

УДК 581.526 : 528.94(571.65/651.66)

**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И МЕРЗЛОТНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА
НА ОСТРОВЕ ВРАНГЕЛЯ****С.С. Холод***Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург*

Рассмотрены вопросы связи растительности с мерзлотными формами рельефа – структурными грунтами, байджарахами и др. Установлено положение синтаксонов растительности, выделенных на основе метода флористической классификации, в пространстве гранулометрического состава, диаметра полигона, гипсометрического положения края полигона относительно его центральной части. Для целей детального исследования характера взаимосвязи мерзлотных форм рельефа и растительности выделено 11 структурно-морфологических типов структурных грунтов. Показано, что связь между растительностью (синтаксономическим спектром) и структурными грунтами носит стохастический характер: одному структурно-морфологическому типу соответствует несколько синтаксонов, а один синтаксон может встречаться в нескольких типах структурных грунтов. Предложена гипотеза сопряженного формирования структурных грунтов и растительности. Инициаторами формирования структурных грунтов являются трещины усыхания, которые впоследствии могут развиваться по морозобойному типу. Растительность использует трещины, со временем расширяя и углубляя их, и формируя характерный рисунок рамковой растительности. Процессы пучения центральной части пятна и следующей за этим ветровой денудации почвенно-растительного слоя приводят только к некоторой корректировке положения дернины относительно центра пятна при остающейся довольно стабильной полигонально-сетчатой системе «грунты – растительность».

Ключевые слова: синтаксоны, арктические тундры, структурные грунты, структурно-морфологические типы, остров Врангеля.

VEGETATION AND PERMAFROST RELIEF IN WRANGEL ISLAND**S.S. Kholod***Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg*

The questions of the relationship of vegetation with permafrost landforms – patterned ground, baydzharahs – are considered. The position of syntaxa, allocated on the basis of floristic classification, is revealed in the space of particle size, diameter of the polygons, gipsometrical position of the edge with respect to its central part. For the purpose of detailed research into the nature of relationships of permafrost landforms and vegetation 11 structural-morphological types of patterned ground were allocated. Relationship between vegetation (syntaxonomical spectrum) and patterned ground has a stochastic nature: one structural and

morphological type corresponds to a few syntax, and one syntaxon can occur in several types of patterned ground. The hypothesis of interconnected formation of soils and vegetation is offered. The initiators of the emergence of patterned ground are mud cracks that may later develop as frost ones. The process of becoming of vegetation is accompanied by expanding and deepening of cracks, which generate a characteristic pattern of vegetation (reticulated or polygonal-sell form). The processes of swelling of the central part of the spot, and wind denudation of top soil lead only to a certain adjustment provisions of the sod from the center, polygonal-sell system «soil – vegetation» is remains stable.

Key words: syntaxa, arctic tundras, patterned grounds, structural-morphological types, Wrangel Island.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение взаимосвязи растительности с мерзлотными формами рельефа имеет давние традиции в российском тундроведении. Уже в одной из первых сводок по растительности тундровой зоны (Городков, 1935) был поставлен вопрос о разнообразии этих форм в зависимости от интенсивности ветровой денудации, иссушения грунтов, а растительность полигональных и пятнистых тундр рассмотрена в непосредственной связи с этими факторами. Впоследствии тот же автор (Городков, 1958б) предложил денудационную теорию происхождения пятен в арктических тундрах. Большое значение причинам пятнообразования придавал такой классик тундроведения, как Б.Н. Тихомиров (1956). Особо следует упомянуть проведенный им анализ зарисовок пробных площадей, на основе которых сделан вывод о зональных особенностях растительности. Подобный подход был впоследствии развит в работах Н.В. Матвеевой (1979, 1998), Ю.И. Чернова и Н.В. Матвеевой (1979). В последней работе структура растительного покрова, связанная с пятнисто-полигональными формами грунтов, рассматривается как один из важнейших критериев зонального положения территорий тундровой зоны и полярных пустынь.

При исследовании неоднородности растительности тундровой зоны, связанной с проявлениями мерзлоты в рельефе, неизбежно встает вопрос: где та грань, которая отделяет 2 уровня неоднородности растительного покрова – внутриценотический и надценотический? Решение этого вопроса видится в определении классификационной принадлежности изучаемой растительности. Имея представление о синтаксонах растительности, их диагностических видах и объеме, можно решить вопрос, принадлежат ли 2 соседних элемента растительности к одному синтаксону или нет. От этого зависит решение основного вопроса, встающего при изучении гетерогенного растительного покрова тундровой зоны: имеем ли мы дело в данном случае с мозаикой расти-

тельности (внутриценотическая неоднородность), либо с комплексами или другими структурными образованиями надценотического уровня неоднородности.

Использование синтаксонов при исследовании дифференциации растительности под влиянием мерзлотных (криогенных) процессов позволяет заложить основы иерархической системы растительного покрова тундровой зоны. В основании такой системы находится уровень микрогруппировок, которые в порядке территориального объединения образуют фитоценозы, а последние – комбинации или территориальные единицы растительного покрова. Микрогруппировки растительности в наибольшей степени связаны с мерзлотными формами рельефа, хотя их образование может быть обусловлено и биологическими особенностями растений. По мнению Н.В. Матвеевой (1998), элементы мозаики фитоценозов можно рассматривать как их структурные части – мероценозы. В тундровой зоне их формирование, по-видимому, в наибольшей степени обусловлено криогенными процессами. При увеличении размеров пробной площади или площади, занимаемой одним фитоценозом, всегда происходит усложнение горизонтальной структуры растительности. При этом добавляются и новые процессы, которые определяют облик растительного покрова. Исходной основой для выявления степени сложности структуры растительного покрова является синтаксономический подход. Именно он позволяет еще до выявления факторов, способствующих интеграции фитоценозов в единицы надценотического уровня неоднородности, делать предположения об усложнении их организации, после чего уже исследовать те изменения в растительном покрове и абиотической среде, которые приводят к формированию территориальных образований более высокого ранга.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения взаимосвязи растительности с мерзлотными формами рельефа использован метод зарисовок микрогруппировок растений на пробных площадях размером 2×2 м, 3×3 м, 2×5 м, 4×4 м, 5×5 м с выделением контуров. На зарисовках в виде контуров получили отражение микрогруппировки, сложенные как несколькими видами (принадлежащими к одной или к нескольким жизненным формам), так и одним видом (образующим шпалеры, крупные подушки, дерновины). Внемасштабным знаком показаны растения, надземные части которых занимают крайне небольшую площадь. На аналитическом уровне решался вопрос о принадлежности растительности пробной площади к одному или нескольким синтаксонам. Для этого флористический со-

став крупных структурных частей пробной площади (напр., дернистого валика, межпятенной или межполигональной депрессии) сравнивался с группами диагностических видов того или иного синтаксона. В случае, если фиксировалась принадлежность таких структурных частей к разным диагностическим группам разных синтаксонов, делался вывод о комплексном характере растительности. В противном случае – при отсутствии четких различий флористического состава между разными структурными частями пробной площади – о наличии мозаики или внутриценотической неоднородности растительности. Используются синтаксоны, выявленные на основе метода флористической классификации (Браун-Бланке). При этом рассматривались единицы наименьшего уровня деления: варианты, субассоциации (если они выделены в рамках той или иной ассоциации) или ассоциации. На диаграммах приведены условные номера синтаксонов, соответствующие номерам таблиц в тексте синтаксономической работы (Холод, 2007).

Для выявления положения синтаксонов в экологическом пространстве структурных грунтов использованы следующие параметры: диаметр полигонов, гипсометрическое соотношение уровней площадки полигона и дернины в ложбинке, абсолютная высота над у. м., интегральная объемная характеристика гранулометрического состава (суммарное содержание пылеватых и илистых фракций с размером частиц менее 0.125 мм). Парное сопоставление некоторых из этих показателей позволило выявить ряд зависимостей, а затем, в рамках этих последних, распределить синтаксоны на осях соответствующих абиотических и биотических факторов, установить широту их экологической амплитуды и т. д.

Для отображения на диаграммах ареала структурно-морфологических типов или синтаксонов применен критерий стандартной ошибки (2Δ). Достоверность регрессионных уравнений установлена на основе критерия Фишера (при $p = 0.05$) (Дрейпер, Смит, 2007). Построение диаграмм проведено на основе пакета программ Excel.

Названия сосудистых растений приведены по работе Н.А. Секретаревой (2004), мхов – по работе Afonina, Czernyadjeva (1995), лишайников – Andreev et al. (1996).

МЕРЗЛОТНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА ОСТРОВА ВРАНГЕЛЯ

Формирование мерзлотных форм рельефа в криолитозоне обусловлено специфичным тепловым и водным режимом местоположений и гранулометрическим составом верхних горизонтов почв (Достовалов, Кудрявцев, 1967; Суходровский, 1979; Романовский, 1993).

То или иное соотношение этих определяющих факторов приводит к образованию многочисленных криогенных форм, в первую очередь, структурных грунтов. Последние являются не только интегрированным отражением местных теплового и водного режимов, но через них – и чутким индикатором изменения макроклиматических параметров в пространстве. Многообразию структурных грунтов систематизировано в ряде классификаций, созданных, начиная со второй половины XX столетия отечественными и зарубежными исследователями. В работах отечественных тундроведов анализ дифференциации растительности под влиянием криогенных процессов, как правило, сопровождается трактовкой этих процессов.

Мерзлотные образования различной формы и размеров характерны для всех элементов макро- и мезорельефа острова Врангеля и встречаются на всех гипсометрических уровнях, от выположенных вершин на высотах 850–900 м до низменных прибрежных равнин. Их нет лишь на склонах с подвижным коллювио-делювием (крутизной более 30–35°), в поймах рек, а также на участках с развитием снежников. Последнее обстоятельство подтверждает положение (Уошборн, 1988), что одно из главных условий образования структурных грунтов – высокая частота циклов смерзания–размерзания грунтовой толщи. Такая частота возрастает при небольшой мощности снежного покрова (10–30 см), особенно характерной для обширных приморских равнин, предгорных шлейфов и водоразделов острова. В условиях же большой мощности снежного покрова (внутригорные долины, террасы разного генезиса) поверхность грунта защищена от постоянных перепадов температуры воздуха в зимнее и, особенно, в весеннее время, когда переходы температуры через 0° происходят каждые сутки. Формированию многообразных форм грунтов способствует и широкий спектр четвертичных отложений с большим диапазоном гранулометрического состава¹. Последнее определяется широким развитием на территории острова Врангеля полярного покровного комплекса, обоснованного в работе А.И. Попова (1958). В составе толщи этого комплекса, имеющего мощность на острове до 50–60 см, перемешаны фракции щебня, хряща (гравия и дресвы), песка, супеси и глины (Оганесян, Сусекова, 1994). В целом это создает предпосылки для развития различных вариантов форм криогенного рельефа, элементы которого характеризуются различной степенью сортировки.

¹ В зарубежной литературе такие, смешанные по гранулометрическому составу, грунты получили название диамиктона (Уошборн, 1988).

Все многообразие структурных грунтов на острове Врангеля можно свести к нескольким типам, из которых основными являются два: пятна и полигоны. Рассматривая эти типы, необходимо иметь в виду неоднозначность их трактовок, как в отечественной, так и в зарубежной литературе по мерзловедению. Пятна (пятна-медальоны) или круги (по западной терминологии) характеризуются округлой, а полигоны – более или менее угловатой формой. При этом чаще встречаются 4-х, 5-ти или 6-ти-гранные формы. Многообразие этому типу придает развитие или отсутствие каменистой фракции вокруг полигона, т. е. полигоны могут быть сортированными и несортированными. На сортированных полигонах образуется бордюр или кольцо вокруг центральной ячейки, из каменистого материала разной формы. Для острова Врангеля, с его массовым развитием метаморфических сланцев разного состава, особенно характерны разного рода плитчатые отдельности, которые, как правило, обрамляют центральную ячейку полигона. При этом плитняк в большинстве случаев опрокинут на ребро, т. е. длинные оси каменистых отдельностей располагаются перпендикулярно дневной поверхности. Такие же образования относительно крупных размеров обычны и для субарктических высокогорий Средней Сибири и Полярного Урала. Растительность подобных полигонов изучал на плато Путорана Б.Н. Норин, и назвал их морозными котлами (Структура ..., 1995). Основную массу полигональных образований острова Врангеля можно отнести к небольшим сортированным полигонам, где зоны стыка между соседними ячейками или трещинки заполнены мелким каменистым материалом. С.П. Качурин (1952) отмечает, что в таких полигонах различается петрографический состав ячейки и трещины между ячейками. Несортированные полигоны формируются на участках первично растресканного суглинистого субстрата. Эти образования можно отнести к начальным этапам формирования полигональной сети с одинаковым составом грунта собственно полигонов и ложбин между ними (Тыртиков, 1979).

Другими мерзлотными формами рельефа являются сети, ступени и полосы.

Сети образованы шаровидными или полушаровидными отдельностями (бугорками), которые встречены небольшими участками в центральной части острова. Для профиля такого бугорка характерно двучленное строение: его вершина и примыкающий снизу горизонт – органические, а нижняя часть или ядро – минеральные. По мнению И.В. Игнатенко (устное сообщение), такие бугорки формируются в результате криогенного пучения грунтов и последующего обволакивания

образовавшегося минерального ядра куртинами дриад. В составе мелкозема преобладает фракция мелкого песка, что вызвано преобладанием процессов физического дробления над химическим выветриванием. Судя по литературным данным, такие образования значительно более широко распространены в южных подзонах тундровой зоны, где они получили название туфуров.

Повсеместное развитие склонов на острове Врангеля способствует формированию образований, в основе которых лежат процессы солифлюкции. Для острова Врангеля исключительное значение имеет форма этого явления, получившая название крипа (Тимофеев, Вториана, 1983). Своеобразие ее состоит в том, что передвижение массы рыхлых отложений по поверхности многолетнемерзлых пород происходит путем выпирания частиц грунта по нормали к поверхности и затем их опускания под влиянием силы тяжести. Результатом этого является формирование на склонах многочисленных мелких террас-ступеней, которые иногда называют криповыми. Соответствующие формы криогенного рельефа также называются ступенями. Можно отметить некоторую аналогию подобных образований с солифлюкционными (натечными) террасами, гораздо более полно представленными в западных районах севера Евразии (Каплина, 1965). Мы различаем два типа таких ступеней, из которых первый характерен для более пологих, аккумулятивных, склонов, а второй – для более крутых, денудационных. Первый тип чаще всего представлен в верхних частях предгорных равнин (шлейфов), и генетически связан с выше рассмотренными формами, в основном, полигонами (Уошборн, 1988). Второй тип характеризуется небольшими ступенями, формирующимися на мелкоземистых (с небольшой примесью мелкой плитки), часто – довольно подвижных склонах. Этот тип структурных грунтов А. Уошборн (1988) рассматривает как микротеррасы. Однако, описанные для острова Врангеля еще С.П. Качуриным (1952), они получили название ступеней. Этот же термин упоминается и в книге М.С. Стишова (2004).

