липкий; структура непрочная творожистая.
- CRM** – 20(22) >50 см – мокрый, буро-серый; средний к тяжелому суглинок, уплотненный, умеренно липкий, структура комковатая 1.5–2 мм (границы не выражены из-за влажности), центральная часть агрегатов плотнее, суше.

Таблица Б5 – Подбуры криометаморфические

K1811 – Пятнистость подбура криометаморфического грубогумусированного бугорка и подбура криометаморфического фона



Разрез заложен на слабовыпуклой поверхности водораздела, на высоте 69 м н. у. м. (N 69.195524°; E 48.929120°).

Микрорельеф ровный с отдельными бугорками высотой 10–20 см, доля бугорков <30%.

В растительном покрове кустарники отсутствуют; кустарнички присутствуют редкими пятнами (ПП 5%): *Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*, *Betula nana*; травянистый покров разреженный (ПП 5%), представлен в основном редкими куртинами злаков.

Wao – мощность от 7 см на бугорке до 1 см на выровненной поверхности – рыхлый; мягкий; свежий; красновато-темно-бурый; легкий суглинок; мелкокомковатый (<1 см), объединяется в непрочные крупно-комковатые агрегаты; крупные поры; корней много, до 5 мм в диаметре. Переход заметный, граница волнистая.

BHF – +3(1)–22 см (мощность 32–21 см) – уплотненный, рассыпчатый; свежий; бурый с серым оттенком, встречаются более темные (буроватые) и светлые субгоризонтальные прослои; легкий суглинок, слабая глыбисто-комковатая структура порядка, прочная плитчато-комковатая структура порядка. Переход постепенный по наличию скелетан, цвету.

CRM1 – 22–29 см (7 см мощность) – свежий; охристо-светло-бурый; опесчаненный легкий суглинок; слабая глыбистая структура порядка с тенденцией к горизонтальной делимости, прочная комковатая структура порядка, скелетаны по граням тонкие, не отбеленные.

CRM2 – 29–45 см (мощность 16 см) – свежий; более серый и темнее, со светлыми контрастными обильными скелетанами; опесчаненный легкий суглинок; слабая глыбистая структура порядка, прочная зернисто-ореховатая структура порядка; корней мало, тонких.

Переход постепенный по структуре.

CRM3 – от 45 см (мощность более 20 см) – свежий; серовато-темно-бурый с обильной кремнистой присыпкой, местами прокрашенной Fe; опесчаненный легкий суглинок; мелко-глыбистая структура порядка с тенденцией к горизонтальной делимости, непрочная ореховатая структура порядка. С глубиной увеличивается ожелезненность песка (на 65 см практически весь ожелезнен).

Во всем профиле встречается галька, щебень и дресва.

Данные анализов в Приложении Г.

K1815 – Подбур криометаморфический грубогумусированный

Разрез описан в центральной части о. Колгуев, в 500 м к западу от оз. Гольцовое (69.2023, 49.1545)

Профиль почвы: **Wao-BHF-BF-CRM-Crm**. Описание горизонтов аналогично разрезам K1811 и K1909

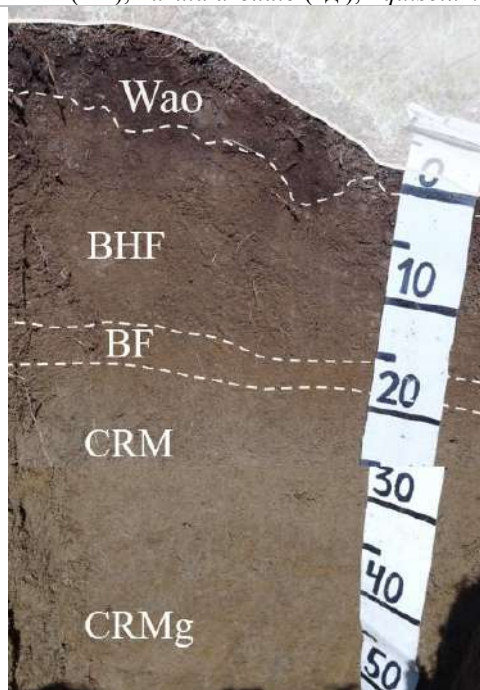
K1909 – Пятнистость подбура криометаморфического грубогумусированного глееватого бугорка и подбура криометаморфического глееватого фона

Разрез K1909 заложен в центральной части о. Колгуев (N 69.1945°; E 48.9138°) на слабовыпуклой поверхности водораздела (уклон 0.3°). Микрорельеф ровный с небольшими отдельными бугорками.

В растительном покрове кустарники отсутствуют; кустарнички присутствуют редкими пятнами (ПП 5%):

Empetrum hermaphroditum, *Vaccinium vitis-idaea*; *Salix herbacea*; травянистый покров (ПП 20%)

представлен куртинами злаков и осок: *Festuca ovina* (15%), *Deschampsia glauca* (5%), *Carex arctisibirica* (2%), *Luzula arcuata* (ед.), *Equisetum arvense* (ед.).



Wao – мощность от 7 (под бугорком) до 2 см – темно-бурый, свежий, рыхлый, невыраженная комковатая структура, отмытые зерна, обильные корни. Граница волнистая, переход резкий.

BHF – мощность 16-18 см – бурый, много корней, уплотненный, структура зернисто-комковатая, сверху мельче, к низу более зернистая, с признаками плитчатости; единичная галька. Граница субгоризонтальная на глубине 18 см от межбугорковой поверхности, волнистая, переход ясный.

BF – мощность 4 см; отличается от вышележащего рыже-бурым цветом. Граница волнистая на глубине 22 см, переход ясный.

CRM – мощность около 20 см – буровато-палевый, комковато-зернистый, к низу – зернисто-плитчатая; зерна кварца по граням агрегатов (скелетаны), на срезе агрегаты слабо липкие; сложение плотное, рассыпчатое (за счет песка между агрегатами); редкие бледные рыжеватые пятна; много корней. Граница на глубине 40 см, переход заметный.

CRMg – видимая мощность 30 см – Мраморная окраска: как CRM1, но с рыжими разводами и рыжими пятнами; мелко-ореховато-плитчатая структура; зерна кварца по граням агрегатов; Много корней.

Весь профиль: Средний к тяжелому суглинок

Данные анализов в Приложении Г.

B2014 – Подбур криометаморфический

Разрез описан 28.07.2020 на полуострове Болванский, на привершинной поверхности кампоподобного холма.

Микрорельеф: выровненный с небольшими западинками. Растительность: кустарничково-мохово-лишайниковая



W – 0-3 см – серо-бурый с красноватым оттенком; свежий, быстро высыхает; рыхлый к уплотненному; дернина корней; отмытые песчаные зерна в смеси с орг. детритом.

BHF – 3-15(17) см – рыже-бурый с красными порами по отмершим корням, с темно-бурыми пятнами, прокрашенными орг. в-вом; свежий; слабая мелкокомковатая структура; песок (полевой метод, вероятно из-за агрегированности), средний суглинок (лаб. определение); много корней.

BF – 15(17)-20(22) см – светлее, желтее-рыжее BHF; супесь к легкому суглинку (полевой метод), очень мелкокомковатая структура.

CRM – 20(22)-(45) см – буровато-серый; плотный; суглинок с тонкими прослоями песка до 3 мм (над прослоями чуть больше ила), прочная комковатая структура разного размера 1-5 мм; скелетаны по граням (неравномерной толщины); редкие мелкие Fe стяжения; встречается щебень и дресва.

Данные анализов в Приложении Г.

В2006 – Подбур криометаморфический

Разрез описан на полуострове Болванский (68.288707, 54.511334)

Профиль почвы: **О-BHF-BF-CRM-Ccrm**. Описание горизонтов аналогично разрезу В2014**Таблица Б6 – Перегнойно-криометаморфические почвы****К1816 – Перегнойно-криометаморфическая глееватая криогенно-ожелезненная почва**

Разрез заложен 19.06.2018 в ложбине на междуречье р. Песчанки и руч. Кривого, в 2 км к западу от впадения р. Ижимки-Тарки (69.1734, 49.0194).

Рельеф: ложбина между двумя пологими холмами, западный склон 1°.

Микрорельеф: слабоволнистый, редкие невысокие бугорки-повышения.

Растительность: Ивняк разнотравно-моховый. Ивы - *Salix lanata*; Травянистый ярус: синюха, одуванчик, валериана. кустарничковый ярус: *Betula nana*; вороника, княженика, морошка.

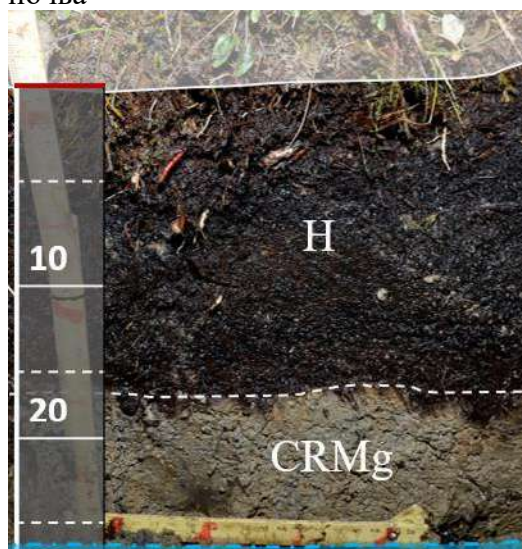
H – 0-17см – темно-бурый до черного; влажный к сырому; очень хорошо разложенные орг. остатки вплоть до образования мелкокомковатой структуры в нижней части; мягкий, плотный; густые корни, до 4 мм.

Граница: ровная. Переход: резкий.

CRMg,cf – 17-55см – влажный; буровато-серый, по верхней границе – рыжевато-бурый; тяжелый суглинок; пластичный, слабо липкий; **структура зернисто-комковатая, верхние 3 см - бесструктурный**; плотный; Fe-стяжение в центре структурных отдельностей; много тонких корней; единичные валуны.

Переход: постепенный.

BCcrm – 55-(65)см – отличается появлением примеси рыжевато-бурого песка, ухудшением структуры

К2223 – Перегнойно-криометаморфическая глееватая почва

Разрез заложен в верхней части пологого склона (2–3°) юго-восточной экспозиции, на высоте 32 м н. у. м. N 69.088072°; E 49.804175° (восточная часть Колгуева). Микрорельеф бугорковато-волнистый. Растительность: кустарниково-травяно-моховое сообщество. Доминирует *Salix myrsinites* (ПП 50–60%); в кустарничковом ярусе присутствует *Salix reticulata*.

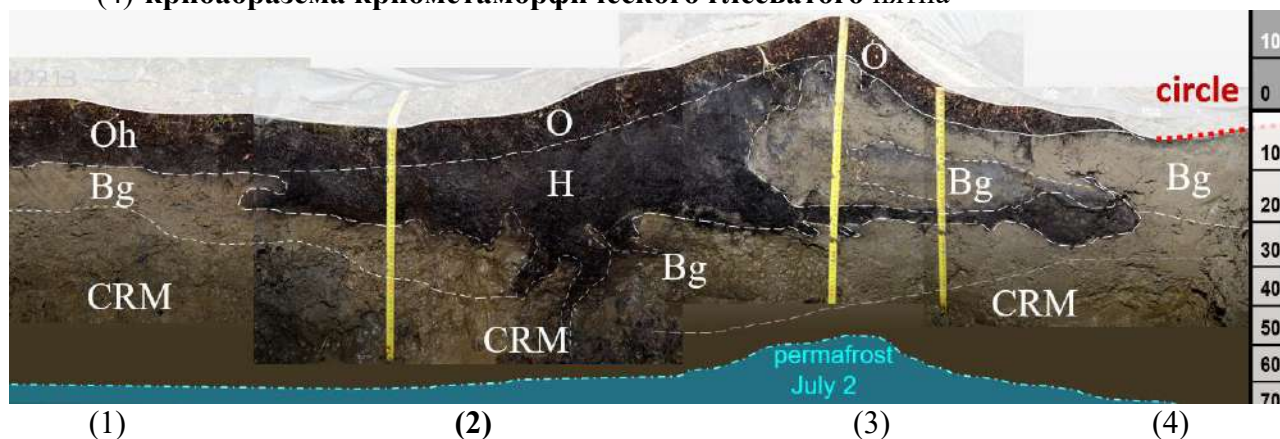
H – мощностью 15-30 см – влажный; хорошо разложенное органическое вещество; очень темно-бурый до черного; густые корни. Граница ровная, резкая.

CRM – мощность от 10 см – уплотненный; сырой; буровато-грязно-серый с сизоватыми и ожелезненными рыжими пятнами; тяжелый суглинок; округло-комковатая структура, округлые фрагменты более плотные и сухие при общей высокой влажности, при разминании становятся липкими.

Мерзлота на глубине 30 см (9 июля).

K2213 – Кольцевая микроструктура. Комплекс:

- (1) **криометаморфической перегнойной глееватой мерзлотной почвы** фона,
- (2) **перегнойно-криометаморфической глееватой мерзлотной почвы** внешней стороны кольца,
- (3) **криометаморфической перегнойной глееватой криотурбированной мерзлотной почвы** внутренней стороны кольца,
- (4) **криоабразема криометаморфического глееватого пятна**



Восточная часть Колгуева, ключевой участок (69.1251, 49.9536). Верхняя часть ЮВ склона, уклон – 2-3°, локально выпуклая часть склона между двумя ложбинами (превышение ок. 0.5 м).

Пятна, окруженные кольцевыми валиками, расположены плотным скоплением (занимают все повышение), образуя кажущийся полигональный узор. 40% занимают пятна или мочажины с неровной поверхностью (похоже, что это заросшие пятна). Валики вокруг пятен неравномерны по высоте, как бы слившиеся бугорки. Поверхность пятен неровная (превышения 10-15 см)

Разрез пересекает перпендикулярно кольцевой валик, захватывает пятно, с другой стороны – выровненную поверхность (такое редкое место с отсутствием соседнего пятна выбрано специально для проверки гипотезы о наличии трещины под валиком).

Растительность. Вне пятен: *Salix lanata* (высота до 10 см, ПП 10%); кустарнички (ПП 90%): *Vaccinium uliginosum*, *Arctous alpina*, *Salix reticulata*, *Empetrum hermaphroditum*, *Salix reticulata*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Dryas octopetala*, *Rubus chamaemorus* (ед.), *Salix myrsinites* (высота до 10 см), *Salix hastata* (ед.). Злаки (ПП 5%). Другие травянистые (ПП 3%): *Petasites frigidus*, *Pyrola* sp. Мхи: *Dicranum* sp., *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum* sp. Растительность на пятне разреженная: единичные: *живокость*, *Salix reticulata*, куртины злаков, морошка, смолевка, осочка.

Выпоты солей на пятне вскипают от HCl.

Описание левой части траншеи (почва 1 на фото):

Очес – 2(3)-0 см

Oh – 0-9(10) см – темно-бурый до черного, сурой к мокрому; хорошо разложенные орг. остатки, до перегнойного материала (мажется, но по высыхании на примазке – как мелкий детрит). Граница волнистая, переход ясный.

Bg – 9(10)-15(20) см – светло-серо-бурый, влажный; средний суглинок, слабо опесчанен, бесструктурный со слабым горизонтальным мотивом, липкий; много корней; редкие пятна ожелезнения (10%). Переход заметный по структуре.

CRM – 15(20)-(40)см – слегка более серый, сырой; средний суглинок, слабо опесчанен, редкие щебень, единичная дресва, тиксотропный, липкий, ооидная (округло-комковатая) структура (1-0.5мм). р-ии на α-дипиридил нет.

Мерзлота – 35(40) см – 2 июля 2022

K2304 – Перегнойно-криометаморфическая глееватая почва в составе кольцевой микроструктуры почвенного покрова (почва внешней стороны валика)

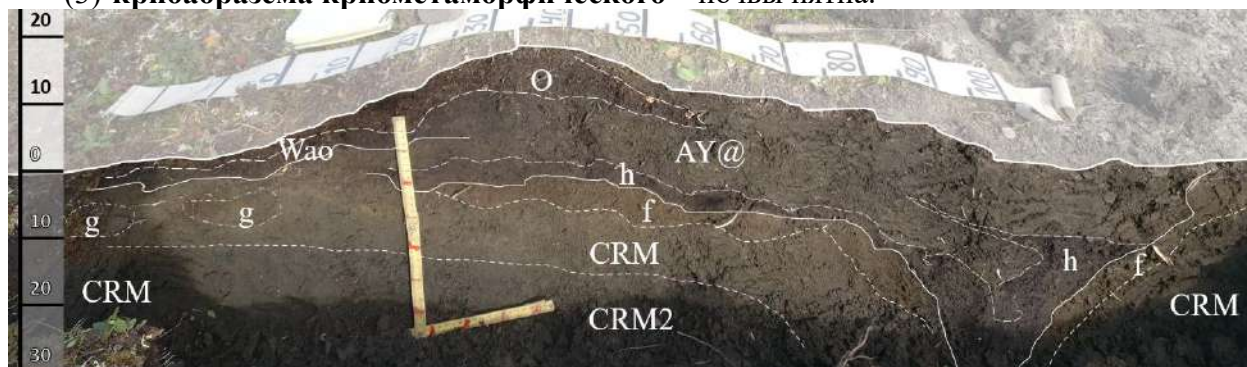
Разрез заложен в восточной части о. Колгуев (69.1235, 49.9514).

Профиль почвы: О-Н-Bg-CRM-Встп, почвообразующие породы - опесчаненный суглинок

Таблица Б7 – Дерново-криометаморфические почвы

K2101 – Комплекс:

- (1) криометаморфической глееватой грубогумусированной почвы окружающей поверхности,
- (2) дерново-криометаморфической криотурбированной почвы валика,
- (3) криоабразема криометаморфического – почвы пятна.



(1)

(2)

(3)

Разрез K2101 был заложен 13.08.2021 на ключевом участке (N 69.11892°; E 48.70305°), на высоте 100 м н. у. м., на вершине небольшого холма, на которой присутствуют отдельно расположенные кольцевые валики с пятном голого грунта в центре. Растительность: редкостойная, кустарничково-моховая. Траншея заложена перпендикулярно валику и пересекает его, захватывая пятно и внешнюю фоновую поверхность.

O – мощность около 3 см – бурый до черного; влажноватый, средне- и хорошо разложенное орг. в-во, в нижней части мажущийся; рыхлый, мягкий; дернина корней;

Wao – мощность до 5 см – очень темно-серый; соотношение минерального компонента (суглинков) и органического детрита – примерно 1/1; мягкий, рыхлый; структура непрочная комковатая; отмытые зерна кварца; густые корни кустарничковых ив диаметром до 5 мм.