На острове Врангеля получают достаточно широкое развитие такие структурные формы, как полосы. Они, так же, как и ступени, присущи многим склонам, крутизна которых варьирует в большом диапазоне от 3° до 30° . Полосы, так же, как и ступени – образования, производные от полигонов, но формирующиеся уже при некотором пороговом уровне уклона, когда делювиальные и солифлюкционные процессы нарушают правильно-ячеистое строение грунтов. Полосы вытянуты по падению склона, очень часто они носят извилистый характер; при выполаживании склона хорошо видно, как такие полосы-цепочки

становятся более узкими и распадаются на отдельные ложбинки, разделяющие полигоны. Наиболее отчетливо полосчатая структура проявляется на участках выхода карбонатных пород, что связано с особенной их «предрасположенностью» к солифлюкции (Уошборн, 1988). Как правило, полосы здесь – несортированные, они характеризуются наличием одновременно нескольких фракций грунта: щебнистой, хрящеватой, песчаной и пылевой.

Весьма ограниченное распространение на острове Врангеля имеет еще один тип мерзлотных форм рельефа – байджарахи. Эти формы возникают, в основном, на участках развития термокарста в северной части острова, на приморской равнине. Обычно это – краевые части суглинистых водоразделов, подвергающиеся интенсивной эрозии. В ходе развития термокарста происходит протаивание мерзлых пород и проседание грунта на участках ледяных жил и шлиров. В результате этого междужилные блоки грунта оказываются препарированными и приподнятыми над поверхностью, образуя характерный блочно-байджараховый микрорельеф (Томирдиаро, 1980). Бугры, которые остаются на таких участках, имеют разные размеры и форму. Различают несколько элементов байджараха: «лицо», «макушку» и «затылок». Первый из них – это склон бугра, обращенный вниз по общему уклону поверхности и относительно крутой (40–50°), второй – верхняя поверхность, часто куполообразно покатаая, третий – склон бугра, обращенный к водоразделу и менее крутой, чем «лицо» (25–40°). Достаточно хорошо выражены различия в тепловом и водном режиме бугров и разделяющих их ложбин. Последние характеризуются поздним сходом снега, интенсивным промачиванием грунтов в первую половину лета, отсутствием зон застойного увлажнения.

Яркое проявление термокарста – озерно-бугорковые комплексы, в обилии представленные в озерных котловинах на северной приморской равнине острова. Они возникают в озерных котловинах, поперечник которых достигает 250–300 м. Крупные котловины формируются путем слияния мелких, либо вследствие их расширения за счет водоразделов. Между отдельными озерами возникают многочисленные перемычки, поверхность которых находится на разных гипсометрических уровнях. Соответственно положению поверхностей перемычек и гранулометрическому составу их грунтов формируется та или иная растительность. Особенностью рельефа котловин является его высокая динамичность. Это определяется постоянно идущей термоабразией краевого уступа котловины, отделяющего ее от водораздела (Томирдиаро, 1980). Отступление береговой линии озера или котловины со-

проводится постоянным обваливанием грунтовых блоков, их размыванием и последующим занесением образовавшихся наносов свежей порцией грунтового материала. Все это способствует непостоянству эдафических условий в краевой части котловины и ярко выраженному динамическому характеру растительности.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПЯТЕН И ПОЛИГОНОВ

Связь структурных форм грунтов и растительности рассмотрим по градиенту гранулометрического состава: от тонкодисперсных пород к крупнощебнистым и глыбистым. Размер частиц во многом влияет на распределение влаги (Уошборн, 1988), а, значит, и на форму и положение пятна относительно окружающего его валика растительности. В пределах каждого класса гранулометрического состава структурные формы нами рассмотрены по признаку положения пятна грунта относительно такого валика: сначала – те, в которых пятно утоплено относительно валика, затем – те, в которых пятно возвышается над верхним уровнем дернины. Выделяемые нами различия структурных грунтов носят более дробный характер, чем принятые в мерзлотоведении крупные типы. Такие различия мы называем структурно-морфологическими типами. С учетом всех вышеупомянутых морфологических параметров пятен и полигонов нами выделено 11 таких единиц. Структурно-морфологические типы, выявленные на основе признаков гранулометрического состава, характера сортировки материала, ряда морфологических признаков пятен и полигонов, и соответствующая им растительность отражены в таблице.

Структурные грунты с участием тяжелых суглинков довольно редки на острове и встречаются только в краевых частях обширных приморских равнин. Они распространены преимущественно в северной части Тундры Академии, отстоящей от гор на 20–25 км. Именно здесь, в конечной зоне стоково-геохимической серии ландшафта, практически, выпадают из верхних частей почвенного разреза скелетные фракции, уступая место пылеватым и иловатым фракциям мелкозема. Здесь отмечены пятна тяжелого суглинка, слегка погруженные в моховую дернину (*Dicranoweisia crispula*, *Racomitrium afoninae*, *R. lanuginosum*, *Kiaeria glacialis*). Диаметр таких пятен варьирует в диапазоне от 25 до 90 см (тип 1: рис. 1). Немногочисленные мелкие трещины находятся в стадии заплывания. Одна из причин этого – высокая влажность воздуха этой части острова, где в течение лета преобладают туманы. Последние препятствуют летнему иссушению почв, а насыщенные водой тяжелосуглинистые грунты нивелируют большинство возника-

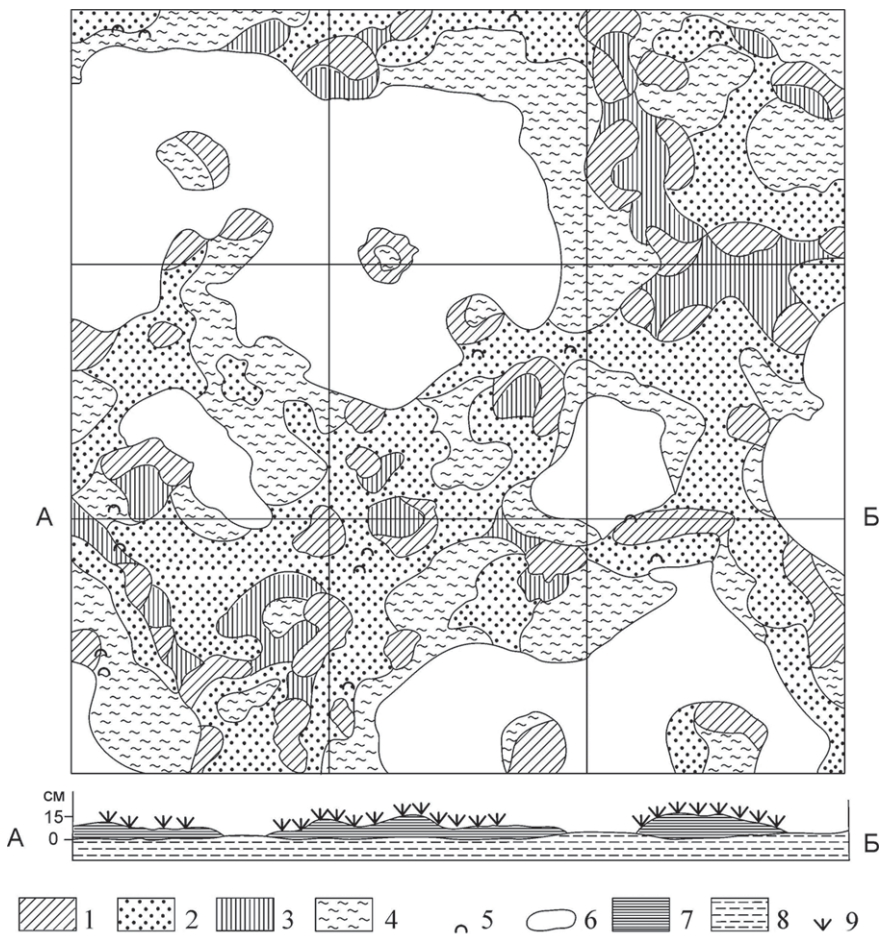


Рис. 1. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 1.

План: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – *Oncophorus wahlenbergii*, 3 – *Kiaeria glacialis*, *Aulacomnium turgidum*, 4 – ветошь, 5 – лишайники, 6 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 7 – живые и отмершие мхи, корни *Deschampsia borealis*, 8 – тяжелые суглинки, 9 – растительность.

Здесь и на рис. 3-15 один квадрат плана, ограниченный соседними линиями, соответствует 1 м².

Fig. 1. Vegetation and grounds of structural-morphological type 1.

Plan: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – *Oncophorus wahlenbergii*, 3 – *Kiaeria glacialis*, *Aulacomnium turgidum*, 4 – rags, litter, 5 – lichens, 6 – ground spots; profile along line АБ: 7 – living and dead mosses, roots of *Deschampsia borealis*, 8 – heavy loam, 9 – vegetation. Here and in fig. 3-15 one square of plan, limited by adjacent lines, corresponds to 1 m².

ющих мелких трещин. Мхи (асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* subass. *racomitrietosum lanuginosi*) весьма активны и осваивают краевые части пятен. В ряде случаев в верхней части почвенного разреза формируется горизонт с тиксотропными свойствами. При уклоне рельефа в 2–3° (в прибрежной зоне термокарстовых озер) происходит медленное стекание этой массы суглинка. При этом пятна становятся удлиненными, уменьшается (иногда до 5–10 %) покрытие мхов. Только в рассмотренном случае наблюдается явление желифлюкции, когда вместе с блоками суглинка по поверхности мерзлой толщи скатываются и фрагменты моховой дернины шириной 25–30 см.

На острове крайне редко встречаются структурные грунты, которые можно рассматривать как зачаточные формы полигонов-тетрагонов, имеющих в плане рисунок неправильных (вогнутых или ломаных) 4-х или 5-ти-угольников (тип 2, рис. 2). Сложены они, как правило,

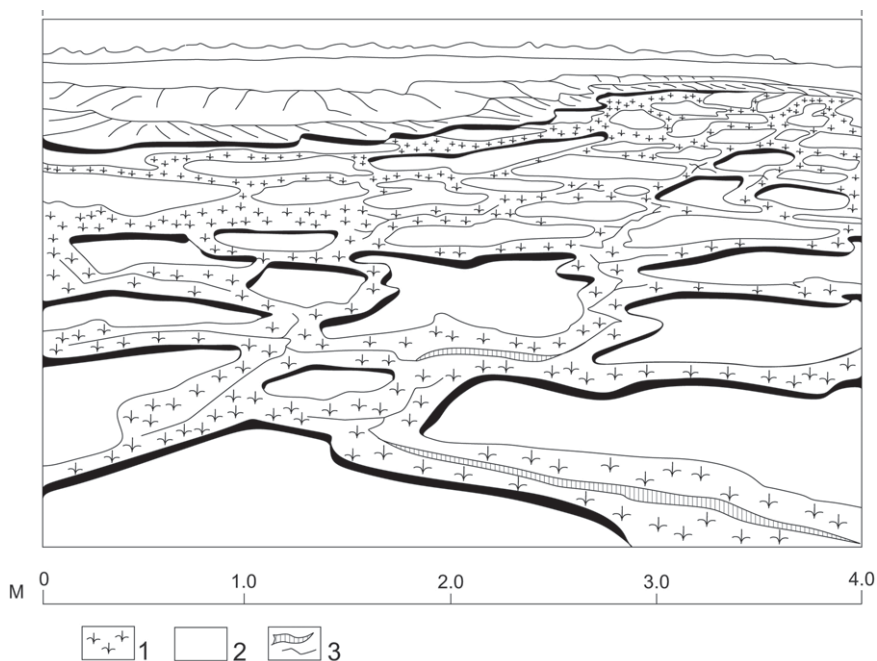


Рис. 2. Зачаточные формы полигонов-тетрагонов в окраинной части термокарстового озера.

1 – полосы из *Rumex arcticus*, 2 – вода, 3 – трещины в суглинистых грунтах.

Fig. 2. Initial forms of polygon-tetragons in edge part of thermokarst lake.

1 – stripes of *Rumex arcticus*, 2 – water, 3 – cracks in loamy grounds.

тяжелыми или средними суглинками с примесью иловатых частиц. Отмечены такие полигоны только на крайнем севере и северо-востоке острова, на днище обширных термокарстовых котловин. В краевой части этих последних создаются оптимальные условия для заложения трещин: в переходный период от зимы к лету эта часть котловин находится в переувлажненном состоянии. Грунты здесь представлены, в основном, иловатыми суглинками. Все это способствует развитию трещин, причем, чаще всего – по морозобойному типу. Стороны полигона достигает в длину 3.0–3.5 м. Валик, формирующийся по обе стороны трещины, выражен неясно: в некоторых случаях он возвышается над полигоном на 8–10 см, а в других его нет вовсе и вся растительность приурочена к трещинке глубиной 10–12 см. В термокарстовых котловинах ширина трещин равна 20–25 см, а глубина жил, которые по составу являются грунтовыми или грунтово-ледяными, не превышает 1.2 м (Скрыльник, 1976; Остров ..., 2003). По такой трещине и вблизи нее формируется полоска растительности шириной 25–30 см. При этом отсутствует дифференциация растительности трещин и валиков, которая характерна для полигонально-валиковых комплексов подзоны типичных тундр (Холод, 1983). В осеннее время полигональные образования термокарстовых котловин хорошо заметны благодаря ярко-красным полоскам *Rumex arcticus*, тянущимся вдоль трещин. Кроме того, здесь обычны *Pleuropogon sabinii*, *Petasites frigidus*, а из мхов – *Calliergon richardsonii*, *Warnstorfia sarmentosa*, *Campylium zemliae*, *Limprichtia cossonii* (acc. *Arctophiletum fulvae* vic. *Warnstorfia fluitans*). Фрагменты такой растительности встречаются и ближе к центральной части впадины, где в настоящее время находится термокарстовое озеро. Здесь эти фрагменты располагаются не параллельными рядами вдоль трещин, а, скорее, беспорядочно (особенно это характерно для розеток *Rumex arcticus*). По всей видимости, различия в характере распределения отдельных растений определяются наличием зачаточных форм полигонообразования – трещин, а также временем, прошедшим с момента «ухода» озера из той или иной части котловины, и связанной с этим глубиной залегания мерзлоты. Вблизи современного берега озера, где еще недавно в течение всего лета стоял слой воды, мерзлота залегает на глубине более 70 см, а в окраинной части котловины она располагается на глубине 42 см. В первом случае вода термокарстового озера оказывает тепляющее влияние на грунты, вследствие чего мерзлота опускается на большую глубину, во втором, наоборот, происходит подтягивание верхнего уровня мерзлых пород к поверхности. След-

ствием последнего является морозобойное растрескивание грунтов и поселение растительности вдоль трещин.

Формы грунтов с преобладанием средних суглинков встречаются гораздо чаще. Они распространены в краевых частях предгорных равнин, на низкой морской террасе и во внутригорных районах – на шлейфо-террасах и небольших внутренних водоразделах. Среди них наиболее широко представлен вариант с пятнами грунта, погруженными в окружающий их валик (тип 3, рис. 3) с покрытием растительности 80–85 %. Пятна грунта здесь выглядят, скорее, как участки разрыва дернины. Суглинистые пятна в поперечнике не превышают 40–45 см, средние размеры – 30–35 см, располагаются они на расстоянии 1.0–2.0, иногда – до 3.0–4.0 м друг от друга. Пятно отделяется от участков с растительностью хорошо выраженным, отвесным бортиком из мхов *Tomentypnum nitens*, *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens* var. *alaskanum*. Во многих случаях такой бортик – свежий, а само пятно состоит из отдельных суглинистых комочков, без признаков поселения растительности. Такие пятна встречены в сообществах асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae*.