AY@ – мощность около 15 см – влажноватый, буровато-темно-серый; легкая глина; структура: непрочные комки 3 мм распадаются прочные округлые отдельности 1 мм в диаметре; плотный, густые корни, включения дресвы и щебня (ед.).

h – прослой в нижней части горизонта AY@, мощность ≈ 2 см – очень темно-бурое, хорошо разложенное орг. в-во; бесструктурный; в правой части приобретает характер пропитки.

f – прослой (кайма) ≈ 4 (до 5) см – рыжевато-охристый; структура: прочные комки (3 мм) распадаются на отдельности (2-1 мм) двух типов: угловатые и округлые; поверхность агрегатов матовая, шероховатая; под пятном более влажный, липкий – структура у поверхности не выражена; единичные отмытые зерна кварца.

CRM – влажноватый, буровато-серый (светлее AY); легкая глина; структура: прочная, похожая на структуру горизонта AY, но округлые отдельности более разноразмерные 3-1 мм; много светлых зерен кварца (но для скелетан мало); небольшие черного включения орг. в-ва, но не углистого.

CRM2 – чуть влажнее, темно-серый (почти как AY, но буроватый оттенок еще слабее); структура: прочная, зернисто-порошистая, липкий при смятии структуры (особенно под пятном); глина; зерен кварца нет; включения дресвы.

Bg – мощность 10 см – за пределами пятна и валика – влажноватый, блеклый, серовато-буроватый фон, местами сизоватые (<30%) и рыжеватые (<20%) пятна – бесструктурные, единичное красновато-бурое пятно (пропитка почечным гумусом(?); в целом – структура – плитчато-зернистая, слабо выраженная; плотный; есть светлые зерна кварца; реакции на α-дипиридил нет.

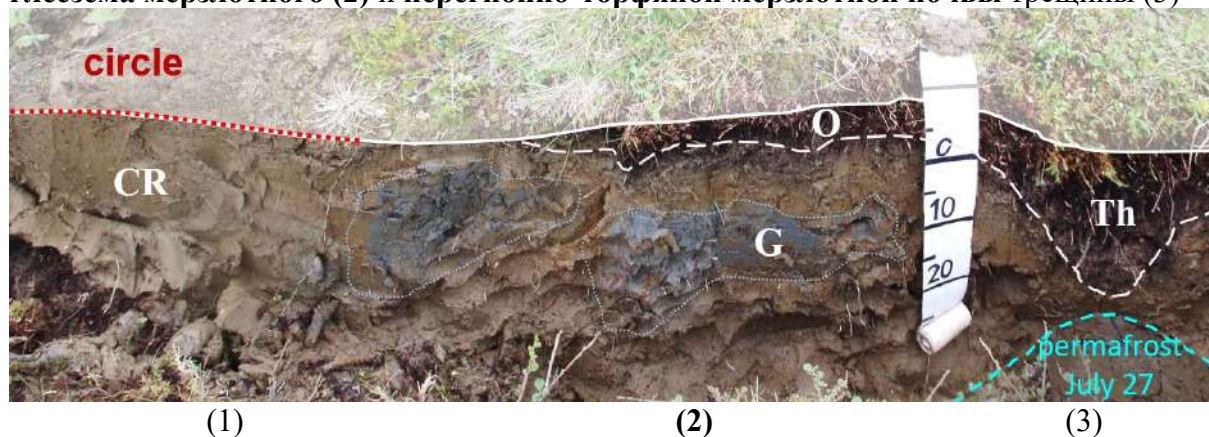
Таблица Б8 – Глееземы, формирующиеся в автономных условиях в составе трещинно-полигональных КМС

K1907 – Глеезем грубогумусированный мерзлотный – почва валика в составе трещинно-полигональной микроструктуры

Почва описана в центральной части о. Колгуев (69.1702, 48.8894)

Профиль глеезема: **O-(Oh)-(Bcrn)-G-C1**. Описание почвы аналогично разрезу K1911

K1911 – Трещинно-полигональный трехчленный комплекс: криоабразема пятна (1), глеезема мерзлотного (2) и перегнойно-торфяной мерзлотной почвы трещины (3)



Разрез заложен на плоской, слабовыпуклой водораздельной поверхности (69.169254°N 48.88128°E).

Пологоволнистый микрорельеф с кочками пушицы и криогенными пятнами. Мохово-кустарничковая растительность.

O, Th – от слабо до сильно разложенные остатки мхов; в нижней части трещины – перегнойный материал.

G – яркие сизый пятна с частыми рыжими пятнами по порам на рыжевато-блекло-буром фоне; под сизыми пятнами – местами Fe-Mn стяжения

CR – блекло-бурый; тиксотропный

На пятне – выпоты солей, вскипают от HCl

Весь профиль – влажный, над мерзлотой сочится вода.

Мерзлота с вертикальными прожилками чистого льда

B2003 – Глеезем криогенно-ожеженный полигона в составе трещинно-полигональной микроструктуры

Разрез описан на полуострове Болванский (68.294034, 54.500245)

Профиль почвы: **O(0-8см)-B-Gcf**. Описание почвы аналогично разрезу K1911

B2026 – Глеезем криометаморфизованный перегнойный валика в составе трещинно-полигональной микроструктуры

Разрез описан на полуострове Болванский (68.293114, 54.48944)

Профиль почвы: **Oh(8-15см)-Bcrn-G**. Описание почвы аналогично разрезу K1911. Горизонт O имеет заметно большую мощность, под ним выделяется оструктуренный прослой

Таблица Б9 – Глееземы, формирующиеся в автономных условиях в составе пучинно-бугорковых КМС

K2104 – Глеезем грубогумусированный криометаморфизованный – почва бугорка

Почва описана на ключевом участке в возвышенной части Колгуева (69.1198, 48.7092), на высоте 101 м

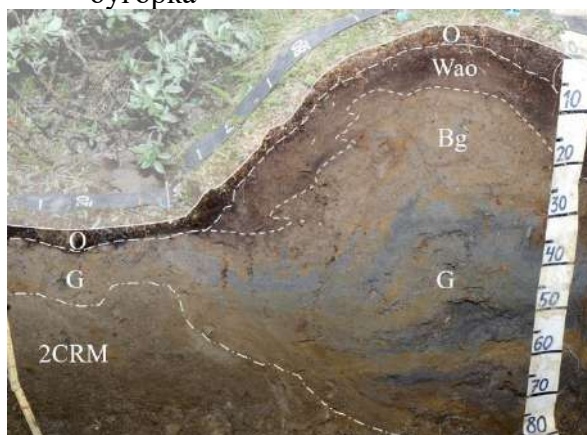
Профиль почвы: **O-Wao-Bg-G-Bcrn**. Свойства горизонтов аналогичны разрезу K2231

K2106 – Глеезем грубогумусированный криометаморфизованный – почва бугорка

Почва описана в центральной части Колгуева (69.1549, 48.9099)

Профиль почвы: **O-Wao-Bcrm-G**. Свойства горизонтов аналогичны разрезу K2231**K2231 – Пучинно-бугорковатый комплекс:**

- (1) **глеезема криометаморфического**
между бугорками
- (2) **глеезема грубогумусированного**
бугорка



(2)

(2)

Разрез K2231 заложен в восточной части Колгуева (69.124540°N, 49.958689°E); ЮВ склон 2°, нижняя часть склона.

Микрорельеф – крупные бугорки (40%), высотой 50-70 см (плосковершинные) и 30см (округлые).

Растительность – мохово-разнотравный ивняк: *Salix lanata* ПП = 70%, высота 80см.

Разрез пересекает бугорок и мочажину между бугорками.

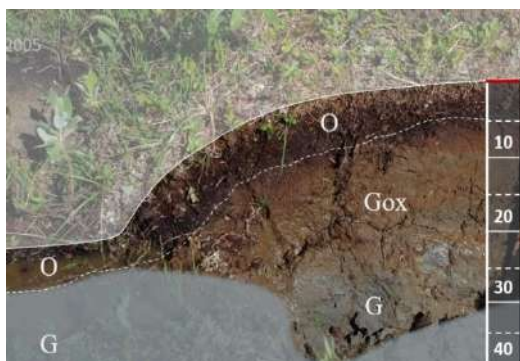
O – мощность 2см – свежий, бурый органические остатки отмерших зеленых мхов; густые корни кустарничков.

Wao – свежий; неоднородный по цвету: бурый со светлыми прослоями (переход к нижележащему горизонту); минеральная масса пропитана орг. в-ва; структура мелкокомковатая к порошистой (<1 мм); уплотненный, много корней.

Bg – влажный; неоднородный по цвету: светлый желтовато-серый и серый с рыжеватыми пятнами; средний суглинок, структура плитчатая 2*6 мм с присыпкой по граням; уплотненный

G – влажный, в нижней части – сырой; неоднородной окраски: серовато-бурый с рыжими разводами фона и сизые пятна от тусклого серо-сизого под мочажинной и более ярких, темнее с глубиной под бугорком; быстрая реакция на αα-дипиридил (пятна под бугорком); средний суглинок, структура: под бугорком – плитчатая и плитчато-зернистая (3-4мм), под мочажинной – бесструктурный; уплотненный, местами – плотный; под мочажинной – тиксотропный; корней мало.

2CRM – влажный к сырому; блеклый желтовато-буровато-серый; средний сильно опесчаненный суглинок с прослоями песка, неясная (из-за опесчаненности) зернисто-комковатая структура, разноразмерные агрегаты 2-3 мм; рассыпчатое сложение, при сминании – липкий, не тиксотропный.

Таблица Б10 – Глееземы, формирующиеся в гетерономных условиях**B2005 – Глеезем окисленно-глеевый (в составе пучинно-бугорковатой микроструктуры)**

Разрез описан на полуострове Болванский (68.288572, 54.512125), на высоте 27 м над у.м. Подножие нивального склона на восточной стороне кампоподобного холма. Слабонаклонная площадка 50x40м. Бугорковатый микрорельеф. Бугорки до 30 см в высоту. Растительность: кустарничково-травяно-моховая

O – мощность 3-5 см – на бугорке – темно-бурый, влажный, в мочажине – почти черный, мокрый; средние и хорошо разложенные орг. в-ва, не мажутся; на бугорке – с примесью минеральной части

Gox – 3(5)-20 см (от вершины бугорка) – блеклая мраморная окраска, буро-ржавые преобладающие цвета и сизоватые пятна, по верхнему краю – ржаво-бурая темная кайма (на всем протяжении); песок, влажный (в бугорке) и мокрый (между бугорками).

G – с уровня надмерзлотных вод и глубже – сизовато-серый мокрый песок.

Уровень надмерзлотных вод – с поверхности между бугорками.

B2009 – Глеезем перегнойный

Полуостров Болванский (68.287578, 54.496625)
 Подножие нивального склона СВ экспозиции – днище
 лощины, Слабонаклонная площадка 50х20м.
 Микрорельеф: волнистый с амплитудой 10 см, на расстоянии
 30 см (возможно, связан с выпучиванием камней).
 Мерзлота глубже 1 м.
 Растительность: ивово(*Salix reticulata*)-моховая.

+2 см – очес зеленых мхов

Oh – 0-7 см – очень темный темно-буро-серый, почти
 черный, влажноватый, мажущийся, мягкий,
 уплотненный, верхние 1.5 см – дернина корней, далее –
 много мелких корней.

На границе – крупная галька и валуны $\varnothing$ до 15 см

G – 7-(30) см – в верхней части (7-15 см) – блеклый, серо-
 бурый (более однородная окраска), с 15 см - сизо-серый
 с яркими рыжими пятнами; влажноватый; опесчаненный
 средний суглинок; структура глыбисто-комковатая,
 мягкий; много камней.

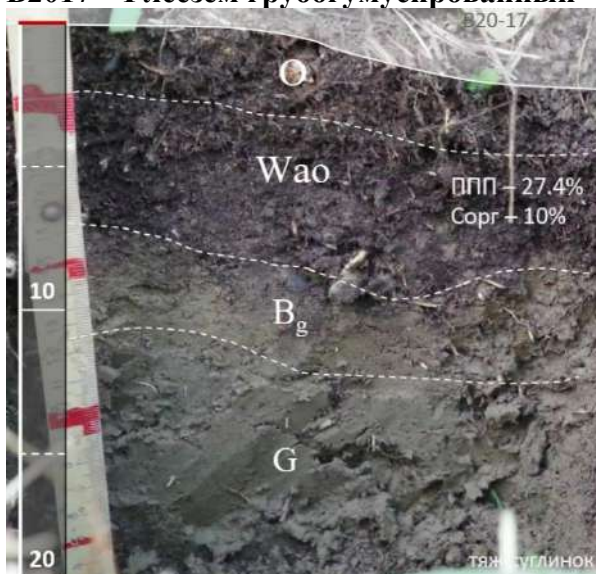
Данные анализов в Приложении Г.

B2011 – Глеезем перегнойный

Разрез описан на полуострове Болванский (68.287781, 54.496588)

Профиль почвы: **Oh-G**. Описание профиля почвы аналогично B2009, за исключением того, что профиль
 сформирован на супесчаных отложениях.

Данные анализов в Приложении Г.

B2017 – Глеезем грубогумусированный

Разрез описан на полуострове Болванский (68.289863,
 54.508368) на борту ложбины; микрорельеф не
 выражен. Растительность: ивняк вейниково-
 хвощовый (*S.lanata* высотой 1.5-2м, хвощ – 90%ППП,
 вейник *Calamagrostis purpurea* – 40%ППП; *Viola*
biflora – 2%, *Rubus arcticus* – ед., дёрн *Cornus*
suecica – ед.)

На поверхности почвы – опад

O – 0-2 см – свежий, темно-бурый, слабо-средне-
 разложённый, дернина корней.

Wao – 2-8 см – свежий, темно-бурый, средне- и хорошо-
 разложённый, дернина корней, значительная
 примесь минерального материала.

Bg – 8-11 см – желтовато-бурый, влажный,
 легкосуглинистый, структура ореховатая 5-7 мм,
 мелкие поры, мелкие Fe-Mn-стяжения.

G – 11-(20) см – холодно-серый, влажный,
 тяжелосуглинистый, плотный, пластичный, мелкие
 пятна ожелезнения и оглеения (сизые пятна) 1 мм;
 структура не выражена.

Данные анализов в Приложении Г.

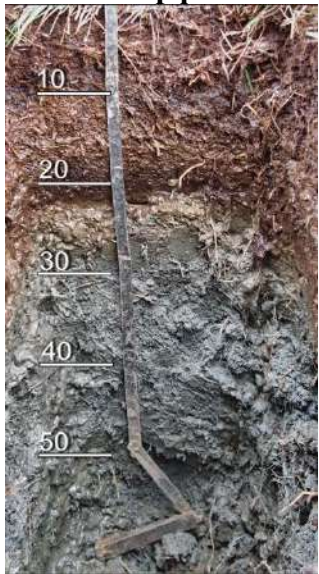
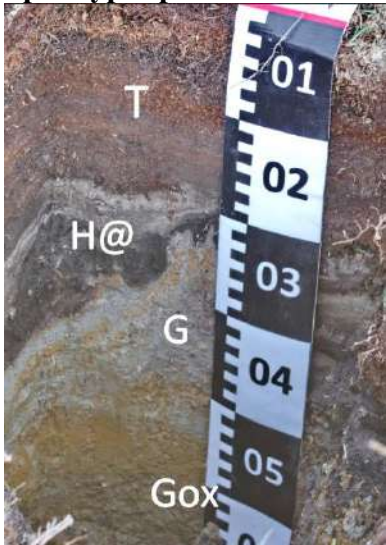
B2021 – Глеезем перегнойный

Разрез описан на полуострове Болванский (68.28808, 54.498771)

Профиль почвы: **Oh-G-2G**. Описание профиля почвы аналогично B2009, за исключением того, что профиль
 сформирован на двучленных (делювиальных?) отложениях: песках, подстилаемых суглинками.

Данные анализов в Приложении Г.

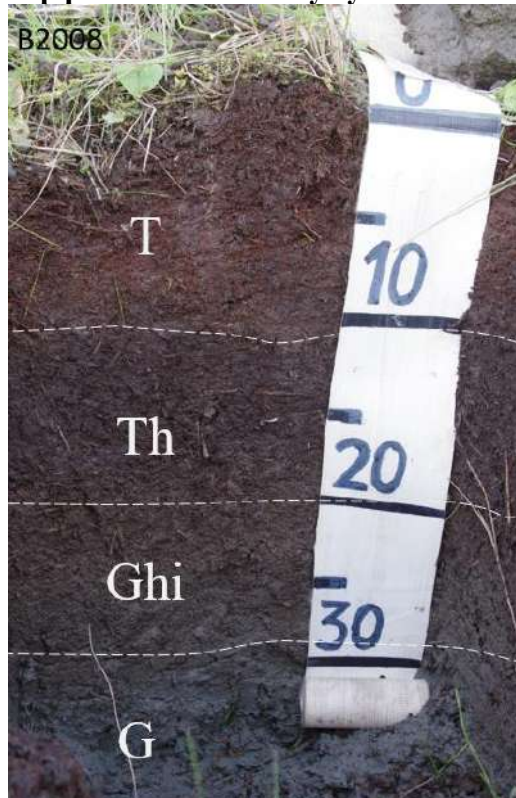
Таблица Б11 – Торфяно-глееземы

К1808 – Торфяно-глеезем 	Разрез описан 12.07.2018 в центральной части Колгуева, на левом берегу р. Песчанка, напротив впадения руч. Амбарный (69.1855, 48.9025). Осоковая мочажина на окраине плоскобугристого болота. Микрорельеф: ровный, редкие небольшие кочки. Растительность: осоковая. Кроме осоки – белокопытень, морошка, колокольчик, злаки (не куртины), синюха. Т – 0-22 см – темно-бурый до почти черного; мокрый; торф разной степени разложения, к низу – хорошо разложенный, преимущественно моховый, с примесью осоковых остатков; очень мягкий; плотный за счет густых корней. Граница: ровная. Переход: ясный. G – 22-(60)см – сизый, в верхних 3 см – слегка буроватый от потечного гумуса; сырой; опесчаненная глина; липкий, пластичный; структура: слабая комковато-призматическая плотный; с 42 см – рыжие пятна по трещинам, их обилие увеличивается с глубиной; много корней; единичные включения дресвы. Уровень надмерзлотных вод - с поверхности.
К1819 – Торфяно-глеезем перегнойно-торфяный окисленно-глеевый криотурбированный 	Разрез К1819 заложен 21 июля 2018 г. в центральной части Колгуева, на правом берегу р. Песчанки выше впадения руч. Амбарного (69.1741, 48.8469), на ровной водораздельной поверхности, в локальном понижении 20*60 м глубиной менее метра. Растительность: осоково-моховая. Т – 0-20 см – слоистый, очень темно-бурый; сырой; разной степени разложения: от слабо-разложенного сфагнового торфа сверху до практически перегнойного в нижней части; мягкий, но в центральной части – плотный; корни густые. Граница: слабоволнистая. Переход: резкий. H@ – 20-25(35) см – сырой; очень темно-серый перегнойный материал в смеси со светлым песком и темно-серым суглинком; бесструктурный, много корней; включения дресвы. G – 35-45 см – сырой; сизовато-серый фон и яркие светло-рыжие пятна, местами горизонтальные пятна-прослойки; пылеватый песок; бесструктурный; включения дресвы. Граница: ровная. Переход: ясный, по цвету. Gox – 45-57 см – влажный; желто-рыжий; тот же песок с включениями дресвы. Переход: заметный, по цвету. BC – 57-65 см – влажный; более серый, нет сизых оттенков, есть яркие рыжие пятна (реже), более плотный; включения дресвы.
К2211 – Торфяно-глеезем 	Разрез К2211 заложен в восточной части Колгуева (69.1237, 49.9728), на склоне холма у подножия песчаной гряды; микрорельеф – небольшие кочки высотой менее 10 см, на расстоянии 1-2 м. Растительность: ивы (<i>Salix lanata</i>) – 5-10% ПП; кустарнички (преобладает <i>Salix nummularia</i>) – 10%; Травянистый ярус представлен осоками (ПП 50%). О – 0-5 см – красно-бурый торф, средне-разложенный, сырой. Т – 5-20 см – бурый (по верхнему краю к черному), сырой торф, хорошо разложенный; много корней. G – 20-27 см – серовато-сизый с черными примазками по ходам корней; мокрый; тиксотропный; среднезернистый песок. Мерзлота с 27 см (1 июля 2025)

K2311 – Торфяно-глеезем потечно-гумусовый мерзлотный

Заложен в мочажине на окраине плоскобугристого болота

Профиль почвы: **O-T(30см)-GhiL**. Описание профиля почвы аналогично разрезу K1808
Мерзлота на глубине 35 см (30.06.23)

B2008 – Торфяно-глеезем перегнойно-торфяный потечно-гумусовый

Полуостров Болванский (68.2899, 54.509055)

Днище ложбины

Микрорельеф – выровненный

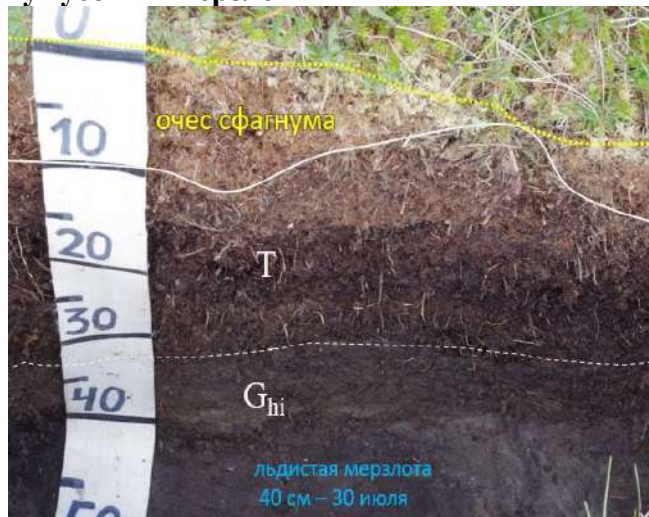
Разнотравно-злаковый луг.

T – 0-10 см – ярко-красно-бурый, средне-разложенный торф; сырой; мягкий, уплотненный; много тонких корней;

Th – 10-20 см – буровато-темно-серый, хорошо разложенный (но видны отд. волокна) торф; сырой; мажущийся; более плотный; много тонких корней;

Ghi – 20-29 см – минеральный горизонт, сильно покрашенный орг. в-ом; блекло-бурый, сырой; легкий суглинок; много тонких корней;

G – 29-(35) см – серо-сизый с яркими рыжеватыми пятнами; сырой; легкий суглинок; плотный; липкий; много тонких корней; плотные Fe конкреции.

B2018 – Торфяно-глеезем потечно-гумусовый мерзлотный

30.07.2020

Полуостров Болванский (68.29286, 54.49634)

Выположенная поверхность. Окраина торфяника.

Растительность: кочкарник (*Eriophorum vaginatum*) кустарничково-морошково-сфагновый. Микрорельеф кочковатый.

Очес сфагнома – мощностью до 15 см – по нижней границе – жесткие стебли и отмершие листья пушицы

T – мощность 20-25 см – темно-бурый мокрый торф; слабо-средне разложенный (с глубиной степень разложения увеличивается).

Ghi – мощность не менее 10 см – зеленовато-серовато-сизый песок (крупнозернистый); линзы орг. в-ва до 3 см мощностью, верхние 5 см покрашены потечным орг. в-вом.

Мерзлота – 41 см, льдистая

Данные анализов в Приложении Г.

Таблица Б12 – Торфяно-глееземы деструктивные

К2108 – Торфяно-глеезем деструктивный перегнойно-торфяный мерзлотный

05.08.2021, центральная часть Колгуева (69.1545, 48.9053).

Вблизи ненецких балков, на орнитологической площадке. Небольшая террасовидная поверхность с уклоном к северу.

Микрорельеф волнистый, кочковатый с перепадами высот 20 см на расстоянии 50 см и кочками пушицы (40% площади)

Растительность: морошково-пушицевое сообщество;

кустарнички (90%): морошка – 50%, вороника – 40%;

Eriophorum vaginatum – 50%

Tmd – 0-20 см – темно-бурый, местами с почти черными прослоями (в средней и нижней части), влажный, хорошо разложенный торф; уплотненный, но ощущается плотнее за счет густых корней, с 15 см и по нижней границе много камней – до 20%, ϕ до 20 см, окатанные и битые, в т.ч. известняк.

H – 20-(30) см – бурый до черного, сырой к мокрому в нижней части, очень хорошо разложенное орг.в-во, мажущийся, уплотненный;

G – (20)-30 см – зеленоватый темно-серо-сизый; сырой; легкий суглинок; уплотненный; реакция на $\alpha\alpha$ -дипиридил, реакции на HCl нет.

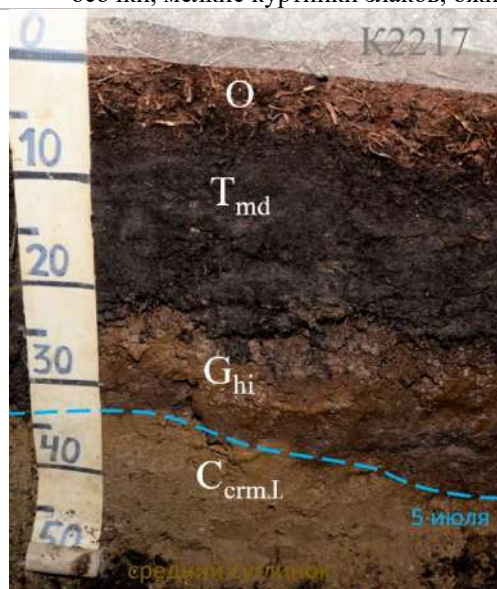
Мерзлота – с 30 см

К2217 – Торфяно-глеезем деструктивный потечно-гумусовый мерзлотный

Разрез заложен 25 июня (мерзлота – на 15 см), докопан и описан 5 июля. Расположен в восточной части о.

Колгуев (69.1249, 49.9546), на ключевом участке, на склоне ЮВ экспозиции, уклон 2-3°. Приподнятая на 0.5 м поверхность, вытянутая вдоль склона.

Растительность: кустарничково-моховая. *Salix lanata* высотой до 10 см, ПП 20%. Кустарнички (ПП 95%): *Betula nana* (20%), Вороника (20%), Брусника (20%), Голубика (20%), морошка (ед.). Травы (ПП 5%): мелкие осочки, мелкие куртинки злаков, ожига. Мхи (ПП 100%): *Dicranum sp.*, *Pleurozium schreberi* и др.



O1 – 0-5 см – свежий, бурый, рыхлый

O2 – 5-9 см – влажноватый, темно-бурый, рыхлый, орг. остатки хорошо разложены, не мажется; много корней. Переход слабоконтрастный ясный по

Tmd – 9-23(25) см – влажный к сырому, черный с сероватыми пятнами (примесь мин.), мажется, не видно орг.остатки, уплотненный к плотному; корней много. Переход резкий.

Ghi – 23(25)-35 см – сырой, неоднородной окраски: серовато-бурый, с пятнами бурыми, светлыми желтоватыми, темными сероватыми; бесструктурный, тиксотропный; реагирует на $\alpha\alpha$ -дипиридил.

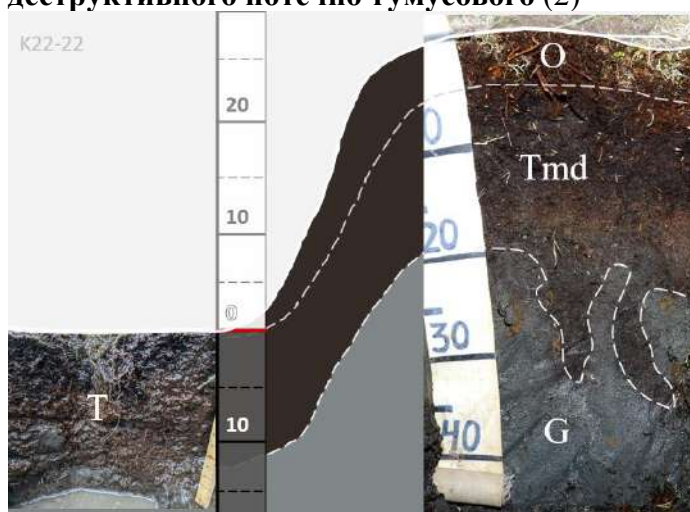
Ccrm.L – 35-(50) см – мерзлый, после оттаивания – влажный; светло-желто-серый; опесчаненный средний суглинок с включениями дресвы; структура комковатая (2-3 мм) ядра комков плотнее и суше.

К2202 – Торфяно-глеезем деструктивный в составе КМС

Восточная часть Колгуева (69.1272, 49.9368)

Профиль почвы: O-Tmd-G.L. Описание почвы аналогично разрезу K2217

К2222 – Пучинно-бугорковая пятнистость: торфяно-глеезема (1) и торфяно-глеезема деструктивного потечно-гумусового (2)



(1)

(2)

Восточная часть о. Колгуев (69.0829, 49.8185), днище хасырея. Бугорки 10-30 см высотой, 1-2 м в диаметре на расстоянии 3-5 м. Растительность: ивняк (*Salix myrsinites* - ПП 40%) осоково-моховый.

О – 0-5 см (на бугорке) – влажный, светло-бурый, рыхлый, слабо разложенные остатки зеленых мхов, много корней.

Т – 0-15 см между бугорками – мокрый, бурый, слабо-средне разложенный торф. Граница ровная, ясная.

Tmd – 5-20(30) см (на бугорке) – тот же торф, но верхние 5 см – более темный, хорошо разложенный торф (деструктивный); 20-30 см – языки более темно-серый: торф в смеси с минеральной массой. Граница языковатая.

G – сырой, темно-серовато-сизый, с яркими светлыми пятнами ожелезнения по корням, иловатый песок.

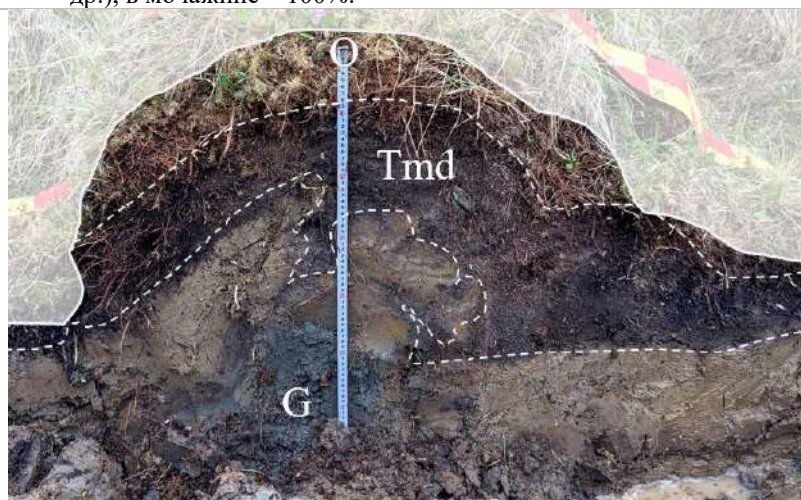
с 25 см от поверхности бугорка – слабо льдистая мерзлота (9 июля 2022)

К2315 – Торфяно-глеезем деструктивный в составе пучинно-бугорковой микроструктуры почвенного покрова

Восточная часть Колгуева (69.1192, 49.9179), нижняя часть пологого склона.

Микрорельеф – крупные бугорки до 50 см в высоту и 1-1.5 м в ширину, местами вытянутые, с крутыми склонами; расстояние между бугорками – более 2 м, поверхность выровненная с редкими небольшими повышениями.

Ивняк мохово-осоковый: ПП *Salix lanata* - 50-60%, трав - 60%, осоки – 40-50% (100% - на бугорках, 50-100% - на повышениях и до 10-20% в мочажинах), кустарнички на бугорках: морошка – 50%, княженика – 5%, вороника – до 10%, брусника – 1%; мхи: 30-10% на бугорке (*Hylocomium splendens*, *Dicranum elongatum*, и др.), в мочажине – 100%.



Мерзлота не вскрыта, температура на 50 см от общей поверхности – 5.5°C

О – 0-10 см (на бугорке) – влажный, светло-бурый, рыхлый, слабо разложенные остатки зеленых мхов, дернина корней.

Tmd – мощность до 25 см (на бугорке) – влажный, бурый, мажется, густые корни осок.

G – влажный, но оглеенное «ядро» – суше, неоднородной окраски: выделяется «ядро бугорка» – яркое, бирюзово-сизое, сверху 20 см – блеклый светлый желтовато-серый, с мелкими пятнами ожелезнения и светлыми сизоватыми пятнами оглеения; плотный, средний суглинок, с гравием; бесструктурный, тиксотропный (только бурая часть, так как в сизой части много мелких корней).

Таблица Б15 – Криоземы

К1801 – Криозем криометаморфизованный криотурбированный

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.1615, 48.9443)

Формула профиля: **Wao-Bcrm-CR-CRcrm@** Описание почвы аналогично разрезу К1802

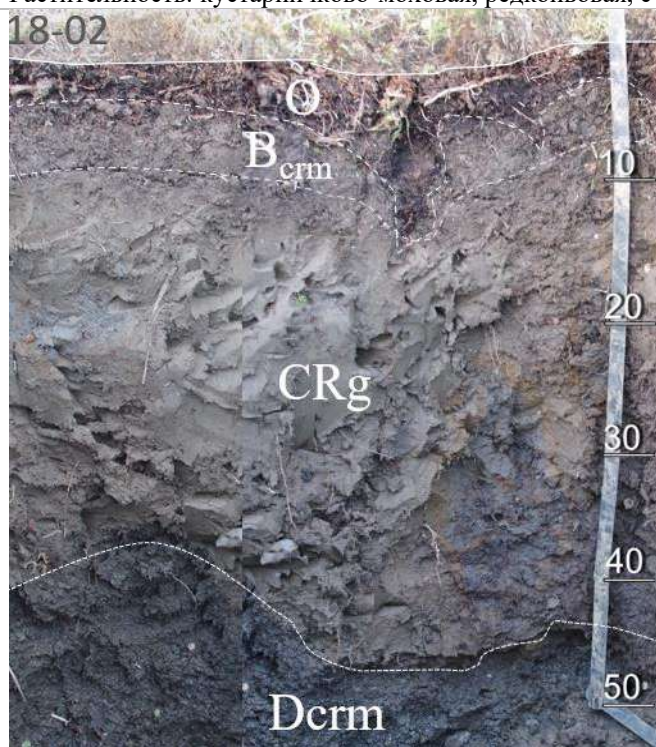
Данные анализов в Приложении Г.

К1802 – Криозем глееватый криометаморфизованный

6.07.2018, о. Колгуев; Правый берег р. Песчанки, ниже впадения р. Амбарный (69.1704, 48.8832)

Очень пологий склон северной экспозиции.

Микрорельеф: слабоволнистый, местами полого-бугорковатый.

Растительность: кустарничково-моховая, редкоивовая, с ерником *Betula nana*

O – 0-2(5) см – очень темно-бурый до черного, свежий; средне и хорошо разложенное орг. в-во; много живых корней.

Переход резкий, граница волнисто-язычковатая;

B_{crm} – 2(5)-7(10) см – очень темно-серый влажноватый; глина; структура выраженная ооидная, мелкая; пластичный, мягкий; рыхлый; много живых и отмерших корней; включения орг. детрита.

Переход ясный, граница волнистая.

CR_g – 7(10)-30(45) см – оливково-бурый (блеклый, самый светлый) с сизоватыми пятнами с рыжей каймой, некоторые пятна более темные; влажный; глина; бесструктурный; плотный; липкий, очень пластичный; корней меньше, но много; встречаются дресва и щебень.

Граница: карманная, Переход: заметный.

D_{crm} – 30(45)-(50) см – двух вариаций по цвету и структуре – граница между ними резкая вертикальная (на правой стенке): 1) очень темно-серый, структура: мелкая оовидная, похожа на черную икру (темно-серый вариант); 2) серовато-бурый, структура более крупная, зернистая; весь горизонт (оба варианта) – пластичный, мягкий, менее липкий.

Мерзлота на глубине 50 см

Уровень надмерзлотных вод – с 40 см.

Данные анализов в Приложении Г.

К1810 – Криозем глееватый криометаморфизованный перегнойный

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.2165, 48.8412)

Формула профиля:**Oh-Bcrm-CR_g-Dcrm**

Описание почвы аналогично разрезу К1802

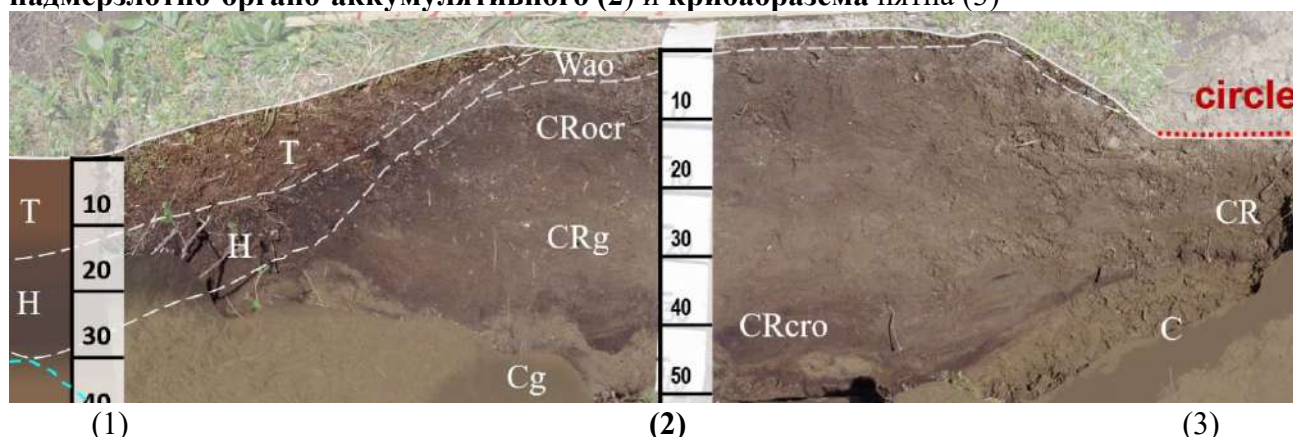
К1826 – Криозем глееватый криометаморфизованный

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.1647, 48.9242)

Формула профиля: **O-CR_g-CR_{crm,g}-Dcrm**

Описание почвы аналогично разрезу К1802

В2002 – Трещинно-полигональный комплекс: торфяно-перегнойной мерзлотной почвы трещины (1), криозема глееватого криогомогенного грубогумусированного надмерзлотно-орган-аккумулятивного (2) и криоабразема пятна (3)



Траншея на полуострове Болванском (68.2894, 54.5077). Плоская вершина холма, слабый склон южной экспозиции. Почвообразующие породы: суглинки с включением дресвы и гальки $\varnothing$ до 7 см

Почва трещины (1):

T – бурый, свежий, от слабо до средне-разложенного, рыхлый, много корней.