Северная приморская равнина острова – область формирования самых разнообразных форм пятнистых тундр, при этом в восточной части этой территории, а также в некоторых частях западной (в нижних, приречных частях водоразделов) преобладают суглинистые пятна с многочисленными трещинами. Прослеживается несколько стадий пятнообразования в зависимости от степени разработанности трещин. В случае формирования более или менее правильных пятенных отдельностей диаметр их составляет 60–120 см, очень часто их поверхность разбита на вторичные полигоны, обычно неправильные в плане, реже – 5-ти или 6-ти-угольные, как правило, с плоской поверхностью (тип 4, рис. 4). Такие полигоны, как правило, объединены в группы по 5–7 и отделены друг от друга полосой шириной 15–20 см (асс. *Oncophora wahlenbergii*—*Deschampsietum borealis* subass. *racomitrietosum lanuginosi*). При этом ярко заметны следы молодого трещинообразования: намечаются более крупные трещины, шириной до 1.5 см, от них в сторону отходят более мелкие (шириной до 1.0 см), причем, эти последние не соединяются с другими трещинами, а теряются в небольших участках сплошного суглинка. Очень часто полигоны диаметром 20–25 см разбиты на еще более мелкие, 8–10 см в поперечнике или меньше. Каждая такая отдельность куполообразно взбугрена, но в целом общая поверхность пятна нигде не возвышается над окружающей дерниной. В образовании дернины чаще других видов участвует щучка

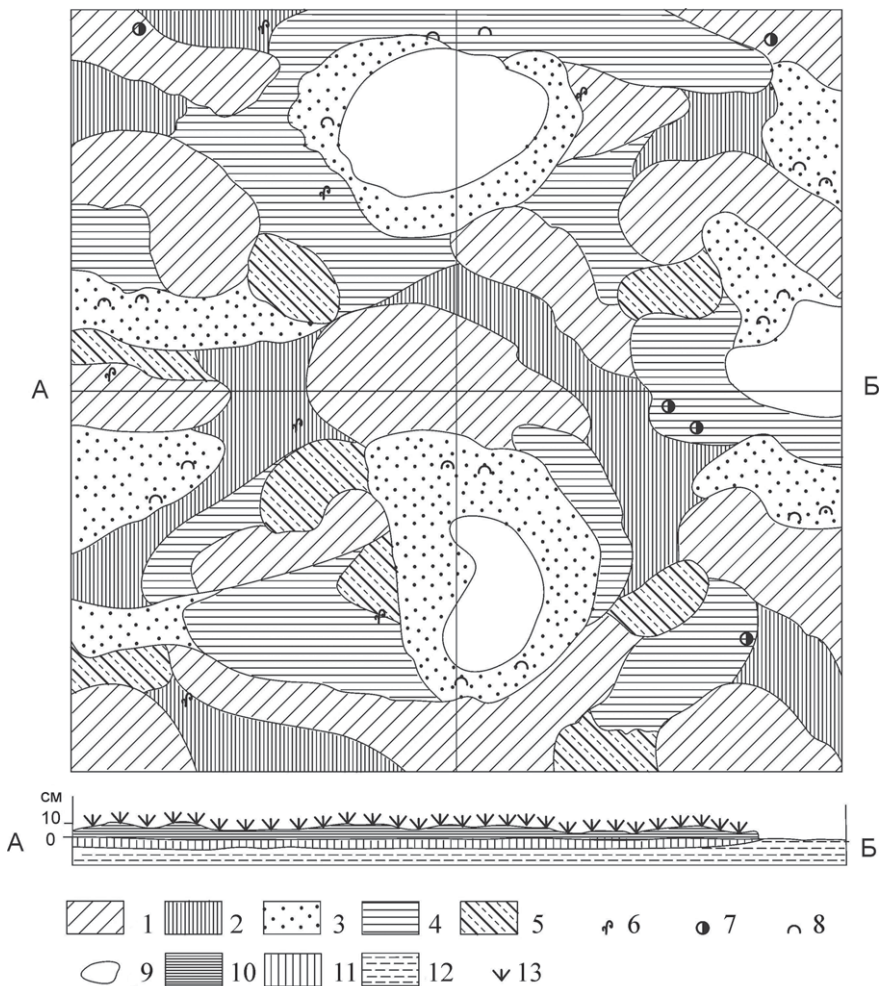


Рис. 3. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 3.

План: 1 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 2 – *Aulacomnium turgidum*, 3 – *Polytrichastrum alpinum*, 4 – *Salix polaris*, мхи, 5 – *Sanionia uncinata*, 6 – *Saxifraga nelsoniana*, 7 – *Valeriana capitata*, 8 – *Thamnolia vermicularis*, 9 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 10 – отмершие мхи, 11 – гумусированные суглинки, 12 – суглинки без органики, 13 – растительность.

Fig. 3. Vegetation and grounds of structural-morphological type 3.

Plan: 1 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 2 – *Aulacomnium turgidum*, 3 – *Polytrichastrum alpinum*, 4 – *Salix polaris*, mosses, 5 – *Sanionia uncinata*, 6 – *Saxifraga nelsoniana*, 7 – *Valeriana capitata*, 8 – *Thamnolia vermicularis*, 9 – ground spots; profile along line АБ: 10 – dead mosses, 11 – humus loams, 12 – loams without organic matter, 13 – vegetation.

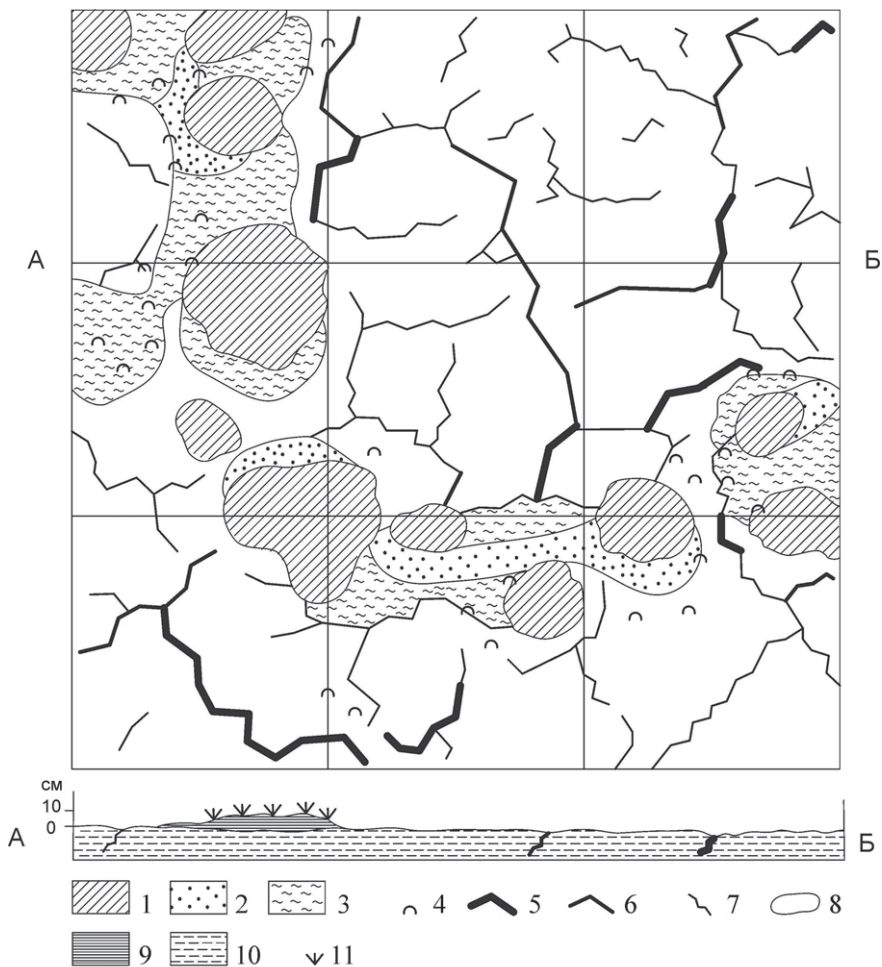


Рис. 4. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 4: ранняя стадия формирования трещинно-полигонального нанорельефа.

План: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – мхи (*Sanionia uncinata*, *Aulacomnium turgidum*, *Racomitrium afoninae*), 3 – ветوشь, 4 – лишайники, трещины шириной: 5 – более 3 см, 6 – от 1 до 3 см, 7 – менее 1 см; 8 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 9 – моховая дерновина, частично – ветوشь, 10 – суглинки, 11 – растительность.

Fig. 4. Vegetation and grounds of structural-morphological type 4: the early stage of formation of crack-polygonal nanorelief.

Plan: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – мхи (*Sanionia uncinata*, *Aulacomnium turgidum*, *Racomitrium afoninae*), 3 – rag, 4 – lichens, cracks with width: 5 – more than 3 cm, 6 – from 1 to 3 cm, 7 – less than 1 cm; 8 – ground spots; profile along line АБ: 9 – living and dead mosses, 10 – loams, 11 – vegetation.

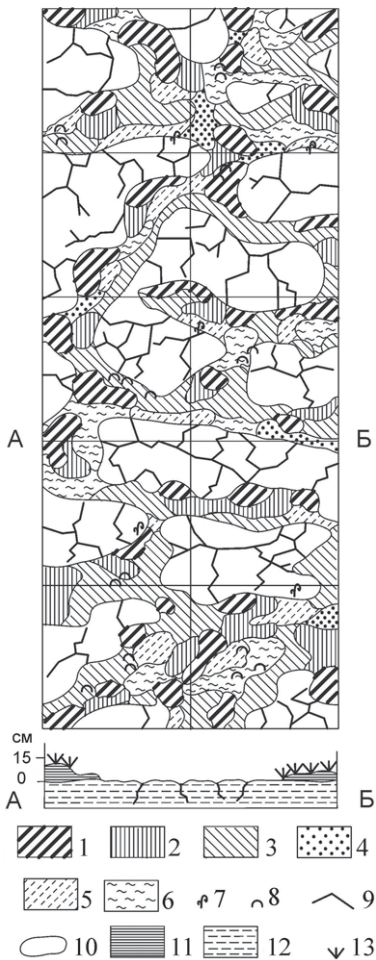


Рис. 5. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 4: зрелая стадия формирования трещинно-полигонального нанорельефа.

План: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – *Luzula confusa*, 3 – *Kiaeria glacialis*, 4 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 5 – *Aulacomnium turgidum*, 6 – отмершие мхи, 7 – *Potentilla hyperctica*, 8 – *Thamnia vermicularis* var. *subuliformis*, 9 – трещины, 10 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 11 – ветошь мхов, 12 – суглинки, 13 – растительность.

Fig. 5. Vegetation and grounds of structural-morphological type 4: mature stage of formation of crack-polygonal nanorelief.

Plan: 1 – *Deschampsia borealis*, 2 – *Luzula confusa*, 3 – *Kiaeria glacialis*, 4 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 5 – *Aulacomnium turgidum*, 6 – dead mosses, 7 – *Potentilla hyperctica*, 8 – *Thamnia vermicularis* var. *subuliformis*, 9 – cracks, 10 – ground spots; profile along line АБ: 11 – moss rag, 12 – loams, 13 – vegetation.

Deschampsia borealis; цепочки дерновинок последней иногда прерываются участками грунта и отмирающих растений. Трещины под растительностью проследить не удается: по-видимому, первоначально возникшая трещина разрушается или заплывает, а на пятнах закладываются многочисленные новые (рис. 5). На невысоких (180–250 м над у. м.) плато восточной части острова встречается вариант с пятнами диаметром 60–80 см, слегка вытянутыми, разбитыми более широкими и разработанными трещинками глубиной 8–10 и шириной в верхней части 5–7 см (рис. 6). Эти трещинки в своей нижней части сужаются, и во многих из них на глубине 5–8 см прослеживаются остатки дернины (асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae*), корешков и т.д. По всей видимости, в таких пятнах происходит более интенсивное перемещение материала под влиянием возникающих в весеннее и осеннее время напряжений, формируются небольшие участки с погребенными горизонта-

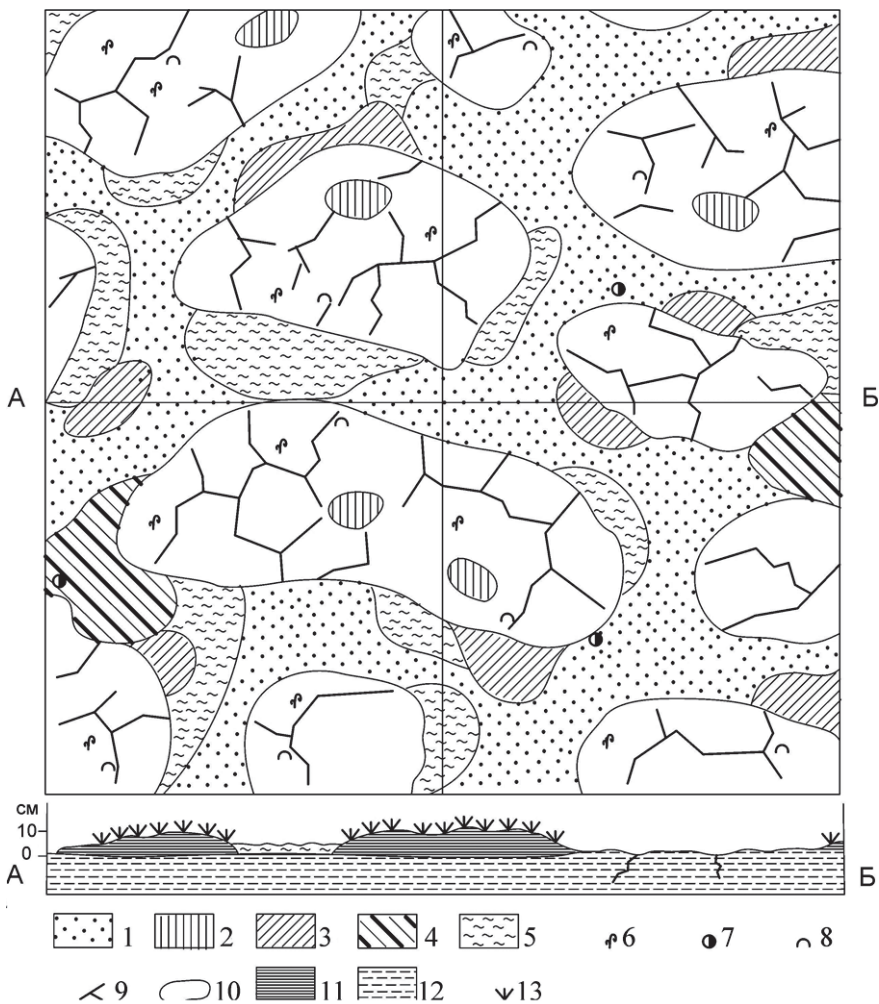


Рис. 6. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 4: поздняя стадия формирования трещинно-полигонального нанорельефа.

План: 1 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 2 – *Deschampsia borealis*, 3 – разнотравье (*Saxifraga nelsoniana*, *Stellaria edwardsii*, *Valeriana capitata*), 4 – *Salix polaris*, мхи, 5 – ветошь мхов, 6 – *Festuca brachyphylla*, 7 – *Saxifraga serpyllifolia*, 8 – *Thamnolia vermicularis*, 9 – трещины, 10 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 11 – моховая дерновина с кустарничками, злаками и разнотравьем, 12 – суглинки, 13 – растительность.