H – очень темно бурый, в трещине чуть светлее и бурее; влажноватый, мажется, мягкий, уплотненный.

Почва валика (2):

Wao – мощность: 5-4 см. – блеклый серо-бурый, свежий (быстро высыхает, сухой - светло-серый); мягкий, смесь органического и минерального в-ва (минерального больше); уплотненный.

CRocr, g – темно-серовато-бурый, влажноватый, липкий, средний суглинок, слабая крупно-комковатая структура; редкие рыжеватые пятна и одно крупное сизовато-темно-серое пятно с рыжей каймой; корней мало.

CRg – темно-бурый с рыжими пятнами (в основном по нижней границе), влажный, средний суглинок, слабая комковатая структура

CRcro – отличается включениями орг. в-ва: в виде пропитки и единичных плотных фрагментов, утративших морфологическую структуру.

Cg – серовато-бурый блеклый с оливковым оттенком; влажный, суглинок; слабая комковато-ооидная структура

Данные анализов в Приложении Г.

Почва трещины:

На поверхности пятна: выпоты карбонатных солей (вскипает от HCl), дресва.

CR (под пятном) – липкий, слабая комковатая структура, тонкая порозность.

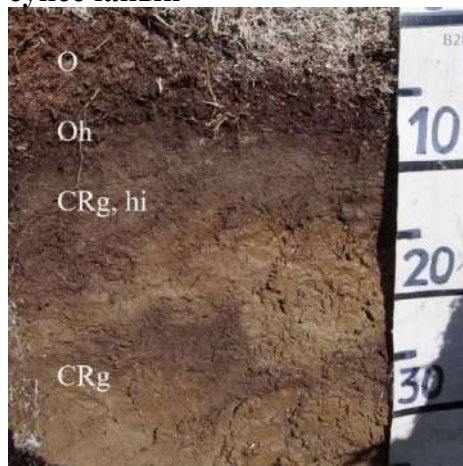
C – серовато-бурый с рыжеватым оттенком; влажный, суглинок, слабая комковато-ооидная структура

В2016 – Криозем глееватый криометаморфизованный

Полуостров Болванский (68.289815, 54.508199)

Формула профиля: **O-Bcrm-CRg**. Описание почвы аналогично разрезу K1802, за исключением того, что горизонт CR имеет более бурую окраску, а горизонт O имеет мощность до 10 см

В2019 – Криозем перегнойный потечно-гумусовый глееватый супесчаный



Разрез описан 30.07.2020 на Болванском полуострове (68.290335, 54.502704). Рельеф: пологий склон ЮЗ экспозиции. Растительность: кустарничково-лишайниковая тундра. Микрорельеф выровненный.

O – 0-5 см – сухой, слабо разложенные орг. остатки.

Oh – 5-9 см – темно-бурый, влажноватый, мажущийся, средне-разложенное орг. в-во.

CRg, hi – 9-15 см – буро-серый, по нижней границе пятна оглеения (светло-сизые и рыжие), сырой, супесь с примесью крупного песка, густые корни.

Переход ясный, граница волнистая, на границе – темно-коричневый прослой.

CRg – 15-40 см – блеклый, желто-бурый с рыжеватыми пятнами и коричневыми пятнами, обогащенными орг. в-во; сырой; где не плавун – слабая комковатая структура; супесь с примесью крупного песка и дресвы; много корней.

Мерзлота глубже 70 см.

Данные анализов в Приложении Г.

Таблица Б14 – Торфяно-криоземы

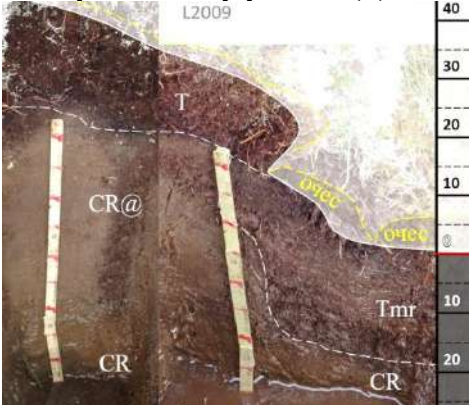
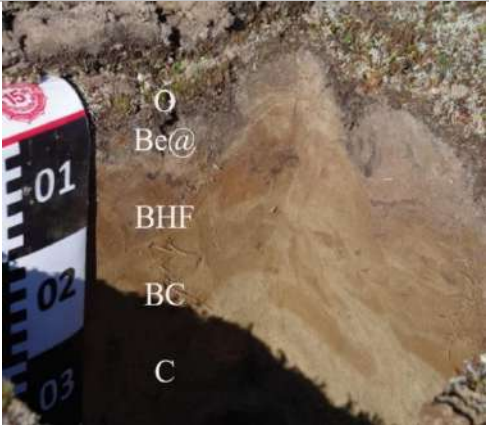
H2001 – Пучинно-бугорковатая пятнистость: торфяно-криозема деструктивного (1) и торфяно-криозема (2)  (2) (2)	О. Кашин (Печорская губа): 68.24696, 53.8798. Берег озера, Микрорельеф бугорковатый. На бугорках – кустарничково-лишайниковая растительность, между бугорками – сфагновый мох. Очес сфагнума в мочажине (между бугорками) до 10 см; очес лишайников на бугорке – около 5 см. Tmd – мощность 7 см на бугорке – красновато-темно-бурый, влажный, средне-хорошо разложенный торф; много тонких корней; встречаются минеральные зерна песка. T – мощность 5 см в бугорке, 15 см – между бугорками – буровато-желтый, мокрый, слабо разложенный сфагновый торф; на границе с минеральным горизонтом в мочажине – более темный слой, под которым много корней. CR – серовато-охристый, сырой, в нижней части – мокрый, песок. Уровень надмерзлотных вод – на уровне 0-поверхности между бугорками.
L2009 – Пучинно-бугорковатая пятнистость: торфяно-криозема (1) и торфяно-криозема минерально-торфяного (2)  (1) (2)	О. Ловецкий (68.356464, 53.96451), Берег озера, самая низкая из террасок. Микрорельеф бугорковатый. На бугорках – лишайниковая растительность, между бугорками – осоково-моховая (сфагнум). T – в бугорке – мощность 12-16 см – ярко-бурый; влажный, слабо разложенный торф (преобладают мхи <i>Dicranum</i>); густые корни. Tmr – между бугорками – глубины: 0-18 см – серовато-бурый, сырой, слабо разложенный торф; прослой с примесью песка. CR@ – в бугорке – глубины: +15-20 см, мощность 35 см – влажный, буровато-серый песок; Переход постепенный, по влажности и цвету. CR – зеленовато-серый, мокрый (считается вода бурого цвета), песок. Уровень надмерзлотных вод – 10 см от межбугорковой поверхности. Данные анализов в Приложении Г.

Таблица Б15 – Подбуры

K1818 – Подбур оподзоленный криотурбированный Разрез заложен 20 июля 2018 г. в центральной части о. Колгуев (69.1574, 48.8984). Небольшой песчаный холм, разрез заложен на уступе склона в нижней части холма. Микрорельеф: повышения 20-30 см в высоту, 2-3 м в диаметре разделены ложбинами и локальными западинами. Растительность: лишайниковая, по понижениям выше доля мхов 	O – 0-1(2) см – свежий; темный, серовато-бурый; рыхлый; мягкий; густые корни. Щебень редкий по границе. Граница: языковатая. Переход: резкий Be@ – 1(2)-5(10) см – влажноватый; светло-серый с красноватым оттенком, пятна темно-серый (включение фрагментов подстилки); песок сортированный; бесструктурный, плотный; корней мало. Граница карманистая, неупорядоченная из-за криотурбаций, переход ясный. BHF@ – 5(10)-25 см – влажноватый; бурый с рыжеватыми, светлыми и темно-серыми пятнами; песок сортированный; бесструктурный, плотный. Граница неровная, переход заметный. C – 25-(45) см – влажноватый; светло-охристый с рыжеватыми пятнами; сортированный слоистый песок.
---	--

K2109 - Подбур оподзоленный криотурбированный в составе крупнопolygonальной микроструктуры почвенного покрова, осложненной корразионными пятнами.

Разрез заложен в центральной части о. Колгуева (69.1535, 48.9422)

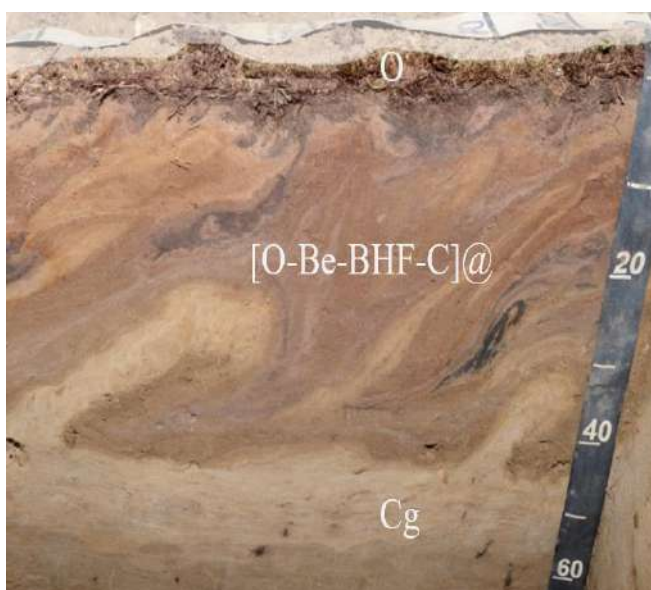
Формула профиля: **O-Be-BHF@-BC-C**. Описание почвы аналогично разрезу K1818

K2218 – Подбур оподзоленный криотурбированный глееватый

Разрез описан 6 июля 2022 г на о. Колгуев (восточная часть, 69.1233, 49.9737)

Плоская песчаная гряда, на 1.5 м приподнятая над общей поверхностью склона холма. Локально – слабовогнутая покатая поверхность (уклон 2-3°). Микрорельеф выровненный – перепады высот 5-10 см на расстоянии 2 м.

Растительность: единичные кустарнички *Salix lanata* (высота до 15 см); кустарнички (ПП 10-15%): *Arctous alpina*, морошка, *Salix polaris*, Брусника. Травы (< 5%): осочка, куртинки мелкого злака. Мох (ПП 100%, но на повышениях отмерший (10%)): *Dicranum elongatum* (95%), *Polytrichum*, *Hylocomium splendens*. Лишайники (20%, рассеяно): *Cetraria islandica* (10%), *Cladonia arbuscula* (10), *Cladonia gracilis* (ед.).



Мерзлота – с 70 см (6.07.2022)

O1 – 0-1 см – влажноватый, темно-бурый, хорошо разложенные орг. ост., много корней, примесь отмытого песка.

[O2-Be-BHF-C]@ – влажноватый песок с дресвой и щебнем, контрастная окраска, фрагменты горизонтов O, Be, BHF и C, вне связи с фрагментами горизонтов – пятна диффузного ожелезнения, корни по всей толще редкие.

O2 – темно-серый, уплотненный, хорошо разложенные орг. остатки.

Be – очень светло-коричневый, по нижней границе светловато-желто-бурый.

BHF – бурый с пятнами более рыжеватыми и красноватыми.

C – крупные фрагменты почвообразующей породы достигают местами поверхности, в верхних 15 см – мелкие частые ожелезненные пятна.

Cg – 45-(70) см – светлый, желтовато-серый средний песок, неясная слоистость за счет темно серый горизонтальных пятен-штрихов, субвертикальные осветленные пятна шириной 4 см. Fe-Mn стяжения по корням.

K2307 – Подбур оподзоленный криотурбированный, подстилаемый суглинками в составе микроструктуры почвенного покрова

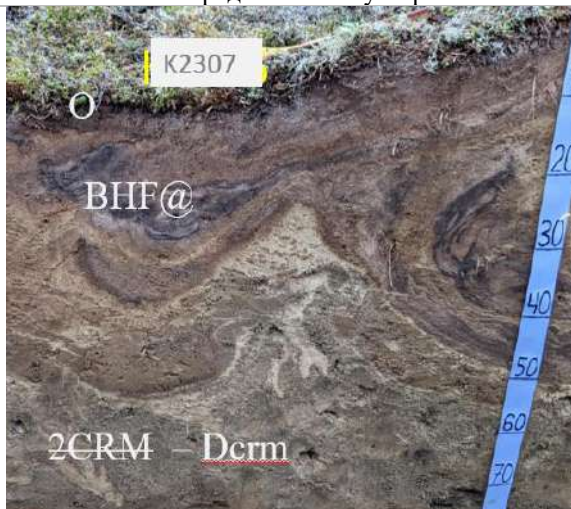
(диагностика дискуссионная)

Разрез заложен 27.06.2023 в восточной части о. Колгуев (69.1208, 49.9691).

Верхняя часть склона «Геодезического холма», уклон 2°, западная экспозиция.

Микрорельеф с заметными до 40 см перепадами, не упорядоченный: местами прослеживаются линейные понижения, повышения в основном имеют сложную искривленную форму.

Растительность: редкоивовая кустарничково-мохово-лишайниковая.



Мерзлота не вскрыта (>110 см), 27.06.2023

O – 0-1(2) см – влажноватый, темно-бурый, хорошо разложенные орг. ост., на границе с минеральным горизонтом – дресва и крупный щебень.

BHF@ – 1(2)-20(50) см – влажноватый, бурый с рыжеватыми пятнами, светло-серыми (фрагменты оподзоленного горизонта) и очень темными пятнами (фрагменты погребенного орг. материала), песок сортированный. Переход резкий, граница неровная, сильно искривленная криотурбациями.

Dcrm – 20(50)-77 см (отсчет от наивысшей точки микрорельефа) – влажноватый, буровато-серый, к низу серее; суглинок сильно опесчаненный с линзами песка, так что в целом – супесь; структура неоднородная: 1) угловатая с обильными скелетами, 2) зернисто-округлая без скелетов, плотной упаковки, 3) крупно-плитчатая; много крупных корней; включения крупного щебня.

**Прикопка I2007 – Подбур оподзоленный
криотурбированный** (почва блока в составе
крупнопolygonальной КМС)



Разрез заложен на о. Ловецкий (68.351714, 53.951441).

Рельеф: слабовыпуклая поверхность.

Растительность: кустарничково-лишайниковая.

O@ – 0-2(6) см – с поверхности - темно-бурый, слабо разложенный, рыхлый; к низу – серый, более плотный, средне и хорошо разложенный; влажноватый.

[Be-O]@ – 2(6)-10(12) см – белесые фрагменты горизонта Be и серые фрагменты горизонта O; влажноватый; песок.

BHF – 10(12)-18 см – бурый с более темными и более светлыми пятнами; влажноватый; песок.

BC – 18-23 см – блеклый светло-бурый; влажноватый; песок.

C – 23-(35) см – охристый влажный песок.

Прикопка I2001 – Подбур оподзоленный криотурбированный
(почва блока в составе крупнопolygonальной КМС)

о. Ловецкий (68.321461, 53.909849)

Формула профиля: O-Be-BHF@-BC. Описание почвы аналогично прикопке I2007

Таблица Б16 – Подзолы

K2204 – Подзол криотурбированный

Разрез в восточной части о. Колгуев (69.1204, 49.9094)

Формула профиля: O-E-BHF@-BC. Описание почвы аналогично разрезу K2210

K2210 – Подзол криотурбированный (почва блока в составе крупнопolygonальной КМС)

Разрез заложен 29 июня 2022 г. в восточной части о. Колгуев (69.1081, 49.9447).

Плоская поверхность со слабым уклоном к ЮВ.

Микрорельеф: крупно-полигональная сеть трещин. Поверхность полигонов выровненная, небольшие превышения нивелируются растительностью.

Растительность – лишайниковая, с небольшой долей угнетенных мхов и кустарничков.



O – 0-1 см, языки до 8 см – свежий, буровато-серые разной степени разложения орг. остатки с большой примесью отмытого песка; корней много.

E@ – 1-2(4) см, в языках до 10 см – влажноватый, неоднородной окраски: белесый с буроватыми и сероватыми (примесь орг. детрита) пятнами; рыхлый песок.

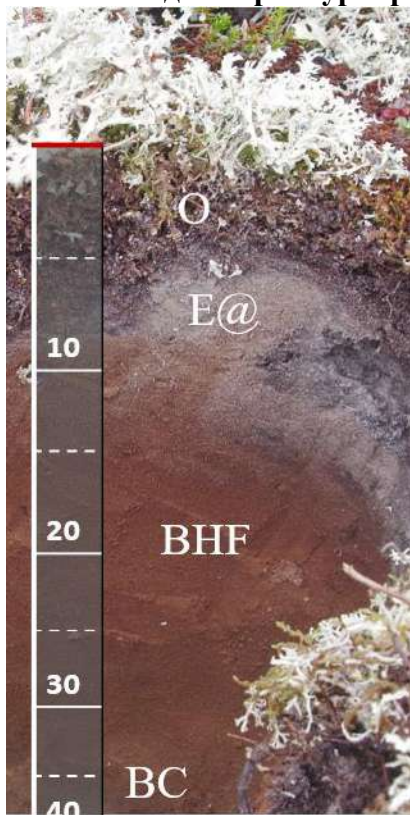
BHF@ – 2(4)-20 см – влажноватый, желтовато-бурый с более бурыми и более серыми темными пятнами, песок сортированный. переход постепенный.

BC – 20-(30) см – серовато-желтый влажноватый песок.

K2312 – Подзол криотурбированный

Разрез в восточной части о. Колгуев (69.1200, 49.9097).