Fig. 6. Vegetation and grounds of structural-morphological type 4: late stage of formation of crack-polygonal nanorelief.

Plan: 1 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 2 – *Deschampsia borealis*, 3 – grasses (*Saxifraga nelsoniana*,

Stellaria edwardsii, *Valeriana capitata*), 4 – *Salix polaris*, mosses, 5 – moss rag, 6 – *Festuca brachyphylla*, 7 – *Saxifraga serpyllifolia*, 8 – *Thamnia vermicularis*, 9 – cracks, 10 – ground spots; profile along line АБ: 11 – mosses with shrubs, graminoids and grasses, 12 – loams, 13 – vegetation.

ми органики, после этого уже повторное трещинообразование обнажает их от грунта.

Формы грунтов с бугристыми пятнами, возвышающимися над ложбиной с растительностью (тип 5, рис. 7) – весьма характерный элемент криогенного происхождения, обычный на обширных приморских равнинах острова, в первую очередь, в северной его части. В западной литературе эти формы получили название перигляциальных инволюций, а в отечественной – криотурбаций. Основными процессами, определяющими возникновение этих форм, являются криостатическое давление и изменения объема минерального грунта при оттаивании и последующем промерзании. Некоторую роль в образовании инволюций играют явление стебелькового льда и пучение. Результатом проявлений инволюций является ноздревато-пористая структура суглинка (Тихомиров, 1959), обычно – на более или менее выпуклых пятнах–полигонах. Для острова Врангеля особенно характерны пятнистые отдельности на среднесуглинистых грунтах, достигающие в поперечнике 50–60 см, иногда они могут быть и меньше – до 40 см. Полигоны отделены друг от друга трещиной-провалом глубиной 15–20 см. Трещина обычно перекрыта сверху плоским валиком из растительности, ширина которого в среднем составляет 15–20 см. Вся платформа разбита на отдельности-комочки, достигающие в поперечнике 3–4 см, иногда меньше – 2–3 см, разделенными трещинами шириной 1.0–1.5 см, при этом довольно часто – немного расширяющиеся книзу. В широких выположенных ложбинах структура грунта носит такой же, мелкокомковатый характер, что и на вершине купола-полигона. Характерный элемент нанорельефа полигонов – ходы леммингов, иногда – в виде плотных скоплений. М.С. Стишов (2004) относит эти последние, на участках интенсивных криотурбаций суглинка, к подвижно-нормному типу поселений, характеризующегося высокой долей разрушенных и полуразрушенных нор. Таким образом, вся описанная структура грунтов является следствием активных перемещений масс грунта, что в целом подтверждается и характером растительности. Последняя отнесена нами к асс. *Artemisia tilesii*—*Deschampsietum borealis* субасс. *typicum*. Ложбины между полигонами чаще всего заняты растительностью с преобладанием разнотравья (*Artemisia arctica* subsp. *ehrendorferi*, *Lloydia serotina*, *Saxifraga firma*, *S. oppositifolia* subsp. *smalliana*, *Oxyria digyna*, *Potentilla hypar-*

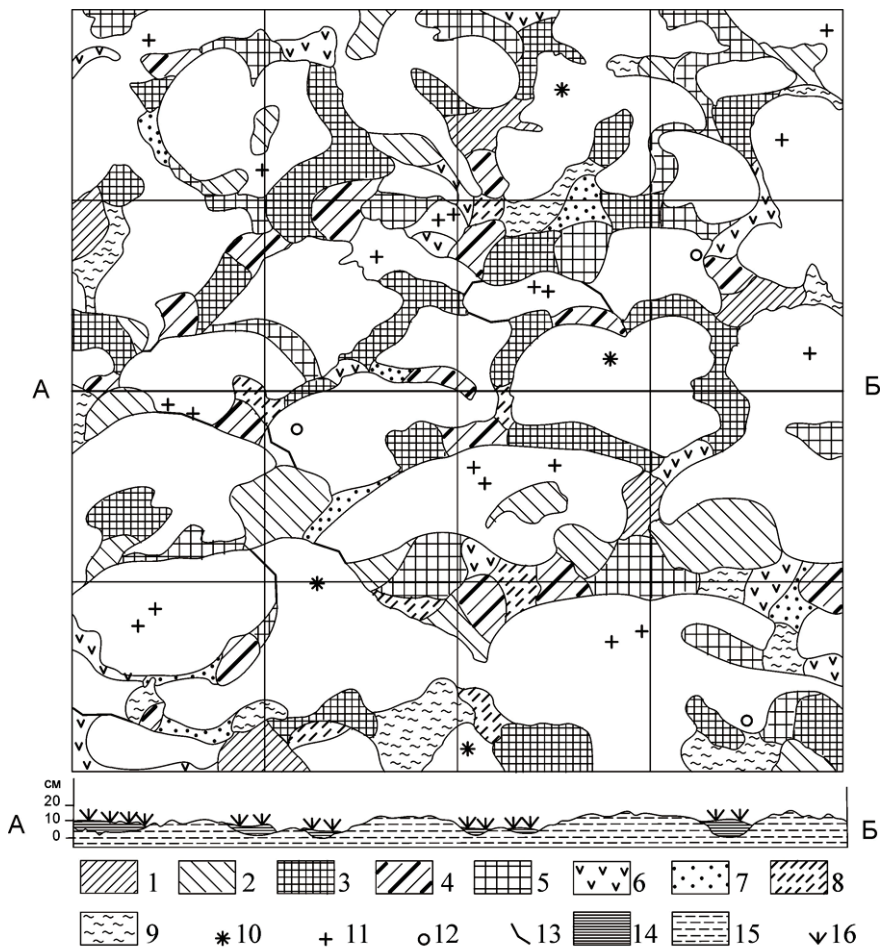


Рис. 7. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 5.

План: 1 – *Artemisia arctica*, 2 – *A. tilesii*, 3 – *Saxifraga firma*, 4 – *Oxyria digyna*, 5 – *Potentilla hyperarctica*, *Lloydia serotina*, 6 – *Luzula confusa*, 7 – *Cirriphyllum cirrhosum*, *Didymodon rigidulus* var. *icmadophilus*, 8 – *Ochrolechia frigida*, *Cladonia pyxidata*, 9 – ветошь, 10 – *Deschampsia borealis*, 11 – *Festuca brachyphylla*, 12 – *Rhodiola rosea*, 13 – трещины; профиль по линии АБ: 14 – ветошь, горизонт войлока, 15 – растительность.

Fig. 7. Vegetation and grounds of structural-morphological type 5.

Plan: 1 – *Artemisia arctica*, 2 – *A. tilesii*, 3 – *Saxifraga firma*, 4 – *Oxyria digyna*, 5 – *Potentilla hyperarctica*, *Lloydia serotina*, 6 – *Luzula confusa*, 7 – *Cirriphyllum cirrhosum*, *Didymodon rigidulus* var. *icmadophilus*, 8 – *Ochrolechia frigida*, *Cladonia pyxidata*, 9 – rag, 10 – *Deschampsia borealis*, 11 – *Festuca brachyphylla*, 12 – *Rhodiola rosea*, 13 – cracks; profile along line АБ: 14 – rag, litter, 15 – vegetation.

tica s. str., *Valeriana capitata*) (Холод, 2007). Только в редких случаях это разнотравье сопровождается образованием мелкомоховой корочки из *Cirriphyllum cirrhosum*, *Didymodon rigidulus* var. *icmadophilus* и других видов. Количественно здесь преобладают розетки полыни *A. arctica* subsp. *ehrendorferi*, они занимают краевые части полигонов, а в случае крутых бортиков полигонов даже свешиваются к ложбинке. Другой вид полыни – *A. tilesii* – осваивает средние части полигонов, хотя активные смещения грунта, идущие в целом в направлении от центра к периферии полигонов, препятствуют этому. Об активно идущих процессах криотурбации свидетельствуют и сильно натянутые корневища полыни, располагающиеся параллельно поверхности бугра-полигона на глубине 8–9 см. Часто в трещинах-провалах между мелкими комочками суглинка можно наблюдать фрагменты корневищ, обычно смятых и разорванных в нескольких местах (вполне возможно, что это – следы деятельности леммингов). Здесь же обычно скапливается ветошь и некоторых других видов: *Luzula confusa*, *Lloydia serotina* и др. Только несколько видов закрепляются на верхушках бугров-полигонов: *Deschampsia borealis*, *Festuca brachyphylla*, иногда это небольшие кусты *Rhodiola rosea*. Таким образом, для данных форм структурных грунтов характерно активное перемещение грунтового материала, в целом идущее от вершины бугра к периферии, что приводит к механическому смещению надземных частей растений в сторону ложбинок, натяжению и часто – разрыву корней и корневищ сосудистых растений. В процессе криогенного массообмена происходит разрушение и смыв верхнего органогенного горизонта (Караваева, Полтева, 1969), очень часто на некоторой глубине под бугром можно обнаружить следы погребенных гумусовых горизонтов. Стабильные для формирования растительности условия отсутствуют даже в ложбинах: процессы криотурбаций протекают и здесь, хотя менее интенсивно, чем в центральных частях полигонов. Т.Г. Полозова (1994), рассматривая близкие к описанным типы горизонтальной структуры растительности как злаково-мохово-лишайниковую бугорково-пятнистую гемиацидофитную тундру, отмечает, что полосы растительной дернины, формирующиеся на контакте соседних полигонов, препятствуют активному пучению этих участков. Именно поэтому эти последние оказываются гипсометрически ниже поверхности самих пятен. В то же время, моховые дерновинки и розетки сосудистых растений этих участков постоянно засыпаются выгребами из лемминговых нор: на поверхности таких выгребов со временем формируются новые миниатюрные дерновинки мхов. Активно идущие процессы в грунтах определяют сукцессионный характер раститель-

ности, непостоянство видового состава пробных площадей в пределах соседних участков.

Наибольшее распространение на острове Врангеля получили структурные грунты, ячейки которых сложены как мелкоземистыми, так и скелетными фракциями. Сочетание двух крупных фракций грунта при постоянно идущих процессах его смещения приводит к возникновению сортированных форм. Чаще встречаются сортированные полигоны, сложенные мелкоземом и мелким сланцевым плитняком (последний иногда замещается кварцево-песчаниковой дресвой). Как правило, пятно в таких образованиях находится ниже верхнего уровня дернины (тип 6). Выявлено несколько вариантов, соответствующих разным стадиям формирования этого типа структурных грунтов. На ранних стадиях освоения грунтов растительностью довольно хорошо прослеживается полигональная сеть, только в некоторых местах нарушенная мелкими дерновинками растительности. Полигоны имеют в поперечнике 50–60 см, в плане они – 5-6-ти-угольные, причем, внутри – довольно гомогенные (т. е. не разбитые на отдельности 2-го порядка). Поверхность такого полигона – это плотная, «сцементированная» мелкоземисто-хрящеватая масса. Трещинки между полигонами – крайне узкие, до 1.0 см ширины, иногда образуют правильную прямую линию на отрезке в 15–20 см. Растительность, формирующаяся на таких полигонах, носит ярко выраженный куртинный характер (асс. *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica*). В основе этого типа строения растительного покрова – плотные шпалеры или подушки *Salix rotundifolia* и *Dryas integrifolia*, не превышающие в поперечнике 20–25 см. Характерно, что они образуются в зоне стыка нескольких трещин, радиально расходящихся из одной точки (рис. 8). Наличие плотных подушек указывает на то, что сосудистые растения здесь существуют в условиях повышенной сухости субстрата, при этом образование полигональной сети является результатом заложения трещин усыхания. Активных морозобойных процессов на таких участках нет, активные перемещения грунта отсутствуют, поэтому растительность существует в условиях относительно стабильного почвенно-грунтового режима. О последнем свидетельствуют различные стадии зарастания участков стыков между вышеописанными полигонами. Сначала идет нарастание шпалер и подушек ивы и дриады вдоль тонких трещин, в дальнейшем формируются ярко выраженные пятнистые тундры. Выделен вариант, соответствующий наиболее поздней стадии освоения таких грунтов растительностью с замкнутыми, хорошо очерченными пятнами. Диаметр их варьирует от 40 до 75–80 см. Разделяет пятна

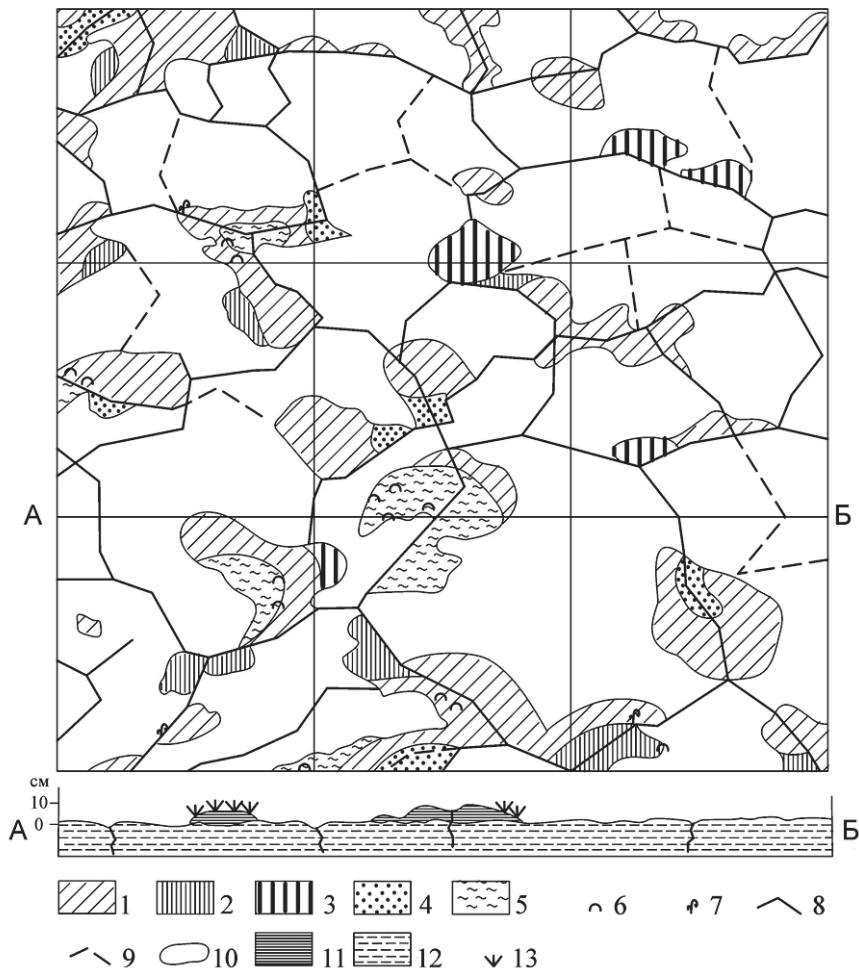


Рис. 8. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 6: ранняя стадия.

Plan: 1 – *Salix rotundifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Dryas integrifolia*, 4 – mosses, 5 – rag, 6 – lichens, 7 – *Parrya nudicaulis* subsp. *septentrionalis*, 8 – mature cracks, 9 – new cracks, 10 – ground spots; profile along line АБ: 11 – rough shrub turf, rags, 12 – loams with gravel, 13 – vegetation.

Fig. 8. Vegetation and grounds of structural-morphological type 6: the early stage.