Формула профиля: **O-E@-BHF@-BC**. Описание почвы аналогично разрезу K2210

L2001 – Подзол криотурбированный

Разрез заложен 6.08.2020 на о. Ловецкий (68.356518, 53.964951).

Рельеф: плоская, приподнятая поверхность.

Микрорельеф слабоволнистый, редкие мелкие пятна, заросшие кустарником и мхом.

Растительность: кустарничково-лишайниковая. Кустарнички (ПП 30%): Багульник (25%), вороника (5%), Брусника (+), *Arctous alpina* (+).

Лишайники (ПП 100%): *Flavocetraria nivalis* (50%), *Cladonia arbuscula* (30%), *Alectoria ochroleuca* (30%), *Alectoria nigricans* (30%), *Bryocaulon divergens* (10), *Cladonia rangiferina* (5%), *Thamnolia vermicularis* (5%), *Cladonia gracilis* (+), *Cetraria islandica* (+).

Мхи (*Ptilidium ciliare*)

O – 0-2(6) см – темно-бурый (7,5YR 2,5/2*), влажноватый; мягкий, рыхлый, к низу плотнее.

E@ – 2(6)-10(12) см – буровато-светло-серый (7,5YR 6/2), влажноватый; песок; корней мало.

BHF – 10(12)-35 см – яркий, рыже-бурый (7,5YR 4/4); влажноватый; песок.

Переход постепенный

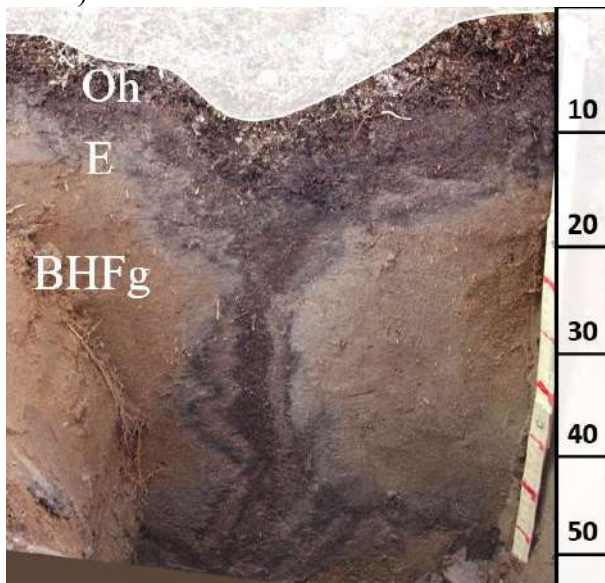
BC – 35-(45) см – блеклый, желтовато-охристый (10YR 5/4); влажноватый; сортированный песок; редкие пятна ожелезнения, тонкие линзы орг. в-ва.

*цвет сухого образца по Манселлу

Данные анализов в Приложении Г.

L2002 – Подзол криотурбированный

перегнойный глееватый (почва ложбины и трещины между блоками в крупнопolygonальной КМС)



Разрез описан 10.08.2020 на о. Ловецкий (68.321452, 53.909958), в ложбине между слегка выпуклыми 6-гранными блоками-полигонами. Растительность: кустарничково-лишайниково-моховая.

O – 0-3(5) см – темно-бурый, влажноватый, рыхлый, слабо-разложённые орг. остатки.

Oh – 3(5)-7(11) – красновато-темно-серый, хорошо разложённые орг. остатки (в трещине – мажется), с большим количеством примеси минерального материала (песок, пыль), густые корни, отмытые зерна кварца; уплотнённый.

E – по границе с органическим горизонтом – буровато-светло-серый, влажноватый; песок.

BHFg – рыжевато-бурый; влажноватый; песок, в правой части – зона диффузного ожелезнения с железистыми стяжениями.

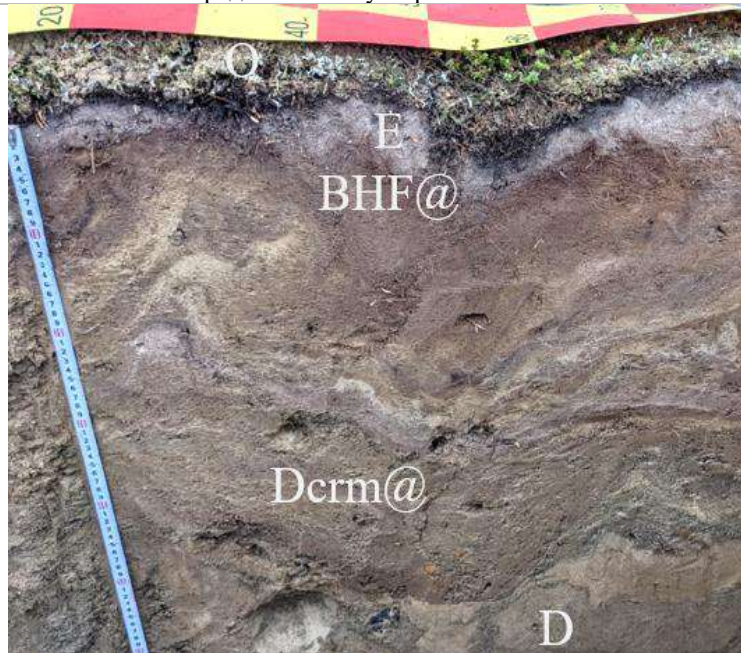
К2307 – Подзол криотурбированный, подстилаемый суглинками в составе микроструктуры почвенного покрова (диагностика дискуссионная)

Разрез заложен 27.06.2023 в восточной части о. Колгуев (69.1208, 49.9691)

Верхняя часть склона «Геодезического холма», уклон 2°, западная экспозиция.

Микрорельеф с заметными до 40 см перепадами, не упорядоченный: местами прослеживаются линейные понижения, повышения в основном имеют сложную искривленную форму.

Растительность: редкоивовая кустарничково-мохово-лишайниковая.



O – 0-1(2) см – влажноватый, черный, хорошо разложенные орг. ост. с примесью отмытых зерен песка.

E – мощность до 4 см – белесый, влажноватый, песок.

BHF@ – мощность 2-20 см – окраска по градиенту: сверху более яркая, бурая, к низу более блеклая, влажноватый песок, бесструктурный.

Dcrm@ – влажноватый, серовато-бурый со светлыми линзами песка; сильно опесчаненный суглинок – супесь; структура неоднородная: 1) угловатая с обильными скелетами, 2) зернисто-округлая без скелетов, плотной упаковки, 3) крупно-плитчатая; много крупных корней.

Граница неровная, переход резкий.

2D – с 60-70 см – светло-охристый, сортированный средний песок.

Мерзлота не вскрыта (>110 см), 27.06.2023

Таблица Б17 – Торфяно-подзолы

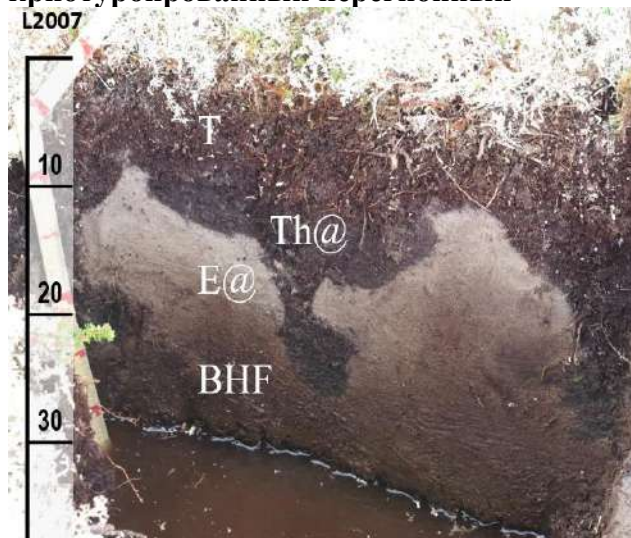
L2003 – Торфяно-подзол криотурбированный

Разрез описан на о. Ловецкий (68.320082, 53.913387)

Профиль почвы: T@-E@-BHF-BC. Описание горизонтов аналогично разрезу L2007.

Уровень надмерзлотных вод – с 55см

L2007 – Торфяно-подзол криотурбированный перегнойный



Разрез описан 13.08.2020, на о. Ловецкий (68.356485, 53.964756). Плоская террасовидная поверхность с неглубоким залеганием почвенно-грунтовых (надмерзлотных) вод (30 см). Микрорельеф волнистый: перепады до 15 см на расстоянии 40 см. Растительность: лишайниковая; ПП кустарничков <15% (Вороника 8%, багульник 7%, брусника – ед.); ПП трав – 5%, лишайников – 90%, мхов – 20%.

T@ – 0-9(15) см, языки до 25 см – темно-бурый, к низу темнее; влажный; от слабо- до средне-разложеного с глубиной, в нижней части до перегнойного, мажущегося; плотный. Граница языковатая, переход резкий.

E@ – 9(11)-19 см – блеклый, палево-серый; влажный; песок. Переход заметный, граница волнистая.

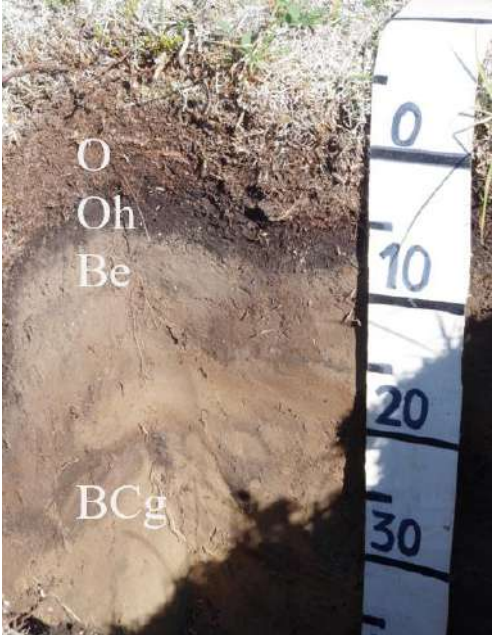
BHF – 19-35 см – темный, палево-бурый; сырой; песок. Переход постепенный.

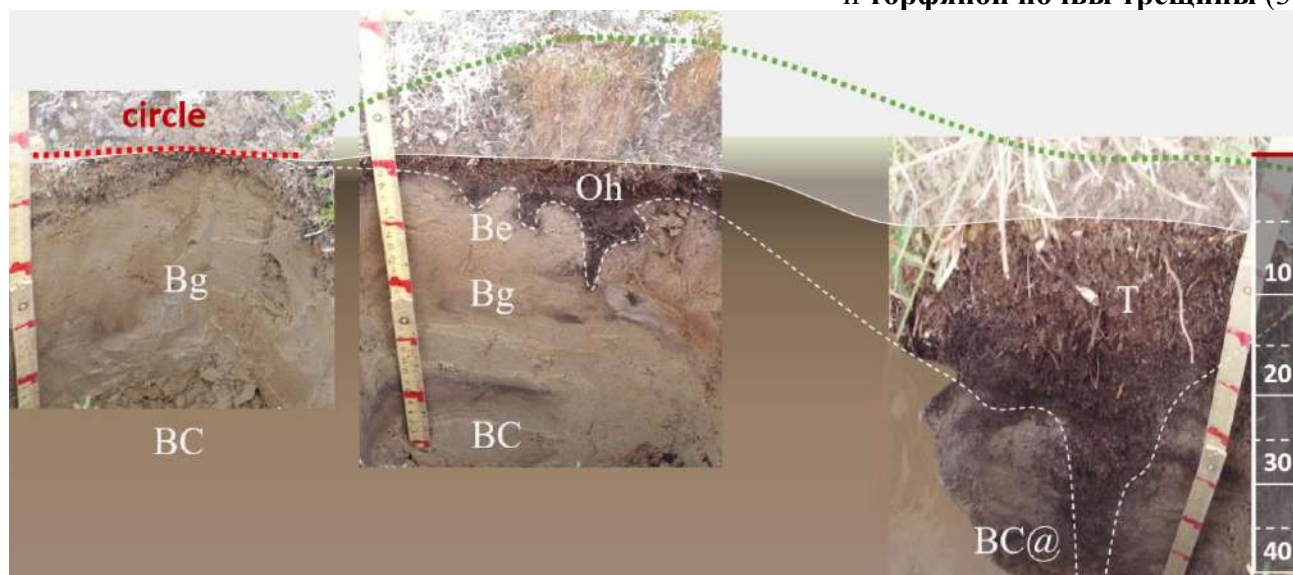
BC – от 35 см – блекло-охристый с зеленоватым оттенком; мокрый; песок.

Таблица Б18 – Псаммоземы гумусовые

K1817 – Спорадически-пучинно-пятнистый комплекс абразема и псаммозема гумусового 	Положение: Колгуев, правый берег реки песчанки в ее среднем течении, ниже впадения р. Амбарный (69.16403°N, 48.888863°E); Рельеф: вершина небольшого песчаного холма размером 50*20м и высотой менее 2 м; Микрорельеф нерегулярный с перепадами высот до 15 см на расстоянии 1.5 м; Растительный покров разреженный (ПП – 80%), кустарничково-лишайниковый (лишайники-80%; мхи 20% и кустарнички – 50% (<i>Arctous alpina</i>, шикша, <i>Betula nana</i>)). W – 0-2 см – сухой, серовато-охристый, светлый песок, сверху слабо покрашен орг. в-вом. B – 2-20(30) см – свежий, сверху сухой, желтовато-бурый с более бурыми пятнами; песок; структура не выражена; много камней (дресвы, щебня, гравия); корней мало, тонкие. Переход заметный, по структуре, цвету; граница волнистая. BC – 20(30)-35(60) см – свежий; серовато-охристый; супесь; структура слабая, глыбисто-ореховатая; плотный; много камней, корней мало. Переход заметный, по наличию камней, цвету; граница карманная. D – 35(60)-61 см – свежий; охристый; супесь; плотный; камней нет. Данные анализов в Приложении Г.
K1902 – Псаммозем гумусовый Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.1616, 48.9478) <u>Профиль почвы:</u> W – BC – C~ Описание почвы аналогично разрезу K1817	
B2013 – Псаммозем гумусовый Разрез описан на Болванском полуострове (68.29248, 54.498485) <u>Профиль почвы:</u> W – BC – C~ Описание почвы аналогично разрезу K1817	

Таблица Б19 – Псаммоземы

B2001 – Псаммозем оподзоленный перегнойный глееватый 	Болванский полуостров (68.28269, 54.462348) рядом с дорогой. Пологий склон холма, 3 экспозиции. Микрорельеф не выражен. Растительность: кустарничково-лишайниковая. +5 – 0 см – очес лишайников O – 0-5(7) см – бурый; свежий; слабо разложенные орг. остатки, дернина корней; Oh – 5(7)-8 см – почти черный, влажный, слабо мажущийся, густые корни. Be – 8-15 см – палево-серый, с нечеткими пятнами буроватыми, сероватыми, рыжеватыми (п см); влажноватый; мелкий песок; много корней; включения линз орг. в-ва. BCg – светло-серовато-бурый с нечеткими буроватыми и рыжеватыми пятнами; сырой; песок. пылеватый (оч. пылит), агрегаты слабые – рассыпаются, порозность низкая; мелкие Fe-Mn конкреции (при растирании). Данные анализов в Приложении Г.
--	--

В2022 – Крупнополигональный пятнистый комплекс**криоабразама глееватого пятна (1),****псаммозема оподзоленного блока (2)****и торфяной почвы трещины (3)**

(1)

(2)

(3)

2.08.2020 Болванский полуостров (68.282498, 54.492859). Плосковершинная поверхность холма.

Крупнополигональный узор поверхности, диаметр – ок.20 м. Разрез заложен в центре полигона.

Микрорельеф слабоволнистый (полигоны в рельефе не выражены).

Растительность (полигона): кустарнички (ПП <20%): багульник (10%), вороника (ок.10%) *Betula nana* (<5%), *Salix nummularia* (ед.), брусника (ед.); травы (ПП <5%): *Calamagrostis lapponica*, *Carex arctisibirica*; мхи (не вегит.): *Dicranum* и *Polytrichum* (наполовину отмерший); лишайники (ПП 100%): *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*, *Flavocetraria nivalis*, *Flavocetraria cucullata*, *Alectoria ochroleuca*, *Alectoria nigricans*, *Bryocaulon divergens*, *Thamnolia vermicularis*.

Почва пятна (1):С поверхности – корка мхов
Gymnomitrium coralloides.**Bg** – сизо-серые пятна (5%) на охристом фоне; в верхних 10 см – плавун (тиксотропный), который быстро высох. по нижнему краю – буроватая кайма**Cg** – сизо-серые пятна (10%) на охристо-палевом фоне; мелкие Fe-Mn примазки.

Весь профиль – влажный мелкий песок.

Почва (2):**Oh** – 1-2(языки до 10) см – темно-бурый, свежий, мажущийся, орг. в-во >50%, орг. в-во хорошо разложенное (сверху – слабо), рыхлый, мягкий, много тонких корней.**Be** – 2-7 см – блеклый, светлый, буровато-серый, на 0.5 см прокрашен гумусом; свежий; песчаный, рыхлый, мягкий, редкие корни.**B** – 7-13 см – желто-бурый, свежий; более прокрашен Fe, местами прокрашен орг. в-вом, песчаный.**BC** – 13-25 см – светлый, серо-охристый, свежий; песчаный, с включениями орг. в-ва и горизонта Bhf, мелкопористый, редкие мелкие рыжие пятна.

Данные анализов почвы (2) приведены в Приложении Г.

Таблица Б20 – Торфяные почвы мерзлотных бугров и мерзлых торфяников

K1803 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная

Разрез описан в центральной части о. Колгуев (69.1681, 48.8514)

Профиль почвы: O-TOmd-TT_L. Описание горизонтов аналогично разрезу K2221**K1806 – Торфяная олиготрофная деструктивная минерально-торфяная мерзлотная**

Разрез заложен 10.07.2018, повторно 16.07.2019. Колгуев, центральная часть, левый берег р. Песчанка (69.1768, 48.9117). Бровка долины реки Песчанка. Слабонаклонная поверхность.

Микрорельеф – кочки пушицы.

Растительность: Кустарнички (ПП < 5%): *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*; Травы (ПП 90%): *Eriophorum vaginatum* (80%), *Rubus chamaemorus*, *Luzula*; Мхи (ПП 90%): *Dicranum* (60 %), *Polytrichum* (30%); Лишайники (ПП 50% на бугорке): *Cladonia rangiferina*.

ТО – 0-7(10) см – рыжевато-бурый, влажный; среднее разложенное орг. в-во; плотный; дернина корней пушицы и кустарничков.

Граница волнистая. Переход: ясный по цвету, сложению.

ТОmd – 7(10)-13(15) см – темно-бурый, сырой; хорошо разложенное орг. в-во, мажущийся, мягкий, более плотный; много корней.