Plan: 1 – *Salix rotundifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Dryas integrifolia*, 4 – mosses, 5 – rag, 6 – lichens, 7 – *Parrya nudicaulis* subsp. *septentrionalis*, 8 – mature cracks, 9 – new cracks, 10 – ground spots; profile along line АБ: 11 – rough shrub turf, rags, 12 – loams with gravel, 13 – vegetation.

плотная дриадовая (*Dryas integrifolia*) с ивой *Salix rotundifolia* шпалера или валик шириной от 15–20 до 40–50 см (асс. *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica*) (рис. 9). На участках вновь засеваемых трещин можно встретить миниатюрные шпалеры дриады, в поперечнике составляющие 5 × 5 см. Пятно «утоплено» относительно дернистого валика на 5–8 см, чаще всего – оно плоское, не взбугренное. Шпалеры закладываются строго вдоль трещин, затем разрастаются, заполняя все трещинные промежутки между соседними полигонами. Т.Г. Полозова (1994), изучавшая динамику растительности в подобных образованиях (мохово-дриадовая пятнистая щербнистая кальцефитная тундра), отмечает, что условия роста шпалер дриады в направлении пятен менее благоприятны, чем вдоль трещин. Объясняется это сухостью пятен и их щербнистостью. В результате разрастания шпалер в направлении трещин эти последние закрываются, полигональный рисунок первично растресканной поверхности грунта пропадает, образуются формы грунтов с округлыми или слабо вытянутыми пятнами. В то же время нами отмечен интенсивный рост корней в направлении центральной части пятна, на глубине 12–15 см. О высокой сухости местообитания свидетельствуют и трещины, постоянно встречающиеся в моховом валике, нарастающем вокруг шпалеры ивы *Salix rotundifolia* (часто трещина в таком валике возникает как продолжение трещины в грунте). Наиболее крупные пятна-полигоны могут достигать в поперечнике 2.0–2.5 м, но тогда в центре формируется подушка ивы или шпалера дриады, часто – с миниатюрными подушечками *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*. Только в очень редких случаях наблюдается тенденция к образованию в пределах пятна неясных полосок из щепня. Однако, это бывает в небольших депрессиях, где увлажнение выше. В целом же пятнистые дриадовые тундры формируются в условиях весьма умеренного увлажнения, как правило, на обширных пологих скатах с уклоном 3–6°, где хрящевато-суглинистая масса высыхает к началу лета. Последнему способствует и то обстоятельство, что грунты под этими тундрами обогащены карбонатными включениями, что влечет за собой интенсивную фильтрацию влаги и дополнительное иссушение. Близкий к вышерассмотренному тип горизонтальной структуры был описан Ю.И. Черновым и Н.В. Матвеевой (Chernov, Matveyeva, 1997) в полярных пустынях мыса Челюскин. В тундрах, по мнению этих авторов, этот тип структуры присущ интрастенозональным сообществам и носит ярко выраженный пионерный характер.

Сортированные щербнисто-суглинистые пятна-полигоны с пологой куполообразной поверхностью – наиболее часто встречающаяся

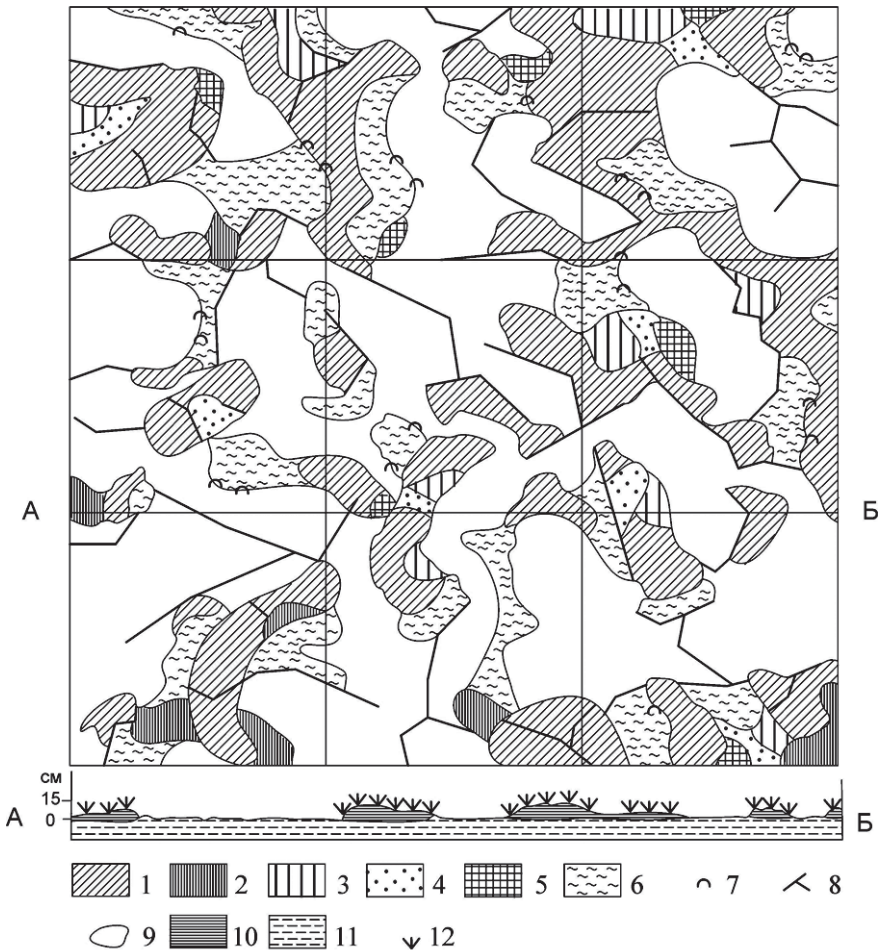


Рис. 9. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 6: поздняя стадия.

План: 1 – *Dryas integrifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Salix rotundifolia*, 4 – *Ditrichum flexicaule*, *Distichium inclinatum*, 5 – *Carex rupestris*, 6 – ветошь, 7 – *Thamnia vermicularis* var. *subuliformis*, *Evernia perfragilis*, 8 – трещины, 9 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 10 – грубый кустарничково-моховый торф, 11 – суглинки с дресвой, 12 – растительность.

Fig. 9. Vegetation and grounds of structural-morphological type 6: the late stage.

Plan: 1 – *Dryas integrifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Salix rotundifolia*, 4 – *Ditrichum flexicaule*, *Distichium inclinatum*, 5 – *Carex rupestris*, 6 – rag of vascular plants and mosses, 7 – *Thamnia vermicularis* var. *subuliformis*, *Evernia perfragilis*, 8 – cracks, 9 – ground spots; profile along line АБ: 10 – rough shrub-moss turf, 11 – loams with gravel, 12 – vegetation.

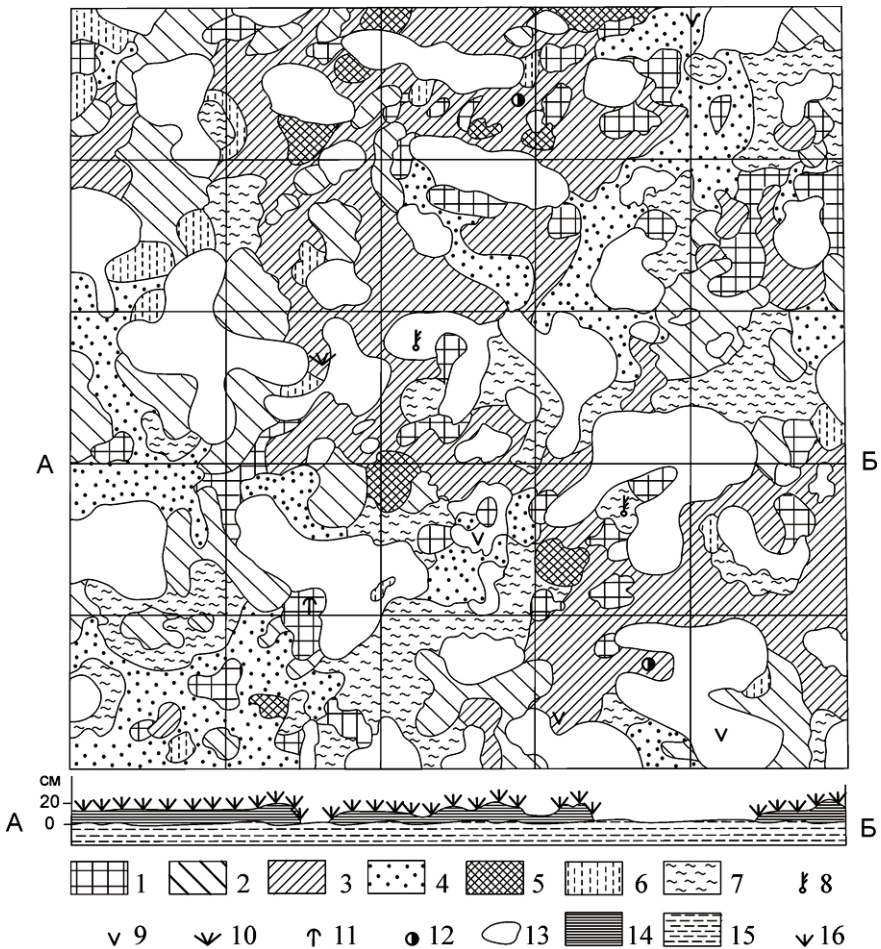


Рис. 10. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 7: некарбонатный вариант.

План: 1 – *Salix reptans*, 2 – *S. glauca* subsp. *callicarpa*, 3 – *Carex lugens*, *Tomentypnum nitens*, *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, 4 – *Ditrichum flexicaule*, *Tortella arctica*, *T. tortuosa*, 5 – *Luzula confusa*, 6 – *Deschampsia borealis*, 7 – ветошь мхов и осоки с лишайниками, 8 – *Oxyria digyna*, 9 – *Parrya nudicaulis* s. str., 10 – *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 11 – *Saussurea tilesii*, 12 – *Potentilla hyparctica*, 13 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 14 – моховый и осоковый торф, 15 – суглинки с щебнем, 16 – растительность.

Fig. 10. Vegetation and grounds of structural-morphological type 7: noncarbonate variant.

Plan: 1 – *Salix reptans*, 2 – *S. glauca* subsp. *callicarpa*, 3 – *Carex lugens*, *Tomentypnum nitens*, *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, 4 – *Ditrichum flexicaule*, *Tortella arctica*, *T. tortuosa*, 5 – *Luzula confusa*, 6 – *Deschampsia borealis*, 7 – rags of mosses, sedges and lichens, 8 – *Oxyria digyna*, 9 – *Parrya nudicaulis* s. str., 10 – *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 11 – *Saussurea tilesii*, 12 – *Potentilla hyparctica*, 13 – ground spots; profile along line АБ: 14 – moss and sedge turf, 15 – loams with scree, 16 – vegetation.

разность структурных грунтов на острове Врангеля (тип 7, рис. 10, 11). Они характерны для верхних и средних частей обширных приморских равнин, внутригорных шлейфов, а также низких плато и нагорных террас на низких гипсометрических уровнях. Поперечник таких пятен варьирует в диапазоне от 0.6 до 0.8 м. Форма этих образований изменяется от овальной и правильно округлой до неправильной – полулунной, серповидной, чечевицеобразной. Поверхность пятен сложена мелкоземом (средний-легкий суглинок) вперемежку со щебнем. Последний может быть угловатым, либо со слегка пооббитыми гранями, что свидетельствует об активно идущем процессе вымораживания мелких камней. Следов сортировки материала, практически, нет: только в самых редких случаях удается проследить зачатки трещинообразования на поверхности. Разделяют такие пятна полосы растительности, также весьма сильно варьирующие по ширине. Центральная часть такого пятна обычно несколько возвышается над валиком или верхним уровнем полосы растительности или находится на одном уровне с валиком, состоящим часто из более или менее крупных кочек *Carex lugens*. Граница между пятном и перемычкой-дерниной между ними выражена нечетко. Причина этого – высокая вегетативная подвижность ряда видов, осваивающих участки пятна, примыкающие к дернине: так, весьма активна в таких переходных зонах ива *Salix reptans*, побеги которой стелются по щебнисто-мелкоземистому субстрату. По мнению Т.Г. Полозовой (1994), в кальцефитном варианте этого структурного типа растительности, который она называет разнотравно-ивково-моховой пятнистой щебнистой кальцефитной тундрой, большое значение имеет вегетативная подвижность ивы *Salix rotundifolia*. Эта ива, а также мхи *Ditrichum flexicaule*, *Distichium capillaceum*, *Schistidium andreaeopsis* активно продвигаются на пятна по трещинам. На поверхности центральной части пятен чаще всего образуются небольшие скопления сосудистых растений: *Festuca brachyphylla*, *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, *Papaver polare*, *Astragalus alpinus* subsp. *arcticus*, *Potentilla hyparctica*, *P. uniflora*, *Eutrema edwardsii*. Надземные органы этих растений обычно не смыкаются, и по этому признаку такие группы растений можно отнести к типу разреженных группировок. В то же время наблюдается смыкание их корневых систем. Последнее особенно характерно для ивы *Salix rotundifolia*, корневища которой тянутся под тонким слоем щебня через все пятно. Кроме того, в составе таких группировок участвуют, как правило, виды, которые характерны и для дернистых перемычек между пятнами: в целом это позволяет рассматривать флористический состав пятен и участков сомкнутой дернины в рамках одного сообще-

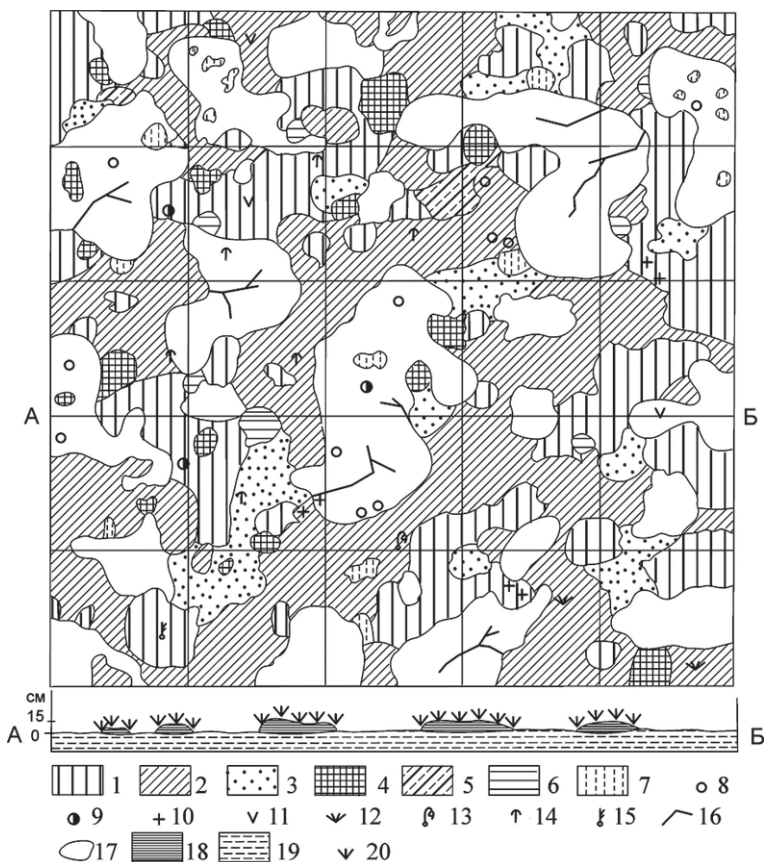


Рис. 11. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 7: карбонатный вариант.