Граница волнистая. Переход: ясный, по цвету

ТОmr – 13(15)-25 см – рыжевато-ярко-бурый, сырой; хорошо разложенное орг. в-во; плотный; корней много; включения буро-серого тяжелосуглинистого минерального материала, единичные включения дресвы.

TT_L – с 25 см – очень темно-бурый, мерзлый, средне-сильно разложенный торф;

Мерзлота с 25 см

Данные анализов в Приложении Г.

K2221 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная почва

Восточная часть о. Колгуев, правый берег р. Песчанки (69.1245, 49.9618); Мерзлый торфяной бугор на плоскобугристом болоте в депрессии. Поверхность бугра ровная, с редкими повышениями на 5 см 50*100 см.

Растительность кустарничковая: ПП кустарничков – 90% (Вороника, морошка, брусника); ПП мхов 100%, но примерно на 40% - отмерший мох (*Dicranum sp.*, *Polytrichum sp.*); ПП лишайников 40% (приурочены к повышениям).

Очес – +3-0 см

O – 0-6 см – темно-бурый, влажноватый; рыхлый, слабо-средне разложенный; густые корни; по нижней границе – присыпка песка.

ТОmd – 6-13 см – очень темно-бурой, по нижней границе до черного, влажный; очень хорошо разложенный, мажущийся.

ТО – 13-30 см – желто-бурый, с сероватыми прослоями, влажный, средне-разложенный торф.

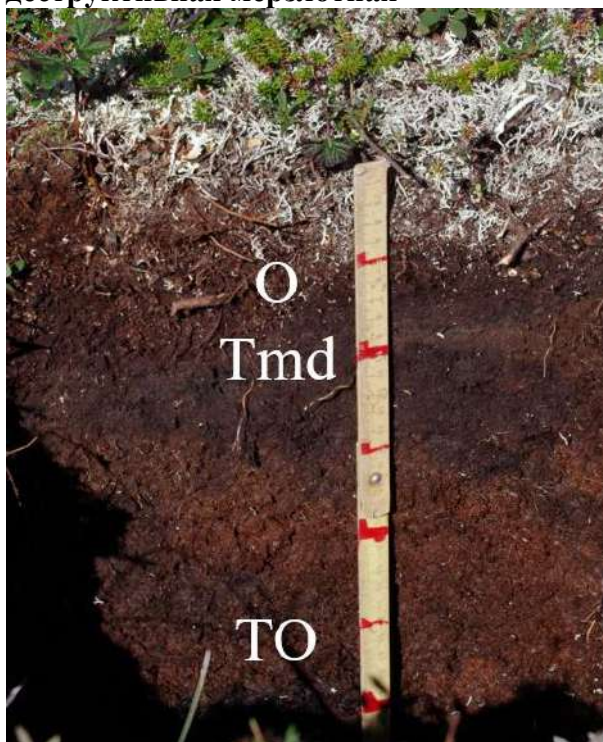
Мерзлый торф – с 30 см (5 июля 2022)

K2313 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная

Восточная часть о. Колгуев, правый берег р. Песчанки (69.1212, 49.9240), кочковатый микрорельеф

Профиль почвы: TOmd-TO-TT_L - Описание горизонтов аналогично разрезу K2221

В2004 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная



Разрез описан на полуострове Болванский (68.29362, 54.511942)

Разрез заложен на блоке (полигоне) полигонального торфяника. В 30 м от берегового обрыва. Растительность кустарничково-лишайниковая.

O – мощность от 4 до 8 см – бурый, влажный, средне-разложенный, умеренно-рыхлый.

TOmd – мощность от 5 до 12 см – очень темный блекло-бурый, сырой, очень хорошо разложенный, с включениями: углистых линз, рассеянных минеральных зерен, линзы серо-бурого торфа.

TO – 8(16)-33 см – рыже-бурый, сырой, слабо-средне разложенный сфагновый торф.

TL – от 33 см – мерзлый торф, темно-бурый – почти черный, осоковый (?) средне-разложенный.

Мерзлота на глубине 33 см (24 июля 2020)

Данные анализов в Приложении Г.

L2004 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная почва



Разрез описан 11.08.2020, на о. Ловецкий (68.353121, 53.968543), в мелкобугристом болоте.

Кустарничково-мохово-лишайниковая растительность. Кустарник (ПП 5%, высота до 20 см) – *Betula nana*, *Salix reptans*; Кустарнички (ПП 60%): *Empetrum hermaphroditum*, подбел, брусника, морошка; Лишайники (ПП 50%): *Cladonia arbuscula* (90%), *Cladonia rangiferina* (20%), *Cetraria islandica* (+), *Flavocetraria nivalis* (+); мхи (30%): *Dicranum sp.*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilidium ciliare*.

O – 0-6 см – темно-бурый, влажный, густые корни, средне-разложенные орг. остатки.

Переход слабо заметный, по плотности, степени разложения, густоте корней.

TOmd – 6-40 см – темно-бурый, влажный, торф слабо-средне-разложенный, в верхней части – хорошо разложенный вплоть до образования структуры; плотный; много тонких корней.

Ghi – с 40 см – сизовато-темно-серый, сырой, песок, почти сразу – мерзлый.

Мерзлота – с 45 см.

Прикопка l2002 – Торфяная олиготрофная деструктивная

Разрез описан на о. Ловецкий (68.31897, 53.9143)

Профиль почвы: **O-Tmd-TL** - Описание почвы аналогично разрезу В2004.

Мерзлота на глубине 40 см (10.08.2020)

Таблица Б21 – Торфяные олиготрофные почвы

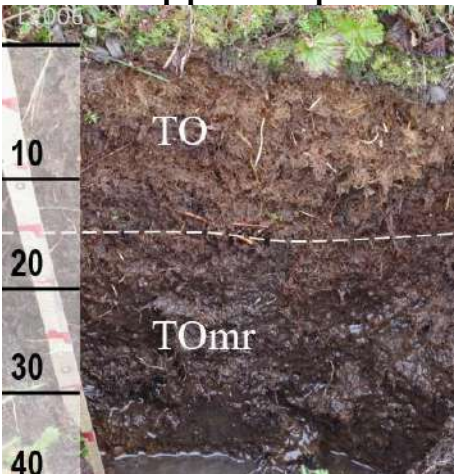
В2020 – Торфяная олиготрофная иловато-торфяная мерзлотная 	Разрез описан 1.08.2020 на полуострове Болванский (68.293018, 54.49478), рядом с разрезом В2020. Микрорельеф – кочки. Растительность: кочкарник (<i>Eriophorum vaginatum</i>) сфагновый ТО – 0-30 см – сырой, серовато-бурый, торф слабо и средне разложенный, сфагновый с жесткими остатками пушицы; много корней ТТ – 30-40 см – сырой, серовато-темно-бурый, осоковый(?) торф средне и хорошо разложенный, с примесью песка G – 40-50 см – сырой, сизо-серый, легкий суглинок (тонкий песок-пыль) Мерзлота на глубине 50 см
В2024 – Торфяная олиготрофная 	Разрез описан 2.08.2020 на полуострове Болванский (68.2893, 54.4714). Сфагновое болото по ложбине. Микрорельеф слабоволнистый. Растительность: кустарнички (ПП 10%): голубика, вороника, багульник (ед.); травы (ПП 5-10%): <i>Carex rariflora</i>, <i>Eriophorum</i>; мох (100%): сфагнум, <i>Polytrichum</i> (ед.) Верхние 10 см – очес сфагнума ТО – 10-25 см – темно-бурый, сырой, слабо разложенный сфагновый торф, редкие корни кустарничков. ТТ – 25-37 см – бурый, мокрый, средне- слабо- разложенный сфагновый торф Мерзлота – на глубине 37 см, льдистая (льда $\geq 50\%$) Данные анализов в Приложении Г.
Л2006 – Торфяная олиготрофная иловато-торфяная мерзлотная 	Разрез описан 12.08.2020, на о. Ловецкий (68.3553, 53.9731), в зоне паводкового затопления. Кустарничково-моховая растительность. Микрорельеф волнистый (перепады высот до 20 см на расстоянии 60 см), спорадически-пучинный (нерегулярные повышения). ТО – 0-15 см – от светло-бурого к бурому, сырой, сфагновый торф слабо- разложенный, мягкий, с более плотными прослоями, густые корни кустарничков. ТОmr – 15-(40) см – темно-бурый, мокрый, средне-разложенный торф, с прослоями сизовато-темно-серого минерального ила. Мерзлота – с 45 см.

Таблица Б22 – Торфяные мезотрофные почвы

K2102 – Торфяная мезотрофная почва 	Разрез описан 2-08-2021 в возвышенной части о. Колгуев (69.1202, 48.71072). Ложбина между двумя холмами; в днище осоковой ложбины. Растительность: осоковая редкоивовая. ТМ – 0-40 см – мокрый; яркий рыже-бурый, верхние 5 см – более темный, более бурый, от 20 до 40 см – также более темный + чернеет на воздухе со временем; слабо-средне разложенный торф, видны остатки сфагнума; уплотненный, густые корни, реагирует на α-дипиридил. Темно-бурый прослой на границе с минеральным горизонтом – хорошо разложенное орг. в-во, но не мажется, мерзлый: с прожилками льда до 3мм. G – 40-(65) см – темно-серо-сизый, влажный; структура на 40-50 см – творожистая, ниже – зернистая; легкая глина, уплотненная, много корней, реагирует на α-дипиридил. На 50 см – очень темный прослой хорошо разложенного орг. в-ва. Уровень надмерзлотных вод – с поверхности Мерзлота – с 40см – сезонная(?), с 50(?) – ММП
K2212 – Торфяная мезотрофная почва 	Разрез заложен 1 июля 2022 г на о. Колгуев, в восточной части (69.1251, 49.9676), в центральной части плоскобугристого болота, расположенного в депрессии на ключевом участке. Мочажина между буграми с выпуклой поверхностью (растущий бугор?). Растительность: мелкий гигрофильный мох (95%), сфагнум (5%), сабельник (5%), хвостник – 5%. ТМ – 0-(35) см – мокрый торф разной степени разложения: 0-5 см – темно-бурый до черного, средне-разложенный, много коней. 5-13 см – рыже-бурый, средне-разложенный сфагновый мох. 13-35 см – красновато-темно-бурый хорошо разложенный торф. Уровень надмерзлотных вод – 5-10см Мерзлота – 35 см
L2005 – Торфяная мезотрофная 	Разрез описан 11.08.2020, на о. Ловецкий (68.3532, 53.96858), в мелкобугристом болоте в мочажине между буграми. Кустарничково-моховая растительность. TE – 0-40 см – серовато-темно-бурый, мокрый, осоковый (?) торф слабо-средне-разложенный, плотный; много тонких корней. Ghi – с 40 см – буровато-темно-серый, мокрый, песок(?). Запах H_2S Мерзлота – с 70 см.

Приложение В – Данные лабораторных анализов

Таблица Г1 – Гранулометрический состав почв

Гори- зонт	Глубина, см	Содержание фракций, %; размер частиц мм							Класс*
		1–0.25	0.25– 0.05	0.05– 0.01	0.01– 0.005	0.005– 0.001	<0.001	<0.01 мм	
Разрез K1807 – Глеезем криометаморфический									
G	6-12	6.36	38.83	20.23	5.4	12.83	16.35	34.58	с.суглинок
Gcf	12-14	4.85	25.27	20.8	7.74	16.48	24.86	49.08	т.суглинок
Bg	14-22	5.11	38.04	18.5	7.31	13.36	17.68	38.35	с.суглинок
CRMg	22-40	3.59	27.54	15	6.92	10.29	36.66	53.87	л.глина
CRMg	40-60	3.4	25.03	14.17	6.15	11.28	39.97	57.4	л.глина
Разрез K1811 – Подбур криометаморфический									
BHF	+3–22	9.69	40.61	17.68	3.43	9.44	19.15	32.0	с.суглинок
CRM1	22–30	8.45	41.93	15.89	4.37	8.33	21.03	33.7	с.суглинок
CRM2	30–45	9.12	48.73	13.42	2	7.55	19.18	28.7	л.суглинок
CRM3	45–65	15.67	55.98	7.11	3.53	2.85	14.86	21.2	л.суглинок
Разрез K1905 – Криометаморфическая почва									
B	5–19	2.87	26.7	20.78	7.65	19.06	22.94	49.65	т.суглинок
CRM1	19–40	3.61	28.76	15.74	5.43	12.54	33.92	51.89	л.глина
CRM2	40–55	2.96	22.31	17.06	9.11	13.03	35.53	57.67	л.глина
Разрез K1908 – Криометаморфическая почва									
Wao	+10–2	10.78	55.79	15.01	3.46	4.81	10.15	18.42	супесь
B	2–12	10.01	55.19	13.03	2.72	4.96	14.09	21.77	л.суглинок
CRM1	12–20	5.77	50.69	14.81	2.6	7.78	18.35	28.73	л.суглинок
CRM2	20–35	5.11	40.95	16.34	4.49	7.56	25.01	37.06	с.суглинок
BC	35–55	3.8	31.64	18.2	6.36	11.68	28.32	46.36	т.суглинок
Разрез K1909 – Подбур криометаморфический									
Wao	+15–0	6.4	22.67	30.05	6.26	13.93	20.69	40.88	т.суглинок
BHF	0–15	3.06	30.56	23.87	6.89	16.16	19.46	42.51	т.суглинок
BF	15–20	3.32	31.45	19.5	6.45	12.01	27.27	45.73	т.суглинок
CRM	20–40	3.5	32.08	19.77	7.23	8.94	28.48	44.65	т.суглинок
CRMg	40–60	3.35	31.18	19.16	5.4	9.27	31.64	46.31	т.суглинок
Разрез B2002 – Криозем									
CRocr	5 – 20	6.31	36.83	28.39	6.58	9.72	12.17	28.47	л.суглинок
CRg	20 – 40	4.32	31.52	29.16	7.03	12.59	15.38	35	с.суглинок
CRcro	40 – 45	3.32	30.23	28.72	6.17	13.26	18.3	37.73	с.суглинок
Cg	45 – 55	3.31	34.04	24.27	8.79	9.57	21.53	39.89	с.суглинок
Разрез B2014 – Подбур криометаморфический									
BHF	5 – 17	8.73	37.63	19.81	5.1	9.04	19.69	33.83	с.суглинок
BF	17 – 22	6.58	38.14	22.84	5.88	10.14	16.42	32.44	с.суглинок
CRM	22 – 35	4.05	32.8	21.36	5.18	11.46	25.15	41.79	т.суглинок

*классификация почв по гранулометрическому составу по Н.А. Качинскому: л. – легкий/легкая, с. – средний, т. – тяжелый суглинок/глина

Таблица Г2 – Физико-химические свойства почв

Гори- зонт	Глубина, см	Плотность	ППП, %	Сорг	№общ	рН		Fe-d по Джексону, %	Fe- o	Al- o	ЕС, мСм/см
				%		водн.	KCl		по Тамму, %		
Разрез K1801 – Криозем											
Wao	0-5	0.18		15.31	0.57	5.6	4.1				
Bcrm	5-15	1.33		1.53	0.11	6.3	5.0	1.47	0.52	0.15	0.057
CR	15-30	1.49		0.42	0.03	7.0	5.5	1.48	0.35	0.09	0.056
CRcrm@	30-50	1.59		0.52	0.03	7.2	5.9	1.61	0.32	0.13	0.068
Разрез K1802 – Криозем											
O	0-5	0.18		29.18	1.13	5.7	4.3				
CRg	5-40	1.38		1.28	0.10	5.8	4.1				0.044
Dcrm	40-50	1.21		0.84	0.07	6.6	4.6				0.036
Разрез K1806 – Торфяная олиготрофная (деструктивная мерзлотная) почва											
TO	0-10	0.14		44.80	1.36	4.2	2.9				
TOmd	10-20	0.37		30.07	1.42	4.2	3.2				
TT	20-25	0.51		29.72	0.94	4.4	3.4				
Разрез K1807 – Глеезем криометаморфический											
O	0-6	0.33		16.57	1.15	5.41	4.45				
G	6-12	1.44		1.57	0.10	5.23	3.80	0.95	0.79	0.09	0.039
Gcf	12-14	1.26		3.33	0.23	5.02	3.60	2.68	1.88	0.22	0.049
Bg	14-22	1.67		0.64	0.05	5.16	3.58	1.32	0.61	0.12	0.029
CRMg	22-40	1.45		0.56	0.04	5.13	3.55	1.89	0.60	0.17	0.025
CRMg	40-60	-		0.42	0.04	5.62	3.72	1.84	0.55	0.17	0.023
Разрез K1811 – Подбур криометаморфический											
Wao	+10–+3	0.92		4.01	0.24	4.0	3.4				
BHF	+3–22	1.44		1.45	0.07	4.5	3.6	1.6	0.62	0.41	0.026
CRM1	22–30	1.50		0.45	0.04	5.1	3.7	1.51	0.32	0.21	0.028
CRM2	30–45	1.47		0.26	0.02	5.4	3.8	1.02	0.18	0.10	0.019
CRM3	45–65			0.31	0.02	5.5	3.9	1.02	0.20	0.14	0.019
Разрез K1817 – Псаммозем гумусовый											
W	0 - 2	0.59		3.35	0.15	4.65	3.76				
B	2-30	1.43		0.42	0.02	4.96	3.94	1.02	0.24	0.21	
BC	30-50	1.39		0.28	0.02	5.56	3.9	1.23	0.23	0.12	
Разрез K1905 – Криометаморфическая почва											
Oao	0–5		62.5	26.48	1.38	6.2	5.7				
B	5–19			1.09	0.07	6.4	5.5	1.19	0.46	0.16	0.053
CRM1	19–40			0.63	0.04	7.0	6.2	1.41	0.55	0.07	0.06
CRM2	40–55			0.76	0.04	7.4	7.1	1.24	0.52	0.10	0.05
Разрез K1908 – Криометаморфическая почва											
Wao	+10–2		10.9	3.96	0.20	5.3	3.8	0.38	0.2	0.19	
B	2–12			1.13	0.07	5.9	4.0	0.99	0.37	0.27	0.036
CRM1	12–20			0.46	0.03	6.3	4.0	1.54	0.39	0.24	0.036
CRM2	20–35			0.26	0.02	6.8	4.0	1.44	0.26	0.15	0.041
BC	35–55			0.31	0.03	7.2	4.5	1.76	0.27	0.13	0.049
Разрез K1909 – Подбур криометаморфический											
Wao	+15–0		23.6	8.34	0.53	5.0	3.6	1.97	0.79	0.42	
BHF	0–15			2.27	0.16	5.5	3.9	1.77	0.89	0.47	
BF	15–20			1.13	0.08	5.9	3.9	2.22	0.91	0.52	
CRM	20–40			0.39	0.03	6.3	3.9	1.91	0.35	0.29	
CRMg	40–60			0.33	0.03	6.6	4.1	1.88	0.25	0.20	
Разрез B2001 – Псаммозем											
O	0 – 5	0.09	92.26	42.56	0.88	6.12	4.74				
Oh	5 – 8	0.36	38.47	16.16	0.80	5.78	5.17				
Be	8 – 15	-		2.08	0.12	6.33	4.79	0.46	0.22	0.11	
BCg	15 – 40	1.73		0.60	0.03	6.56	4.85	0.61	0.37	0.28	