План: 1 – *Dryas integrifolia*, 2 – *Salix rotundifolia*, *Distichium capillaceum*, *Schistidium andreaeopsis*, 3 – *Ditrichum flexicaule*, *Sanionia uncinata*, 4 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 5 – *Carex lugens*, мхи, 6 – *Oxytropis wrangelii*, 7 – *Arctagrostis arundinacea*, 8 – *Puccinellia wrightii* subsp. *colpodioides*, 9 – *Potentilla hyparctica*, 10 – *Astragalus alpinus* subsp. *arcticus*, 11 – *Saxifraga platysepala*, 12 – *Luzula confusa*, 13 – *Pedicularis verticillata*, 14 – *Saussurea tilesii*, 15 – *Oxyria digyna*, 16 – трещины, 17 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 18 – кустарничковый и моховый торф, 19 – сулгинки с щебнем, 20 – растительность.

Fig. 11. Vegetation and grounds of structural-morphological type 7: carbonate variant.

Plan: 1 – *Dryas integrifolia*, 2 – *Salix rotundifolia*, *Distichium capillaceum*, *Schistidium andreaeopsis*, 3 – *Ditrichum flexicaule*, *Sanionia uncinata*, 4 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 5 – *Carex lugens*, мхи, 6 – *Oxytropis wrangelii*, 7 – *Arctagrostis arundinacea*, 8 – *Puccinellia wrightii* subsp. *colpodioides*, 9 – *Potentilla hyparctica*, 10 – *Astragalus alpinus* subsp. *arcticus*, 11 – *Saxifraga platysepala*, 12 – *Luzula confusa*, 13 – *Pedicularis verticillata*, 14 – *Saussurea tilesii*, 15 – *Oxyria digyna*, 16 – cracks, 17 – ground spots; profile along line АБ: 18 – shrub and moss turf, 19 – loams with scree, 20 – vegetation.

ства. Растительность, обрамляющая такие пятна, вместе с группировками пятен представлена довольно широким спектром синтаксонов: это осоково-моховые (асс. *Carici lugentis—Hylocomietum alaskani* вар. *inops* и вар. *typicum*) и дриадовые (ассоциации *Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*, *Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae* фац. *typica*, *Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis* вар. *typicum*) тундры. Сообщества последних часто занимают большие участки приморских равнин, во многих случаях именно они определяют арктический облик ландшафтов острова.

Сортированные щебнисто-мелкоземистые отдельности с пятном, «утопленным» в дернину – также весьма часто встречающаяся форма структурных грунтов (тип 8, рис. 12). В разрезе пятна преобладают мелкоземистые фракции (до 70 %). В плане такая форма представляет собой пятно грунта с поперечником, составляющим 40–50 см. Наиболее характерная их черта – неправильная форма, очень часто – это несколько соединяющихся друг с другом пятен. Ширина валика дернины – 30–45 см между крупными пятнами, 60–70 см – между мелкими. Внутри пятна, как правило, хорошо прослеживается сортировка материала: обычно это цепочки щебня или слабо окатанной гальки, делящие пятно на мелкие полигональные разности, в поперечнике не превышающие 15–20 см. На некоторых участках поверхности можно видеть и полигональные формы без растительности, с хорошо выраженной сортировкой щебнисто-суглинистого материала. Под дерниной в ряде случаев формируется влажная или мокрая галечно-хрящеватая масса с небольшой примесью суглинка, а само пятно сложено относительно сухой хрящевато-суглинистой массой. Отдельные мелкие пятна обычно утоплены на 10–15 см в валик из окружающей дернины. Такие пятна, как правило – мокрые, с отдельной сланцевой плиткой на поверхности. Растительность дернины (асс. *Carici membranaceae—Dryadetum integrifoliae*) формируется в условиях стока, идущего по поверхности карбонатных пород. На таком пятне можно встретить одиночные особи *Juncus biglumis*. В этих формах отсутствует ясно очерченная граница между пятном и дерниной. По трещинкам с мелким плитняком или щебнем размещаются мелкие моховые дерновинки *Aulacomnium turgidum*, *Dicranowesia crispula*, *Sanionia uncinata*, *Tomentypnum nitens* (асс. *Salici polaris—Sanionietum uncinatae*, асс. *Cladino arbusculae—Luzuletum nivalis*). Последние часто образуют скопления в центре пятна, здесь же встречаются особи *Festuca brachyphylla*. Крупные пятна разделены, как правило, небольшими валиками из мхов, либо из ивы *Salix polaris* со мхами (*Dicranum spadicum*, *San-*

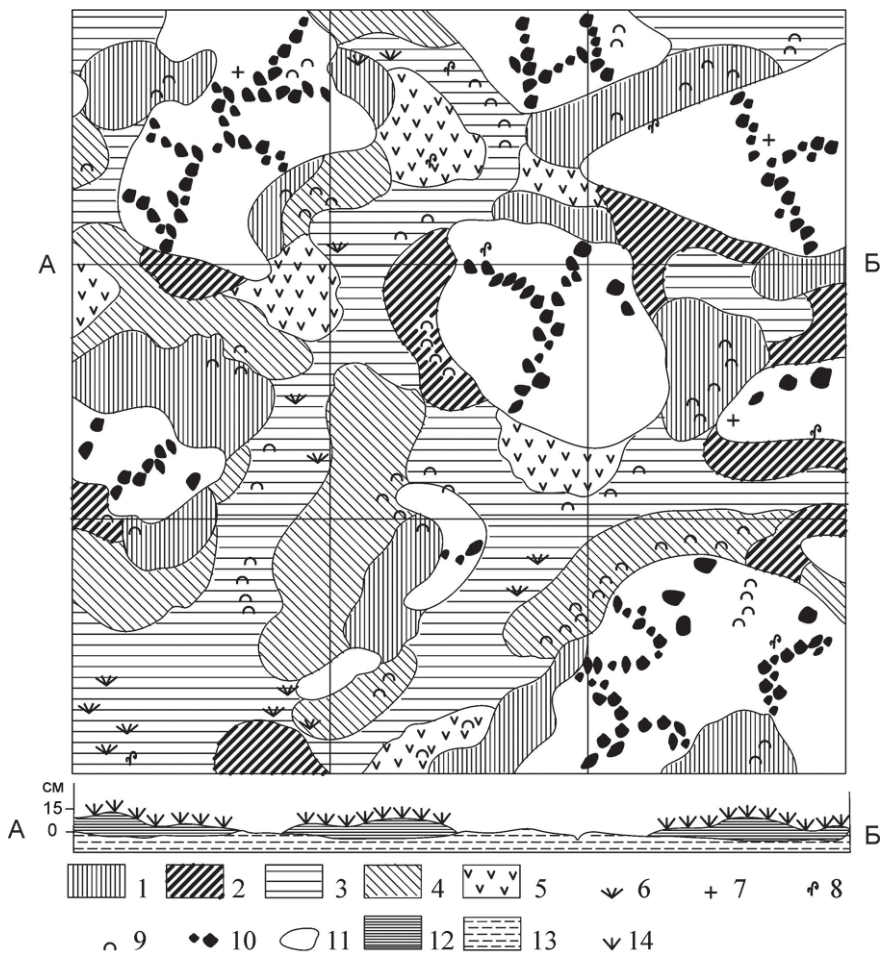


Рис. 12. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 8.

План: 1 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Dicranoweisia crispula*, 2 – *Racomitrium lanuginosum*, 3 – *Kiaeria glacialis*, *Racomitrium afoninae*, 4 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 5 – *Aulacomnium turgidum*, 6 – *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 7 – *Deschampsia borealis*, 8 – *Luzula nivalis*, 9 – *Thamnolia vermicularis* var. *subuliformis*, 10 – щебень, 11 – пятна грунта (суглинки); профиль по линии АБ: 12 – моховый торф, ветошь, 13 – суглинки, 14 – растительность.

Fig. 12. Vegetation and grounds of structural-morphological type 8.

Plan: 1 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Dicranoweisia crispula*, 2 – *Racomitrium lanuginosum*, 3 – *Kiaeria glacialis*, *Racomitrium afoninae*, 4 – *Hylocomium splendens* var. *obtusifolium*, *Tomentypnum nitens*, 5 – *Aulacomnium turgidum*, 6 – *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, 7 – *Deschampsia borealis*, 8 – *Luzula nivalis*, 9 – *Thamnolia vermicularis* var. *subuliformis*, 10 – щебень, 11 – ground spots (with sandy loams); profile along line АБ: 12 – moss turf, rag, 13 – loams, 14 – vegetation.

ionia uncinata, *Dicranoweisia crispula*) (acc. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae*). Верхняя часть валика, как правило, находится на одном уровне с центром полигона. Поперечный профиль крупных пятен носит слегка куполообразный характер и центр такого купола возвышается над дерниной на 2–3 см. Валик на 95 % его объема сложен мхами, его довольно густо пронизывают корневища *Salix polaris*. Последние встречены и под краевой частью пятна, но не далее 4–5 см от валика. На высотах 400 м над у. м. и выше встречаются участки мелкополигональной поверхности с ясно выраженной сортировкой материала. Полигоны 5-ти или 6-ти-угольной формы не превышают в поперечнике 20 см, сложены они влажным суглинком (с признаками тиксотропности). Разделены такие полигоны цепочками щебня или гальки, слабой степени окатанности, шириной до 6 см. Растительность осваивает не более 10–15 % площади полигональных отдельностей, и приурочена к этим цепочкам камней. Это одиночные и очень мелкие особи *Puccinellia wrightii* subsp. *colpodiodes*, *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smaliana*, *Cerastium beeringianum* subsp. *bialynickii* и подушки-дерновинки мхов *Schistidium andreaeopsis*, *Brachythecium salebrosum*, *Limprichtia cossonii*, куполообразно облекающие выступающие над поверхностью суглинка щебнистые пятна.

Сортированные полигоны-бугры, возвышающиеся над разделяющей их ложбинкой (тип 9, рис. 13), особенно характерны для массивов, сложенных палеозойскими известняками. Разные стадии образования бугров с покатым куполом особенно характерны для склонов 3–7° и террас в верхней части таких поднятий. При этом растительность, как правило, не участвует в начальных стадиях такого полигонообразования. В процессе сортировки щебнисто-мелкоземистого материала мелкий плитняк сдвигается к краю полигона, а в центре преобладает щебнисто-суглинистый грунт. Полигоны разделены довольно глубокой (12–15 см) ложбинкой, в которой плитняк опрокинут на ребро. Такие ложбинки разделяют отдельности грунтов, имеющие прямоугольные или даже треугольные очертания с поперечником 60–80 см. На карбонатных грунтах более интенсивно проявляется фильтрация воды вглубь рыхлого чехла элюво-делювия, в отличие от некарбонатных пород, для которых характерен боковой подток. Все это способствует тому, что правильной сети полигонов и ложбинок на известняковых массивах не образуется. После заложения трещин и начальной стадии сортировки материала в ложбинках (нередко по поверхности плитняка) поселяются первые шпалеры *Salix rotundifolia* и *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smaliana*. Весьма характерны и цепочки лишайников *Thamnotia vermicu-*

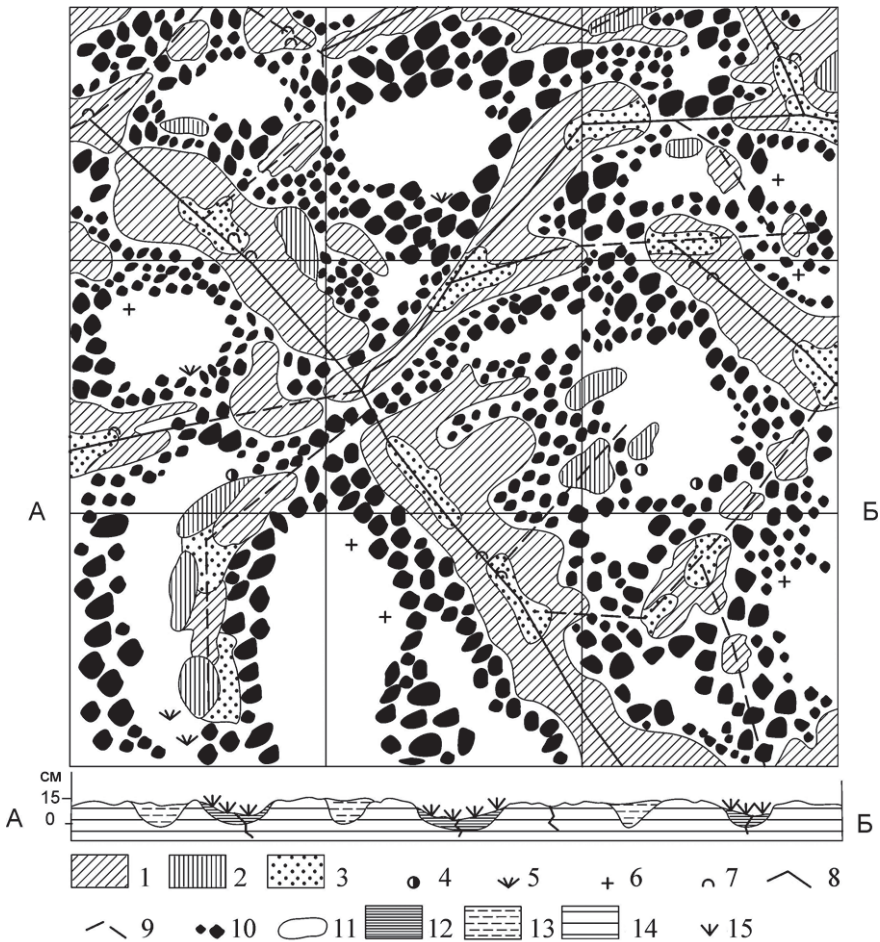


Рис. 13. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 9.

План: 1 – *Salix rotundifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Ditrichum flexicaule*, *Hypnum bambergeri*, 4 – *Potentilla subvahliana*, 5 – *Festuca hyperborea*, 6 – *Androsace ochotensis*, 7 – лишайники, 8 – трещины зрелые, 9 – трещины закладываемые, 10 – щебень, мелкий плитняк, 11 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 12 – мохово-кустарничковый торф, 13 – суглинки с дресвой, 14 – щебень, плитняк с поверхности, суглинки с дресвой с глубины 8–10 см, 15 – растительность.

Fig. 13. Vegetation and grounds of structural-morphological type 9.

Plan: 1 – *Salix rotundifolia*, 2 – *Saxifraga oppositifolia* subsp. *smalliana*, 3 – *Ditrichum flexicaule*, *Hypnum bambergeri*, 4 – *Potentilla subvahliana*, 5 – *Festuca hyperborea*, 6 – *Androsace ochotensis*, 7 – lichens, 8 – mature cracks, 9 – new cracks, 10 – scree, small plates, 11 – ground spots; profile along line АБ: 12 – moss-shrub turf, 13 – loams with gravel, 14 – scree, plates on the surface of spots, loams from a depth 8–10 cm, 15 – vegetation.

laris var. *subuliformis*, *Evernia perfragilis*, *Dactylina madreporeformis*. В ложбинах таких полигональных образований, практически, никогда не образуется связно-сетчатый покров, что определяется чрезвычайной сухостью вершин и верхних частей склонов карбонатных массивов. Сухость субстрата в растительности проявляется в формировании здесь соответствующих группировок – асс. *Saxifraga oppositifoliae*—*Oxytropidetum gorodkovii* субасс. *salicetosum rotundifoliae*.

Дифференциация условий увлажнения и гранулометрического состава на полигонах приводит и к дифференциации растительности. Это особенно заметно на некарбонатных субстратах. Здесь относительно покатый (20–25°) бортик полигона обычно занят дриадовой шпалерой (асс. *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*). Ближе к центральной части полигона дриада вытесняется рыхлой шпалерой ивы *Salix phlebophylla* (асс. *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* var. *ditrichetosum flexicaulis*). При наличии мелкокаменистого субстрата на поверхности полигонов развиваются фрагменты лишайникового покрова (асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* var. *typicum*). В то же время, далеко не во всех полигонах этого типа можно отметить дифференциацию растительности на уровне разных синтаксонов. Часто встречается случай, когда всю периферию полигона, включая и неглубокую ложбинку, занимает одна разность растительности, напр., дриадовая (*Dryas punctata*) шпалера.

Мелкоземисто-щебнисто-каменистые бугры и полигоны – структурные грунты, формирующиеся на нагорных террасах, платообразных вершинах на высотах от 250 до 400 м над у. м. (тип 10, рис. 14). По сравнению со всеми предыдущими формами содержание скелетных фракций (щебень и мелкие глыбы) в верхних горизонтах здесь достигает 50–60 %. Часто поверхность полигона целиком сложена мелкими камнями 5–12 см в поперечнике. Практически, все эти формы грунтов носят следы сортировки материала: в ложбинах между буграми доля каменистого материала, лежащего на поверхности, всегда больше, чем на поверхности бугра-полигона. Диаметр этих полигонов варьирует в диапазоне 120–160 см. Поверхность бугров-полигонов обычно слегка куполообразная, причем, поверхности мелких бугров постепенно нисходят к разделяющей ложбине, а для крупных бугров характерен более резкий профиль: в них достаточно хорошо разделены платформа и крутой (до 40–45°) бортик. Приведенные данные позволяют предположить активные процессы вымораживания каменистого материала в этих грунтах, и, кроме того, процессы бокового напора, сдвигающие этот материал к бортику и разделяющей полигоны лож-

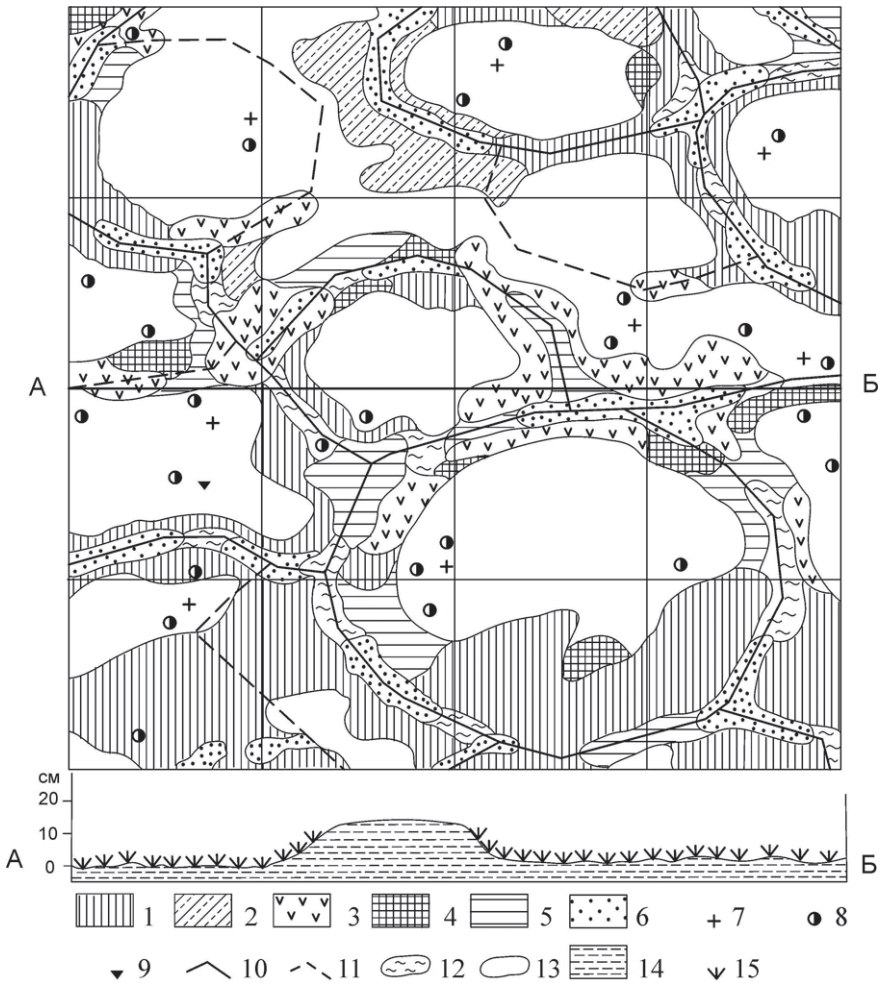


Рис. 14. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 10.

План: 1 – *Salix phlebophylla*, 2 – *Dryas punctata*, 3 – *Luzula confusa*, 4 – *Saxifraga firma*, 5 – *Potentilla hyperctica*, *Valeriana capitata*, 6 – *Luzula nivalis*, 7 – *Festuca brachyphylla*, 8 – *Oxytropis czukotica*, 9 – *Androsace ochotensis*, 10 – зрелые, глубокие трещины, 11 – свежие, неглубокие трещины, 12 – ветوشь мхов, опад, 13 – пятна грунта; профиль по линии АБ: 14 – щебень, дресва, мелкий плитняк, 15 – растительность.

Fig. 14. Vegetation and grounds of structural-morphological type 10.

Plan: 1 – *Salix phlebophylla*, 2 – *Dryas punctata*, 3 – *Luzula confusa*, 4 – *Saxifraga firma*, 5 – *Potentilla hyperctica*, *Valeriana capitata*, 6 – *Luzula nivalis*, 7 – *Festuca brachyphylla*, 8 – *Oxytropis czukotica*, 9 – *Androsace ochotensis*, 10 – mature, deep cracks, 11 – new, shallow cracks, 12 – rags mosses, litter, 13 – ground spots; profile along line АБ: 14 – scree, gravel, small plates, 15 – vegetation.

бинке. Соответственно этому, проявляется и яркая контрастность водного и теплового режимов в разных частях полигонов. Это ведет, в свою очередь, к неоднородности растительного покрова, проявляющейся на разных синтаксономических уровнях. В обрамлении мелких полигонов, на высотах до 200–220 м, обычно преобладают сообщества ассоциаций *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum* и *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis*. В этом случае нижняя часть ската с бугорка занята шпалерой дриады *Dryas punctata*, а верхняя, примыкающая к куполообразной вершине – ивы *Salix phlebophylla*. По мере подъема в горы дриадовые шпалеры выпадают из покрова, и их место занимают ивовые, которые на этих высотах уже не выходят в центральную часть бугра, а образуют полосу-бордюр, окружающую платформу полигона. На высотах 300–350 м над у. м. платформа полигона и бордюр достаточно хорошо разграничены синтаксономически: если на бордюре формируются фрагменты сообществ асс. *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis*, то в центре платформы – разреженные группировки сосудистых растений, отнесенные нами к асс. *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum*. В ее составе отмечены отдельные особи *Androsace ochotensis*, *Festuca brachyphylla*, *Oxytropis czukotica*, *Poa malacantha*. Выше 350 м над у. м. фрагменты сообществ с ивой *Salix phlebophylla*, как правило, выпадают из покрова, и на бортики полигонов «перемещается» группировка асс. *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *artemisietosum borealis*, а в центр полигонов – асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* var. *Poa malacantha*. В ложбинах, разделяющих полигоны, также происходит смена растительности с высотой. На низких гипсометрических уровнях – это одна из микрогруппировок сообществ асс. *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis* или вар. *oxytropidetosum wrangelii*. Характерной особенностью растительности ложбин является присутствие в них мха *Aulacomnium palustre* var. *imbricatum*, что указывает на условия их интенсивного увлажнения. Гипсометрически выше отметки 350 м над у. м. такие виды, как *Oxytropis wrangelii*, *Polemonium boreale*, *Aulacomnium palustre* var. *imbricatum* выпадают из покрова. Здесь обычны полигоны, в которых растительность бортиков, платформы и ложбин, практически, мало отличается. Различия здесь зафиксированы только на уровне разных микрогруппировок одного типа сообществ (как правило, ранга варианта ассоциации). Чаще всего, это разные микрогруппировки лишайников,

мхов и сосудистых растений из состава сообществ асс. *Pseudephebe pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* var. *typicum*.

К числу значительно более редко встречающихся форм структурных грунтов относятся каменные кольца (каменные котлы), представляющие собой дресвяно-щебнистые пятна (с небольшой примесью мелкозема) в окружении бордюра из более крупных обломков (тип 11, рис. 15). Такие образования встречены на высотах от 250 до 450 м над у. м. на поверхностях гольцового выравнивания или на горных террасах. Обычно поперечник площадки-пятна такого образования составляет 110–135 см, часто отдельные пятна соединены в цепочки из 3–4 пятен, отделенных друг от друга трещиной шириной 2–5 см (с сохраняющимся каменистым бордюром с внешней стороны всей группы пятен), чаще всего – с лишайниковой или моховой растительностью. Бордюр, окружающий такие пятна, образован небольшими глыбами 20–25 см в поперечнике, встречается и более крупный плитняк – 40 × 60 см, как правило, опрокинутый на ребро. На поверхности самого пятна достаточно отчетливо прослеживаются признаки вымораживания мелкокаменистого материала. Последний (щебень), лежит на поверхности пятна, а верхний горизонт профиля (ок. 10 см) представлен массой хряща и суглинка. Выше было упомянуто, что растительность каменных котлов весьма подробно изучалась на плато Путорана, где в их пределах (в высотном диапазоне 900–1000 м над у. м.) было выделено несколько весьма различающихся стадий формирования растительности – от агрегаций до интегральной ценотической системы. В подобных же образованиях на острове Врангеля «размах» форм ценотической организованности гораздо меньше. Характер растительности в пределах самого пятна и каменного бордюра позволяет выделить несколько зон. 1) **Лишайниковая, на плитняке.** Обычно плитняк густо усеян слоевищами *Umbilicaria proboscidea*, и плотно прижатыми к поверхностям скола кустиками *Pseudephebe pubescens*, а в расселинах между плитами всегда можно увидеть скопления латок *Alectoria nigricans*, *A. ochroleuca*, *Bryocaulon divergens*, *Cetraria islandica*, *Sphaerophorus globosus* (асс. *Melanelio stygiae*—*Umbilicarietum proboscidae*). 2) **Лишайниково-печеночниковая, на щебне краевой части пятна.** Ширина этой полосы – 15–20 см, причем, часто здесь можно видеть миниатюрные (до 5 см в поперечнике) дресвяно-мелкоземистые бугорки. Обычны фрагменты печеночниковой корочки *Gymnomitrium coralloides*, часто – с рыхловатой щеткой *Polytrichastrum alpinum*, а в разрывах этого ковра – слоевища *Solorina crocea* и

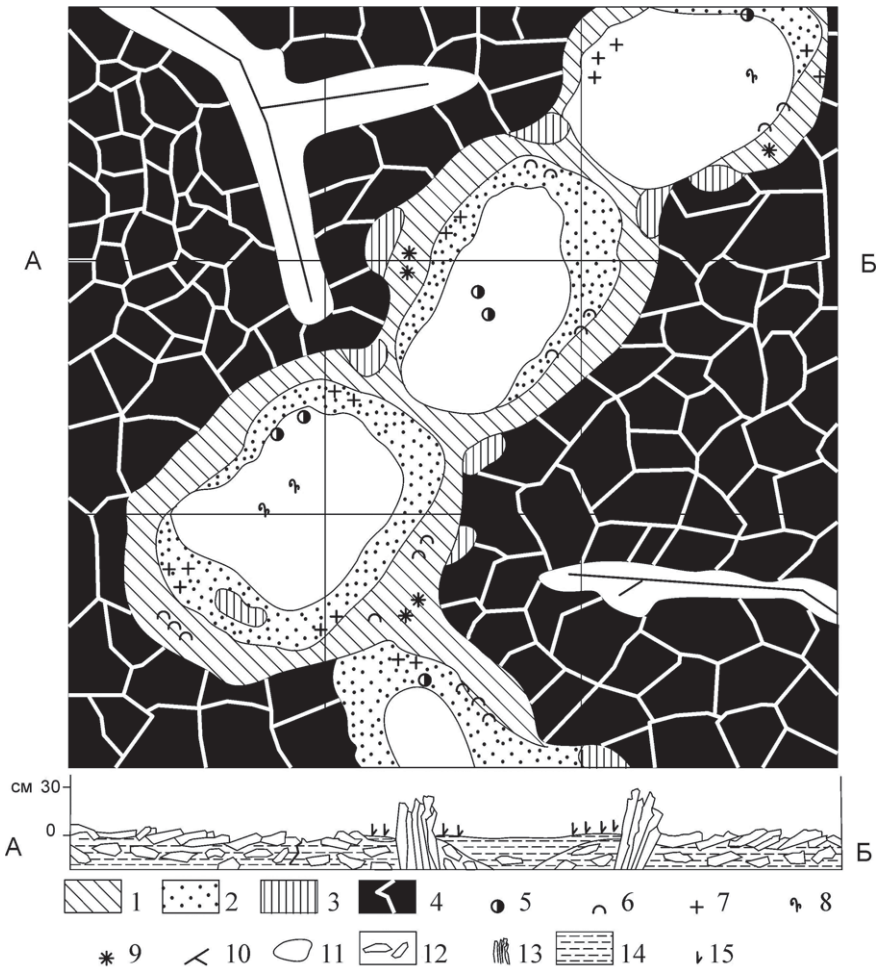


Рис. 15. Растительность и грунты структурно-морфологического типа 11.

План: 1 – *Umbilicaria proboscidea*, *Rhizocarpon* sp., 2 – *Gymnomitrium corallioides*, *Polytrichastrum alpinum*, 3 – *Bryocaulon divergens*, 4 – *Pseudephebe pubescens*, *Cetraria nigricans*, 5 – *Solorina crocea*, 6 – *Alectoria ochroleuca*, 7 – *Sphaerophorus globosus*, 8 – *Androsace ochotensis*, 9 – *Racomitrium lanuginosum*, 10 – трещины, 11 – пятна из супеси, дресвы и щебня; профиль по линии АБ: 12 – плитняк, лежащий плашмя, 13 – плитняк, опрокинутый на ребро, 14 – щебень с дресвой и супесью, 15 – лишайники.

Fig. 15. Vegetation and grounds of structural-morphological type 11.

Plan: 1 – *Umbilicaria proboscidea*, *Rhizocarpon* sp., 2 – *Gymnomitrium corallioides*, *Polytrichastrum alpinum*, 3 – *Bryocaulon divergens*, 4 – *Pseudephebe pubescens*, *Cetraria nigricans*, 5 – *Solorina crocea*, 6 – *Alectoria ochroleuca*, 7 – *Sphaerophorus globosus*, 8 – *Androsace ochotensis*, 9 – *Racomitrium lanuginosum*, 10 – cracks, 11 – spots of sandy loam and gravel; profile along line АБ: 12 – plates lying flat, 13 – plates overturned on edge, 14 – scree with gravel and sandy loam, 15 – lichens.