Гори- зонт	Глубина, см	Плотность	ППП, %	Сорг	№общ	рН		Fe-d по Джексону, %	Fe- o	Al- o	ЕС, мСм/см
				%		водн.	KCl		по Тамму, %		
Разрез В2002 – Криозем											
Wao	0 – 5	0.45	22.89	7.43	0.36	8.30	5.75				
CRocr	5 – 20	0.89		3.70	0.23	7.98	6.31				0.056
CRg	20 – 40	1.30		2.06	0.14	7.93	6.11				0.048
CRcro	40 – 45	-		4.11	0.25	7.78	5.97				0.056
Cg	45 – 55	-		1.21	0.08	7.98	6.01				0.055
пятно	0 – 5	-		0.82	0.07	8.34	7.18				0.060
Разрез В2004 – Торфяная олиготрофная деструктивная мерзлотная почва											
O	0 – 4	0.17	50.02	23.69	0.83	5.23	4.0				
TOmd	4 – 8	0.53	31.61	11.69	0.66	5.32	4.1				
TO	8 – 33	0.31	57.7	28.98	1.30	5.23	4.1				
Разрез В2009 – Глеезем											
O	0 – 2	0.20	55.98	24.08	1.00	6.90	6.06				
Oh	2 – 7	0.70	24.77	8.07	0.54	6.92	6.27				
G	7 – 30	1.73		0.33	0.03	7.62	6.41				
Разрез В2011 – Глеезем											
Oh	0 – 5	0.46	19.36	5.94	0.37	7.26	5.91				
G	5 – 17	1.37		1.23	0.09	6.97	5.78				
Разрез В2014 – Подбур криометаморфический											
W	0 – 5	0.51	23.86	8.23	0.46	5.78	4.51				
BHF	5 – 17	0.92		2.77	0.19	4.84	4.08	1.51	0.77	0.78	
2BF	17 – 22	-		1.21	0.10	5.23	4.24	1.19	0.40	0.31	
2CRM	22 – 35	1.41		0.36	0.03	5.71	4.35	1.33	0.36	0.19	
Разрез В2017 – Глеезем											
Wao	2 – 8	0.42	27.35	10.4	0.58	5.58	4.70				
Bg	8 – 11	-	7.74	1.46	0.11	5.21	4.32				
G	11 – 18	-		0.51	0.03	5.65	4.31				
Разрез В2018 – Торфяно-глеезем											
T	10 – 30	0.16	56.89	12.52	0.32	4.7	4.01				
Ghi	30 – 40	1.08		1.88	0.10	5.06	4.19				
Разрез В2019 – Криозем											
Oh	0 – 9	0.29	53.61	20.97	0.90	4.96	4.03				
CRg,hi	9 – 15	0.78		5.36	0.28	5.09	3.98	0.21	0.16	0.39	
CRg	15 – 25	-		0.76	0.04	5.71	4.07	1.30	0.76	0.29	
Разрез В2022 – Псаммозем											
Oao	0 – 2	0.35	57.07	20.59	0.66	5.11	3.82				
Be	2 – 7	-		0.79	0.05	5.19	3.99	0.21	0.12	0.12	
B	7 – 13	-		0.61	0.03	5.41	4.29	0.45	0.27	0.28	
BC	13 – 25	-		0.15	0.01	5.68	4.27	0.32	0.16	0.12	
Разрез В2024 – Торфяная олиготрофная почва											
T	0 – 30	0.11	89.76	33.16	0.75	4.94	4.06				
Разрез L2001 – Подзол											
O	0 – ~5	-	34.22	15.42	0.51	4.87	3.60				
E@	~5 – 10	-		1.19	0.06	4.81	3.74	0.25	0.05	0.09	
BHF	10 – 35	1.42		0.45	0.02	5.3	4.28	0.40	0.16	0.20	
BC	35 – 50	1.50		0.27	0.01	5.35	4.49	0.38	0.08	0.19	
Разрез L2009 – Торфяно-криозем											
T	0 – 15	0.17	90.87	23.68	0.47	4.35	3.55				
CR@	15 – 25	1.39		0.64	0.03	4.64	3.96	0.12	0.02	0.06	
CR@	25 – 40	1.48		0.52	0.02	4.72	4.10	0.13	0.03	0.08	
CR	40 – 55	1.55		0.25	0.01	5.16	4.42	0.16	0.03	0.13	

Приложение Г – Таблицы почвенно-ландшафтных связей

Таблица Г1 – Почвенно-ландшафтные связи ключевого участка КН

Положение в рельефе	Растительность	Криогенные явления	Почвенный покров
Выпуклые поверхности: вершины и склоны холмов с уклоном до 5°, в том числе вблизи бровок эрозионных врезов	Мохово-кустарничковая	—	ЭПА криометаморфических грубогумусированных почв, местами глееватых
		Пятна, окруженные кольцевыми валиками	Комплекс криометаморфических почв фона, дерново-криометаморфических почв валиков и криообраземов криометаморфических пятен
		Корразионные пятна	Комплекс криометаморфических почв фона и криообраземов криометаморфических пятен
		Западинки	Комплекс криометаморфических почв фона и глееземов западинок
		Полосы	Комплекс криометаморфических почв полос, криообраземов криометаморфических пятен и торфяно-криоземов ложбинок
Ложбины и примыкающие к ним нижние части склонов	Пушицевые кочкарники	—	ЭПА торфяно-глееземов деструктивных мерзлотных
	(Травяно)-мохово-редко-ивовые	Бугорки	Пятнистость криометаморфической грубогумусированной почвы бугорка и ее же глееватой между бугорками
	Мохово-редко-ивовые	Бугорки	Комплекс глееземов бугорков и криометаморфических глееватых почв между бугорками
	Мохово-кустарничковая (морошковые)	Мерзлые торфяные бугры	ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
	Осоковые	—	ЭПА торфяных мезотрофных почв

Таблица Г2 – Почвенно-ландшафтные связи ключевого участка В

Положение в рельефе	Почво-образующие породы	Растительность	Криогенные явления	Почвенный покров
Выпуклые поверхности холмов с пологими склонами 1-4°	Пески	Лишайниковая	Крупные полигоны (20-30 м) с криогенными пятнами	Комплекс псаммоземов полигонов, криообраземов пятен, и торфяных почв трещин
	Супеси	Лишайниково-мохово-кустарничковая	Нет	ЭПА криоземов супесчаных
	Суглинки	Типичные мохово-кустарничковые тундры	Полигоны 3-4 м с пятнами и без	Комплексы, состоящие из торфяно-(перегнойных) мерзлотных почв трещин, криоземов или глееземов валиков/полигонов и криообраземов пятен (при наличии)

<i>Положение в рельефе</i>	<i>Почво-образующие породы</i>	<i>Растительность</i>	<i>Криогенные явления</i>	<i>Почвенный покров</i>
Подножия склонов холмов – окраины заболоченных депрессий	Суглинки	Мохово-пушицевая с мохово-лишайниковыми пятнами	Полигоны 2-3 м без пятен	Комплекс торфяных мерзлотных почв трещин и глееземов полигонов
Камоподобные холмы с выраженными склонами до 5°	Опесчаненные суглинки	Мохово-лишайниковая и кустарничково-лишайниковая	Нет	ЭПА подбуров криометаморфических
	Пески			ЭПА псаммоземов гумусовых
Небольшие ложбины между холмами	Торф, подстилаемый песками или суглинками	Пушицевые кочкарники	Нет	ЭПА торфяно-глееземов мерзлотных
Депрессии, обширные понижения между холмами	Торф	Кустарничково-лишайниковая	Нет	ЭПА торфяных олиготрофных мерзлотных почв (в т.ч. деструктивных)
			Полигональные торфяники	Торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы
		Комплексная болотная	Плоско-бугристые и грядово-топяные болота	Плоскобугристый и грядово-топяной комплекс: торфяные почвы (без разделения)

Таблица ГЗ – Почвенно-ландшафтные связи ключевого участка КЕ

<i>Почво-образующие породы</i>	<i>Положение в рельефе</i>	<i>Растительность</i>	<i>Криогенные явления</i>	<i>Выдел легенды карты</i>
Песок	Ровные склоны до 2°	Кустарничково-лишайниковая	-	ЭПА подбуров оподзоленных криотурбированных
Опесч. суглинки - супеси	Выпуклые и ровные склоны до 2°		-	ЭПА криометаморфических почв
	Ровные склоны до 2°	Редкоивовая кустарничково-мохово-лишайниковая	Бугорки	Пятнистость глееземов криометаморфических и их же грубогумусированных и окисленно-глеевых – Пучинно-бугорковатые КМС
Двучленные отложения: пески, подстилаемые суглинками	Ровные склоны до 2°	Ивняки травяно-моховые	Неупорядоченные повышения и понижения	Комплекс глееземов криометаморфических, подзолов криотурбированных и подбуров оподзоленных криотурбированных – Спорадически-пучинные КМС
			Бугорки	Комплекс торфяно-глееземов деструктивных бугорков и глееземов криометаморфических между бугорками – Пучинно-бугорковатые КМС
Суглинки	Ровные склоны до 2°	Кустарничково-моховая (в т.ч. редкоивовая)	Бугорки	Комплекс глееземов бугорков и глееземов криометаморфических между бугорками – Пучинно-бугорковатые КМС
			Западинки	Комплекс глееземов криометаморфических перегнойных фона и криоземов западинки – Западинковые КМС
			-	ЭПА торфяно-глееземов деструктивных мерзлотных
			Бугорки и кольцевые структуры	Комплекс торфяно-глееземов деструктивных бугорков и колец, глееземов криометаморфических между бугорками и криоабразовых пятен

<i>Почво-образующие породы</i>	<i>Положение в рельефе</i>	<i>Растительность</i>	<i>Криогенные явления</i>	<i>Выдел легенды карты</i>
				Комплекс торфяно-глееземов деструктивных бугорков и колец, глееземов криометаморфических <u>торфянистых</u> между бугорками, и криоземов(?) мочажин внутри колец
	Выпуклые склоны до 2°		Пятна, окруженные кольцевыми валиками	Комплекс криометаморфических почв фона, перегнойно-криометаморфических и криометаморфических криотурбированных почв валиков и криоабраземов криометаморфических пятен – Кольцевые КМС (скопления)
Любые	Бровки склонов	Кустарничково-моховая по трещинам, мохово-лишайниковая на полигонах	Полигоны	Комплекс перегнойных мерзлотных почв трещин, криометаморфических почв полигона и криоабраземов криометаморфических пятен (при наличии) – Трещинно-конвективные КМС
	Плоские, слабо дренированные поверхности, в т.ч. выположенные участки склонов	Морошковая	Отдельностоящие торфяные бугры	ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
		Осоковая и осоково-моховая	-	ЭПА торфяно-глееземов
		Осоково-моховая в понижениях, кустарничково-моховая на повышениях (валиках)	Кольцевые валики без пятен в центре	Комплекс торфяно-глееземов фона, торфяно-глееземов деструктивных мерзлотных валиков и глееземов внутри колец – Кольцевые КМС (разреженные кольца)
		Комплексная растительность плоскобугристых болот	Торфяные бугры	Плоскобугристый комплекс торфяных почв мочажин и торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв бугров

Таблица Г4 – Почвенно-ландшафтные связи ключевого участка КС

<i>Породы</i>	<i>Рельеф</i>	<i>Растительность</i>	<i>Криогенные явления</i>	<i>Почвенный покров</i>
Пески	Выпуклые поверхности	лишайниково-кустарничковая	Корразионные пятна	Комплекс псаммоземов гумусовых и абраземов
	Плоские поверхности		Нет	ЭПА подбуров оподзоленных криотурбированных
			Корразионные пятна	Комплекс подбуров оподзоленных и абраземов альфегумусовых
Суглинки опесчаненные	Плоские приводораздельные поверхности, слабо выпуклые	мохово-лишайниково-злаково-ерниковая	Мелкие бугорки	Пятнистость подбуров криометаморфических фона и их же грубогумусированных – бугорков
	Микро-ложбины	мохово-злаково-ерниковая	Бугорки средних размеров	Пятнистость глееземов криометаморфических окисленно-глеевых фона и их же грубогумусированных(?) – бугорков

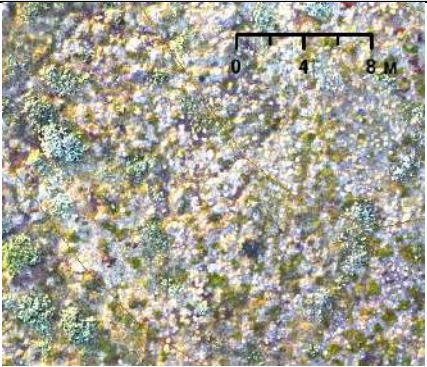
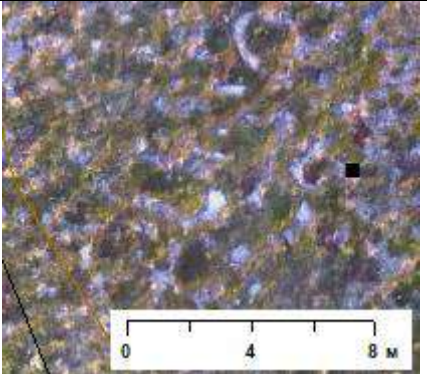
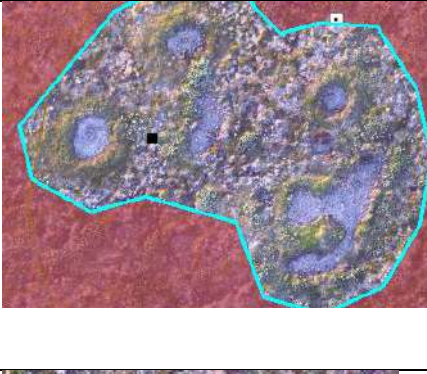
<i>Породы</i>	<i>Рельеф</i>	<i>Растительность</i>	<i>Криогенные явления</i>	<i>Почвенный покров</i>
	Микро- понижения	мохово-злаковая	Нет	ЭПА торфяно-глееземов окисленно-глеевых
	Склоны, нижние части склонов	Мохово-травянистая	Бугорковатая	Комплекс глееземов криометаморфических между бугорками и торфяно-глееземов бугорков
Торф, подстилаемый суглинками или песками	Окраины депрессий и хасыреев, подножия склонов	Ивняково-осоковые и осоковые	Нет	ЭПА торфяно-глееземов
		Болотная (торфяная)	Нет	ЭПА торфяных почв (без разделения)
Торф	Депрессии, в том числе хасыреи	лишайниково-мохово-кустарничковая	Отдельные мерзлые торфяные бугры	ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв
	Плоские подчиненные поверхности	лишайниково-мохово-кустарничковая	Полигональные торфяники	Торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы

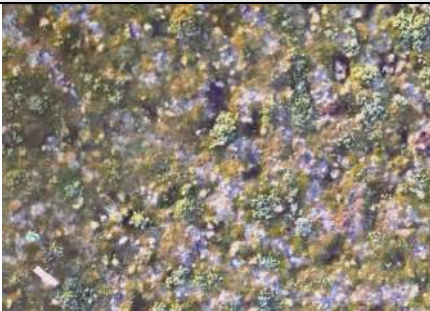
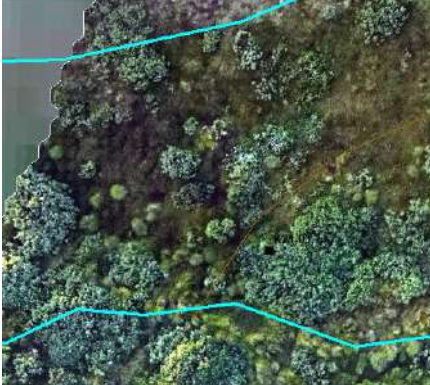
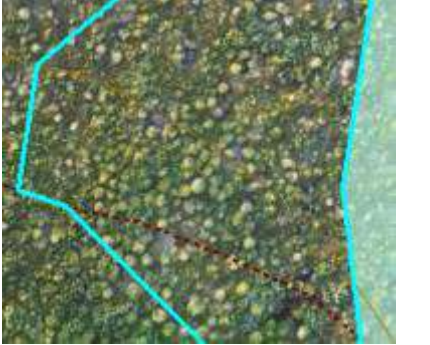
Таблица Г5 – Почвенно-ландшафтные связи ключевого участка L

Положение в рельефе	Растительность	Криогенные явления	Почвенный покров
Наиболее возвышенные участки поверхности	(Кустарничково)-лишайниковая	Крупные полигоны	Крупнополигональная пятнистость подбуров оподзоленных криотурбированных блоков и подзолов криотурбированных трещин – Крупнополигональные КМС
Террасовидные поверхности		—	Подзолы
		—	Торфяно-подзолы
Места отступления берега озера	Осоково-моховая	—	ЭПА глееземов торфянистых
Локальные западины и депрессии	Моховая – между бугорками, лишайниковая – на бугорках	Бугорки	Пятнистость торфяно-криоземов и их же минерально-торфяных – Пучинно-бугорковатые КМС
	Различная болотная растительность	—	ЭПА торфяных олиготрофных и мезотрофных почв (без разделения)
	Комплексная растительность мелкобугристых болот	Мерзлые торфяные бугры	Комплекс торфяной мезотрофной почвы мочажины и торфяной олиготрофной деструктивной мерзлотной почвы бугра

Приложение Д – Эталонны дешифрирования ключевых участков

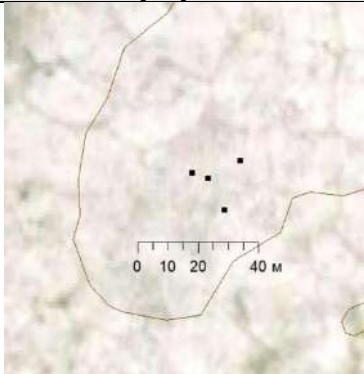
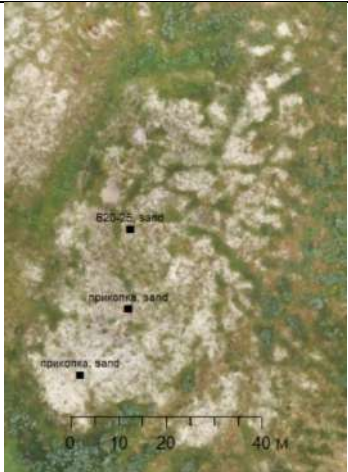
Таблица Д1 – Эталонны дешифрирования ключевого участка КН

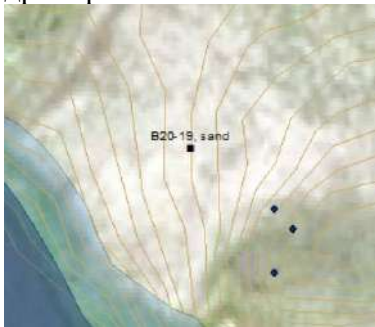
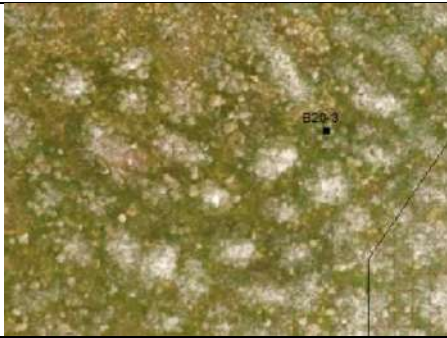
Выдел легенды карты	Фрагмент аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
ЭПА криометаморфических грубогумусированных, местами глееватых, почв		K1905 – O-Wao-B-CRM-Crm K1821 – O-(Wao)-B(g*)-CRM + <u>фоновая почва в составе</u> <u>комплекса</u> : Прикопка K2117 – O-Wao-Bg-CRM K2101 – O-Wao-Bg-CRM K2112 – Oao-Wao@-Bcrm@-CRM@
Комплекс криометаморфических почв фона и криообразмов криометаморфических пятен ----- Пятнистые КМС		K2112: фон – Oao-Wao@-Bcrm@-CRM@; пятно – Wao@-Bcrm@-CRM@
Комплекс криометаморфических почв фона, дерново- криометаморфических почв валиков и криообразмов криометаморфических пятен ----- Кольцевые КМС		K2101: фон – O-Wao-Bg-CRM; валик – (O)-AY@-CRM; пятно – CRM
Комплекс криометаморфических почв полос, криообразмов криометаморфических пятен и торфяно- криоземов ложбинок ---- Полосчатые КМС		K2111: пятно – B-CRM, полоса – O-Bcrm-B-CRM, ложбинка - Th-CRg K2113 (не типичный): полоса – O-Wao-B(g)-CRM, ложбинка – O-Bhi-?

Выдел легенды карты	Фрагмент аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
Комплекс криометаморфических почв фона и глееземов западинок ---- Западинковые КМС		k2119 (западинка) – Oh-Bhi-G K1905 (фон) – O-Wao-B-CRM-Ccrm k2117 (фон) – O-Wao-Bg-CRM K2326 (в восточной части Колгуева): фон – rh-Ghi-CRM; западинка – rh-CRg,hi/Ghi
Пятнистость криометаморфических грубогумусированных почв бугорков и их же глееватых – между бугорками. ---- Пучинно-бугорковатые КМС	 Моховые сообщества, края ложбин	K2103: бугорок – O-Wao-Bcrm-CRM, между бугорками – O-Wao-Bg-CRM
Комплекс глееземов грубогумусированных бугорков и криометаморфических глееватых почв ---- Пучинно-бугорковатые КМС	 Бугорки выражены заметнее, между ними черные мочажины; Края ложбин	K2104: бугорок – O-Wao-Bg-G-Bcrm между бугорками – O-Bg-Bcrm-CRM
ЭПА торфяно-глееземов деструктивных мерзлотных	 Вогнутые участки плакоров, но еще не вполне ложбины, так как имеют достаточный уклон	Разрезы, описанные в других районах: K2108 – Tmd-H-G K2217 – O-Tmd-Ghi-Ccrm.L K2202 (в составе комплекса) – O-Tmd-GL

Выдел легенды карты	Фрагмент аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
ЭПА торфяных мезотрофных почв	 Осоковые ложбины	K2102 – T(>40см)-G
ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв	 Мерзлотные бугры	Аналогично почвам в других ландшафтах: K1806 – O-TOmd-TOmr-TTL K2221 – O-TOmd-TO-TTL

Таблица Д2 – Эталоны дешифрирования ключевого участка В

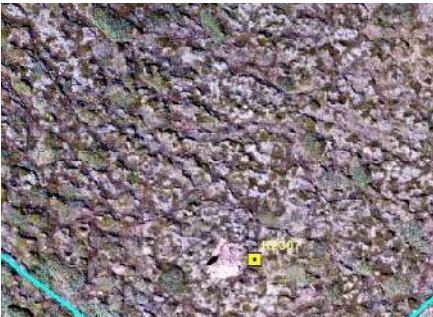
Выдел легенды карты	Фрагмент космического или аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
<u>Крупнопolygonальный</u> комплекс <i>псаммоземов</i> полигонов, <i>криообраземов</i> пятен, и <i>торфяных почв</i> трещин ---- Крупнопolygonальные КМС	 Есть полигоны	B2022: Полигон – Oh-Be-B-BC Пятно – W-Bg-Cg Трещина – T@-BC@
Ташет ЭПА подбуров криометаморфических на опесчаненных суглинках и ЭПА псаммоземов гумусовых на песках		Ташет: <u>Подбуры</u> <u>криометаморфические:</u> B2006 – O-BHF-BF-CRM-Csrm B2014 – W-BHF-2BF-2CRM B2025(прикопка) – W-BHF(5см)-CRM прикопки <u>Псаммоземы гумусовые:</u> B2013 – W-BC-C [~] +прикопки

ЭПА криоземов супесчаных	Не выраженные в рельефе, ровные склоны – слабо дренированы 	B2019 – O-Oh–CRg,hi–CRg
Сочетание 3х трещинно-полигональных комплексов, состоящих из торфяно-(перегнойных) мерзлотных почв трещин, криоземов или глееземов валиков/полигонов и криообраземов пятен (при наличии)		<u>B2002:</u> Трещина – T-H-C1 Валик – Wao- CR ocr,g–CRg– CRcro–Cg Пятно – CR-C <u>B2026:</u> Трещина – T-H-C1 Валик – Oh-Bcrm- G Пятно – CR B2016 (полигон) – O-Bcrm-CRg
Комплекс <i>торфяных мерзлотных почв</i> трещин и <i>глееземов</i> полигонов ---- Трещинно-полигональные КМС (без пятна)		B2003: Трещина – T-T1 Полигон – O-B-Gcf
ЭПА торфяно-глееземов мерзлотных	торфяники в ложбинках на плакоре 	B2018 – T (до25см)– Ghi –G1
ЭПА <i>торфяных олиготрофных мерзлотных почв</i> (в т.ч. деструктивных)	Плоские или слегка выпуклые крупные (20 м и более) торфяные бугры, отдельно стоящие на пониженных элементах рельефа	B2020 – TO-TT (до40см)-G-G1 B2004 – O-Tmd-TO-TT1

	 Темные и светлые – без видимых трещин - вероятно различаются по степени деградации торфа	
Полигональные торфяники: <i>торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы</i>	Полигональные (полигонально-трещиноватые) торфяники с плоскими полигонами, рассеченными трещинами 	B2004 – O-Tmd-TO-TT1
Плоскобугристый и грядово-топяной комплекс: торфяные почвы (без деления)	Плоскобугристо-топяные болота? Грядово-топяные болота с выраженной нерегулярно-сетчатой (ячеистой) структурой 	B2024 – TO-TT
Сочетание ЭПА глееземов и ЭПА торфяно-глееземов		Глееземы: B20-05 (бугорок) – O-Gox-G B20-09 – Oh-G B20-11 – Oh-G B20-17 – O-Wao-G B20-21 – Oh-G-2G Торфяно-глеезем: B2008 – T-Th-Ghi-G
ЭПА торфяных мезотрофных почв		Прикопка – TM-TT

Таблица ДЗ – Эталоны дешифрирования ключевого участка КЕ

Выдел легенды карты	Фрагмент космического или аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
ЭПА <i>подбуров оподзоленных криотурбированных</i>		K2218 – O-[O-Be-BHF-C]@--Cg
ЭПА криометаморфических почв	небольшие ровные поверхности над-в гряде 	K2325 – O-CRM-Ccrm
Пятнистость <i>глееземов криометаморфических и их же грубогумусированных и окисленно-глеевых</i> ---- Пучинно-бугорковатые КМС	 + без МР – обширное над грядой	K2205: O-G-(Gox@)-2CRM@ и O-(Wao)-G@-2CRM@
Комплекс <i>глееземов бугорков и глееземов криометаморфических между бугорками</i> ---- Пучинно-бугорковатые КМС	Ивняк по склону 	K2231 Бугорок – O-Wao-Bg-G Между бугорками – O-G-2CRM

Комплекс <i>глееземов</i> <i>криометаморфических</i>, <i>подзолов</i> <i>криотурбированных</i> и <i>подбуров оподзоленных</i> <i>криотурбированных</i> ---- Спорадически-пучинные КМС	«хаотичный» МР 	K2307: O-BHF@-Dcrm@ O-E-BHF@-Dcrm@ O-G-2CRM
Комплекс <i>торфяно-глееземов</i> <i>деструктивных бугорков</i> и <i>глееземов</i> <i>криометаморфических</i> <i>между бугорками</i> ---- Пучинно-бугорковые КМС	Ивняк на склоне Геодезического холма 	K2220: Бугорок – O-Tmd-G Между бугорками – O-G-CRM
Комплекс <i>глееземов</i> <i>криометаморфических</i> <i>перегнойных фона</i> и <i>криоземов западинки</i> ---- Западинковые КМС	 больше лишайниковых пятен, черные мочажины	K2301: Фон – Oh-G-CRM Западинка – O-CR-CRcrm
ЭПА торфяно-глееземов <i>деструктивных мерзлотных</i>	 более бурые и более кустарничковые (зеленые) 	K2217 – O-Tmd-Ghi-CcrmI K2108 (центр. часть Колгуева) – Tmd-G-GI

Комплекс <i>торфяно-глееземов деструктивных</i> бугорков и колец, <i>глееземов криометаморфических</i> между бугорками и <i>криоабраземов</i> пятен ---- КМС: бугорковатый с кольцами	Вытянутые бугорки и бугорки-кольца + останцы  псевдо-бугорок + бугорки-кольца мочажины черные или серые, м.б. ивняки	K2306: Бугорок – O-Tmd-G Между бугорками – O-G-CRM
Комплекс <i>криометаморфических почв</i> фона, <i>перегнойно-криометаморфических</i> и <i>криометаморфических</i> криотурбированных почв валиков и <i>криоабраземов</i> криометаморфических пятен ---- Кольцевые КМС (скопления)	Кольца сплошные из валиков с пятнами в центре 	K2213: Вне кольца(фон) – Oh-Bg-CRM Валик (внешняя сторона) – O-H-Bg-CRM Валик (внутренняя часть) – O-Bg@-CRM Пятно – CRM K2320 (валик) – O-[H-Bg]@-CRM K2304: Вне кольца(фон) – Oh-Bg-CRM Валик (внешняя часть): O-H-Bg-CRM-Bcrm Валик (внутренняя часть): O-[Bg-H]@-CRM Пятно – O-Bg-CRM-Bcrm-Ccrm K2321 (не типичный, в ложбине): Фон – Th-Bg-CRM Валик (внешняя часть): O-H-Bg,hi-CRM Валик (внутренняя часть): Oh-[Bg-Th]@-CRM Пятно? – TO-G?cf-CRM
Комплекс <i>торфяно-глееземов деструктивных</i> бугорков и колец, <i>глееземов криометаморфических торфянистых</i> между бугорками, и <i>криоземов(?)</i> мочажин внутри колец КМС: бугорковатый с кольцами	 кольца выражены слабо, мочажины черные, гидроморфные ивняков мало	K2229 (фон между бугорками): (O)-T(9cm)-G-CRM K2306 (бугорок/валик кольца): O-Tmd-G ВЗ-4 (мочажина внутри кольца) – O-CR
Комплекс <i>торфяно-глееземов</i> фона, <i>торфяно-глееземов деструктивных</i> мерзлотных валиков и <i>глееземов</i> внутри колец ---- Кольцевые КМС (разреженные кольца)		K2202: валик кольца – O-Tmd-G.L внутри кольца – O-G Бур ВЗ-2 (фон) – T(29cm)-G

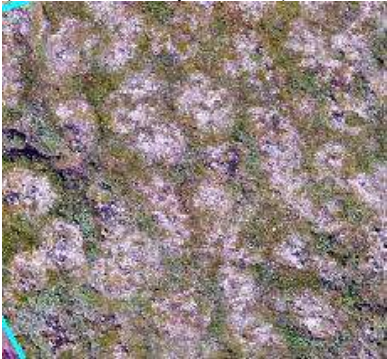
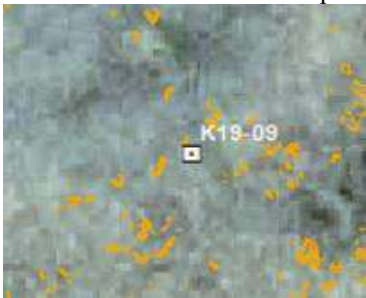
	- более теплые пятна или их отсутствие, мочажины между кольцами преимущественно светлые осоковые (TG), в меньшей мере темные (влажные)	
Комплекс перегнойных мерзлотных почв трещин, <i>криометаморфических почв</i> полигона и криоабразмов криометаморфических пятен (при наличии) ---- Трещинно-конвективные КМС	Полигоны со светлым внутри (пятнами, об.заросшими) 	K2230 (полигон): rh-[O]-CRM@-CRMcro-2CRM K2305: Полигон – Oh-CRM@-CRMcro Трещина – O-H-C1 K2322: Полигон – O-CRM@-CRMcro Трещина – O-r-H-C1
ЭПА <i>торфяно-глееземов</i>	Осоковые участки, окраины болот, как правило, осоковые 	K2211 – O-T-G K2311 – O-T-GhiL + Керны буром: T-G 
ЭПА <i>торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв</i>		K2221 – O-TOmd-TO-TTL K2313 – TOmd-TO-TTL
Плоскобугристый комплекс торфяных почв мочажин и <i>торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв</i> бугров	 Плоскобугристые торфяники	K2221 (бугор) – O-TOmd-TO-TTL K2313 (бугор) – TOmd-TO-TTL Мочажина: K2212 – TM-TT

Таблица Д4 – Эталоны дешифрирования ключевого участка КС

Выдел легенды карты	Фрагмент космического или аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
ЭПА подбуров оподзоленных криотурбированных	Выделяется по характерному узору поверхности на съемке с БПЛА  На космических снимках слабо контрастен – выделяется по полевым данным описаний ландшафтов	Прикопка K2122: O-[Be-BHF]@-BC Разрез K1818: O-Be@-BHF@-BC K2109 (почва фона): O-Be-BHF@-BC-C
Комплекс подбуров оподзоленных и абраземов альфегумусовых --- Спорадически-пучинно- пятнистые КМС		K2109: Почва фона: O-Be-BHF@-BC-C Почва пятна: BHF@-BC-C
Комплекс псаммоземов гумусовых и абраземов --- Спорадически-пучинно- пятнистые КМС	Розоватый оттенок на Яндекс-снимках  Выпуклые формы рельефа	K1817: W-B-BC-D
Пятнистость <i>подбуров</i> <i>криометаморфических</i> фона и <i>их же</i> <i>грубогумусированных</i> – бугорков ---- Пучинно-бугорковатые КМС	Фоновая пятнистость плакора  (оранжевое – бугорки, выделенные по DEM)	K1909: (Wao)-BHF-BF-CRM- CRMg K1811: (Wao)-BHF-CRM
Пятнистость <i>глееземов</i> <i>криометаморфических</i> окисленно-глеевых фона и <i>их же</i> <i>грубогумусированных(?)</i> – бугорков ---- Пучинно-бугорковатые КМС		Прикопка K2121: Wao-Gox-CRM

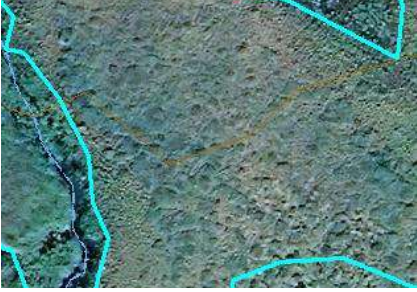
ЭПА торфяно-глееземов окисленно-глеевых	 Осоковые понижения на приводораздельных поверхностях	K1819 – T-H@-G-Gox-BC
Комплекс глееземов криометаморфических между бугорками и торфяно-глееземов бугорков ---- Пучинно-бугорковатые КМС		K1807: Между бугорками: O-Gcf- Bg-CRMg Бугорок: Th-G
ЭПА торфяно-глееземов	 Ивняково-осоковые подножия склонов и осоковые окраины болот	K1808: T-G
ЭПА торфяных почв (без разделения)	 в т.ч. осоковые мочажины и хасыреи	Вероятно, аналогично разрезам, описанных в других районах Колгуева: K2102: TM-G и K2212: TM-TT
ЭПА торфяных олиготрофных деструктивных мерзлотных почв		K1803: O-TOmd-TTL
Полигональные торфяники: торфяные олиготрофные деструктивные мерзлотные почвы		K1803: O-TOmd-TTL

Таблица Д5 – Эталоны дешифрирования ключевого участка L

Выдел легенды карты	Фрагмент аэрофотоснимка	Почвенные разрезы
Крупнопolygonальная пятнистость подбугов оподзоленных криотурбированных блоков и подзолов криотурбированных трещин ---- Крупно-polygonальные КМС	Автоморфные поверхности с polygonальной сетью 	прикопка l2001 на блоке: O-Be-BHF@-BC прикопка l2007 на блоке: O-[O-Be]@-BHF-BC L2002 (ложбина между блоками): O-Oh-E-BHFg
Сочетание подзолов и торфяно-подзолов		<u>Подзол:</u> L2001: O-E@-BHF-BC <u>Торфяно-подзолы:</u> L2003: T@-E@-BHF-BC L2007: Th@-E@-BHF-BC
Пучинно-бугорковая пятнистость торфяно-криоземов и их же минерально-торфяных ---- Пучинно-бугорковые КМС		<u>L2009:</u> Бугорок – T-CR@ Фон – Tmr-CR <u>H2001:</u> Бугорок – Tmd-T-CR@ Фон – T-CR <u>Прикопка L2008:</u> Бугорок – O-Tmd-CRhi
ЭПА глееземов торфянистых		<u>Прикопка l2006:</u> T(9cm)-G(серый песок) <u>Прикопка l2003:</u> T(7cm)-G(серый песок)
ЭПА торфяных олиготрофных и мезотрофных почв (без разделения)		L2006: TO-TOMr Прикопки l2008: TO-TT Прикопка l2005: TE-TT
Комплекс торфяной мезотрофной почвы мочажины и торфяной олиготрофной деструктивной мерзлотной почвы бугра	Бугристое болото 	<u>L2005</u> (мочажина): TE-Ghi <u>L2004</u> (бугор): O-TOmd-GhiL <u>Прикопка l2002</u> (бугор): Tmd-TT1