корочки *Pertusaria panyrga*². 3) **Разреженных группировок сосудистых растений центральной части пятна.** Здесь обычные одиночные особи *Androsace ochotensis*, крайне редко (на низких уровнях – 300–350 м над у. м. – где каменистый бордюр выражен очень слабо) можно встретить одиночные особи *Potentilla elegans* с лишайниками (асс. *Pseudephebe pubescentis*—*Bryocaulatum divergentis* вар. *typicum*).

Распределение растительности в каменных кольцах напрямую связано с характером залегания снежного покрова и степени подвижности каменисто-щебнистого материала. Зона «2» характеризуется относительным накоплением снега, который задерживается с внутренней стороны бордюра при ветрах ураганной силы, характерных для всего зимнего периода. При небольшой мощности снежного покрова в краевой части пятна (лимитируется высотой отдельных плит, обычно не возвышающихся более, чем на 40 см над поверхностью пятна), снег в силу большой высоты над уровнем моря сходит крайне медленно, и, тем самым, создается эффект нивальности. Кроме того, здесь сказывается и нагревание камней солнцем (Структура ..., 1995). Центральная часть пятна (зона «3») уже выходит из области ветровой тени, создаваемой плитняком, снега здесь меньше и сходит он гораздо быстрее. Эта часть пятна характеризуется и более активными подвижками грунта, препятствующими формированию сомкнутых лишайниково-печеночниковых ковриков. В зоне «1» характер освоения плитняка лишайниками во многом зависит от времени возникновения бордюра из плитняка и, в частности, от интенсивности процесса вымораживания отдельных плит. В свежих фрагментах каменного бордюра, которые хорошо фиксируются по наличию мелкозема на поверхности плит, лишайники отсутствуют. На плитняке, который находится в вертикальном положении не менее, чем в течение 3–4 лет (во всяком случае, в верхней части плит), всегда есть миниатюрные слоевища *Pseudephebe pubescens*, *P. minuscula*. На поверхности плитняка, вымороженного более 4 лет назад, формируются относительно крупные слоевища *Umbilicaria* sp., интенсивно нарастают кустики видов рода *Pseudephebe*. Латки кустистых лишайников также формируются на более старых плитах: в процессе вымораживания бортик из плитняка становится выше, в расселинах между отдельными плитами задерживается снег, что способствует

² В работе по классификации растительности (Холод, 2007) фрагменты подобных разреженных группировок не нашли отражения. Единицы классификации с преобладанием печеночниковых корочек и лишайников подробно освещены в работе Н.В. Матвеевой (2006), посвященной растительности о. Большевик.

интенсификации процессов выветривания, образованию щебня и дресвы и поселению лишайников.

СИНТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Многие морфометрические параметры формирующихся структурных грунтов влияют на характер поселяющейся здесь растительности. Синтаксономический спектр этих образований во многом зависит от гранулометрического состава, превышения площадки полигона над разделяющей ложбиной и ряда других. В условиях перераспределения тепла и влаги между элементами полигонов растительность исключительно чутко реагирует на смещения грунта, возникновение новых элементов рельефа, трещин и т. д. Важнейший показатель синтаксономического разнообразия структурных форм грунтов – число синтаксонов, связанных с тем или иным структурно-морфологическим типом. На этой основе можно делать вывод о своеобразной экологической емкости того или иного типа или широте его экологического диапазона³.

Рисунки 16, 17 и 18 позволяют отметить характер связи между диаметром полигона и гранулометрическим составом, диаметром полигона и абсолютной высотой над у. м., высотой площадки полигона над дерниной и его диаметром. В первом из этих случаев отмечена полиномиальная, в остальных – линейная зависимость ($R^2 = 0.8082, 0.7398, 0.5482$ соответственно). Средний диаметр полигонов возрастает при увеличении содержания щебнистой и каменистой фракций (рис. 16), то же самое происходит при увеличении абсолютной высоты над у. м. (рис. 17). В последнем случае, по-видимому, существенное значение имеет усиление жесткости погодно-климатических условий. На основе различающихся величин стандартной ошибки на рисунках 16 и 18 можно сделать вывод, что гранулометрический состав, диаметр полигонов и высота площадки полигона относительно дернины варьируют в больших пределах в разных структурно-морфологических типах.

Таблица позволяет заключить, что для разных типов характерно разное число синтаксонов. Наибольшее их число – 9 – отмечено для структурного типа 7 – сортированных щебнисто-суглинистых пятен-полигонов с пологой куполообразной поверхностью, а также для грунтов с высоким содержанием скелетной (хрящевато-щебнистой) фракции (типы 8 и 10). На рис. 16 видно, что наибольшим размахом

³ В процессе статистической обработки был исключен тип 2, носящий на острове Врангеля зачаточные формы; при исследовании взаимозависимости высоты площадки полигона и диаметра полигона был исключен тип 11, как не характерный для этой территории.

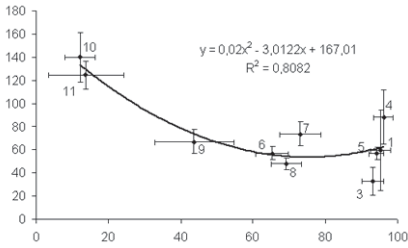


Рис. 16. Зависимость диаметра полигонов и пятен от гранулометрического состава.

По оси абсцисс – содержание частиц размером < 0.125 мм, % от объема, по оси ординат – диаметр полигонов (пятен), см. Цифры здесь и на рис. 17, 18 соответствуют номерам структурно-морфологических типов. Здесь и на рис. 18, 20, 21, 25, 28, 29 приведена стандартная ошибка (2Δ).

Fig. 16. Dependence of diameter of polygons on the granulometric composition.

Horizontal axe – the content of particles with a size < 0.125 mm, % by volume, vertical axe – di-iameter of polygons (spots), cm. Figures here and in fig 17, 18 correspond to numbers of structural-morphological types. Here and in fig. 18, 20, 21, 25, 28, 29 are the standart error (2Δ).

по градиенту гранулометрического состава характеризуются типы 7, 9 и 11 (значения 2Δ составляют 11.34 %, 22.14 % и 20.86 % соответственно). Для них характерно наличие на площадке полигона и его обрамлении разных фракций – каменисто-щебнистой, хрящеватой и пылевой. Для типов 9 и 10 установлен наибольший диапазон варьирования высоты площадки полигона: 8.20 и 6.04 см (рис. 18). Варьирование этого параметра

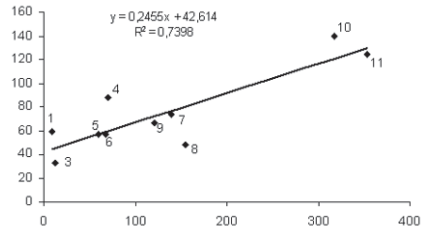


Рис. 17. Зависимость диаметра полигонов и пятен от абсолютной высоты над уровнем моря.

По оси абсцисс – абсолютная высота над уровнем моря, м, по оси ординат – диаметр полигонов (пятен), см.

Fig. 17. Dependence of diameter of polygons on altitude above sea level.

Horizontal axe – altitude above sea level, m, vertical axe – diameter of polygons (spots), cm.

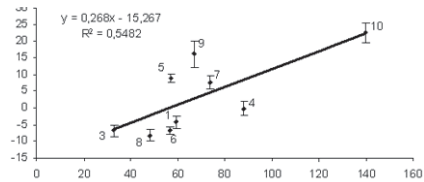


Рис. 18. Зависимость высоты площадки полигона над ложбиной от диаметра полигона.

По оси абсцисс – диаметр полигонов (пятен), см, по оси ординат – высота площадки полигона над ложбиной, см.

Fig. 18. Dependence of height of polygons above the trough on diameter of polygon.

Horizontal axe – diameter of polygons (spots), cm, vertical axe – height of polygon platform above hollow, cm.

весьма существенно для формирования той или иной растительности: разная высота полигона относительно ложбинки с растительностью определяет разные условия снегонакопления, увлажнения в разных частях полигона. Чем более контрастны условия на разных элементах полигона, тем выше вероятность того, что они будут нести разную растительность. Такая ситуация описана для структурно-морфологического типа 10. Наименьшее число синтаксонов – 1 – характерно для первых 4-х типов, где преобладают пылеватые фракции. Эти типы характеризуются крайне суженным диапазоном варьирования высоты площадки полигона над дерниной, не превышающим 3.88 см (тип 4: рис. 18). Для типа 5, где диапазон по гранулометрическому составу составляет всего 4.08 %, характерно 3 синтаксона (таблица). Причина этого – положение полигона относительно ложбины. Если в типах 1, 3 и 4 полигоны «утоплены» относительно верхнего уровня дернины, то для типа 5 – ситуация обратная. Здесь центральная часть полигона возвышается над ложбиной в среднем на 9 см (рис. 18), что определяет возможность интенсивного обдувания таких бугорков, и формирования здесь растительности, отличной от представленной в ложбинах (разные субассоциации и варианты асс. *Artemisia tilesii*—*Deschampsietum borealis*).

На рис. 17 видно, что наибольшим диаметром (на высотах 310–340 м над у. м.) характеризуются полигоны в структурно-морфологических типах 10 и 11. Можно ожидать, что увеличение диаметра полигонов влечет за собой и увеличение числа синтаксонов, связанных с этими полигонами: для этих типов оно составляет 6 и 2 соответственно. Этот фактор, как отмечено выше, связан с усилением жесткости погодно-климатических условий на высотах выше 300 м над у. м. Последнее обстоятельство, по-видимому, не является благоприятным для повышения синтаксономического разнообразия.

Рассмотренная выше категория синтаксономической емкости структурно-морфологического типа характеризует потенциальную возможность его освоения разными синтаксонами. В то же время можно отличать еще один показатель, характеризующий тип: это одновременное присутствие в его пределах нескольких синтаксонов. При этом можно различать число таких синтаксонов и степень их типологической контрастности. При просмотре таблицы возникает вопрос: где тот пороговый уровень, после которого пятнисто-полигональная отдельность осваивается несколькими синтаксонами? Выше, при описании разных структурно-морфологических типов, отмечено, что только в 3-х типах в освоении такой отдельности участвует более одного синтаксона: это типы 9, 10 и 11. В них проявляется наибольшая контраст-

Основные параметры структурных форм грунтов (пятна и полигоны) и их растительность

Структурно-морфологический тип	Гранулометрический состав	Степень сортированности	Форма (в плане) и размеры пятен или полигонов	Положение пятна относительно дернины	Трещины и их ширина, см	Синтаксоны
1	2	3	4	5	6	7
1	Тяжелые суглинки		Пятна неправильной формы, от 0,3 до 0,9 м	Погружено в дернину на 10-20 см	Редкие, мелкие, до 0,5 см или без них	асс. <i>Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitritetosum lanuginosi</i>
2	Тяжелые (средние) суглинки с примесью илов		Неясные 4-х или 5-6-угольные полигоны, сторона - 3,0-3,5 м	Основная часть полигона вровень с валликом или возвышается над ним на 5-10см	Регулярные, 20-25 см	асс. <i>Arctophiletum fulvae</i> вик. <i>Warnstorffia fluitans</i>
3		Несортированные	Пятна округлые или овальные от 0,25 до 0,40 м	Погружено в дернину на 10-20 см	Отсутствуют	асс. <i>Salici polaris—Sanionietum uncinatae</i>
4	Средние суглинки		Пятна неправильной формы от 0,6 до 1,2 м, вторичные полигоны неправильной формы	Ниже дернины на 8-10 см или вровень с дерниной	Нерегулярные, от 0,5 до 2,0 см	асс. <i>Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitritetosum lanuginosi</i>
5			Пятна-полигоны, 0,5-0,6 м, вторичные полигоны 0,25-0,40 м	Центральная часть пятна возвышается над ложбиной на 10 см	Регулярные, 8-10 см	асс. <i>Salici polaris—Sanionietum uncinatae</i> , асс. <i>Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>typicum</i> , <i>A. l.—D. b.</i> субасс. <i>salicetosum reptantis</i> вар. <i>inops</i>
6	Суглинки с дресвой (гравием)	Сортированные	Полигоны 0,5-0,6 м	Пятна и участки грунта ниже поверхности дернины на 5-8 см	Регулярные, до 1,0 см	асс. <i>Carici lugentis—Hylacomietum alaskani</i> вар. <i>typicum</i> , асс. <i>Cladino arbusculae—Luzuletum nivialis</i> , асс. <i>Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitritetosum lanuginosi</i> , асс. <i>Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae</i> фант. <i>typica</i>

1	2	3	4	5	6	7
7	Суглинки с щебнем		Пятна 0,6-0,8 м: овальные, серповидные и пр.	Центральная часть кулообразного пятна ровень с дерниной или несколько возвышается над ней	Нерегулярные, мелкие, 0,5-0,8 см	асс. <i>Carici lugentis</i> — <i>Hylacomietum alaskani</i> вар. <i>inops</i> , <i>C. l.</i> — <i>H. a.</i> вар. <i>typicum</i> , асс. <i>Salici polaris</i> — <i>Sanionietum uncinatae</i> , асс. <i>Oncophoro wahlenbergii</i> — <i>Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitritetosum lanuginosi</i> , асс. <i>Parryo nudicaulis</i> — <i>Dryadetum punct</i>
8	Суглинки с щебнем и хрящем (в равных соотношениях)		Пятна неправильной формы 0,4-0,5 м, мелкие полигоны 0,2 м	Мелкие пятна погружены в дернину на 10-15 см, центральные части крупных - вровень с дерниной	До 1,0 см, прикрыты сверху полосами щебня	асс. <i>Carici lugentis</i> — <i>Hylacomietum alaskani</i> вар. <i>inops</i> , асс. <i>Salici polaris</i> — <i>Sanionietum uncinatae</i> , асс. <i>Cladino arbusculae</i> — <i>Luzuletum nivale</i> , асс. <i>Oncophoro wahlenbergii</i> — <i>Deschampsietum borealis</i> субасс. <i>racomitritetosum lanuginosi</i> , асс. <i>Carici membranace</i>
9	Суглинки, щебень, мелкий плитняк		Полигоны-бугры, неправильные многогранные со стороной 0,6-0,8 м	Поверхность полигонов возвышается над ложбинкой-трещиной на 15 см	До 1,0 см только по дну ложбин, разделяющих полигоны	асс. <i>Parryo nudicaulis</i> — <i>Dryadetum punctatum</i> субасс. <i>typicum</i> , асс. <i>P. n.</i> — <i>D. p.</i> субасс. <i>salicetosum callicarpaee</i> , асс. <i>Pseudephebeo pubescentis</i> — <i>Bryocaulietum divergens</i> вар. <i>typicum</i> , асс. <i>Oxytropidi czukoitcae</i> — <i>Salicetum phlebotophyllae</i> вар. <i>ditricheto</i>
10	Щебень, мелкий плитняк, песок, суглинки	Сортированные	Полигоны, неправильные многогранные со стороной 1,2-1,6 м, с платформой-пятном	Превышение центральной части бугра над ложбинами от 25 до 45 см		асс. <i>Parryo nudicaulis</i> — <i>Dryadetum punctatum</i> субасс. <i>typicum</i> , асс. <i>Melanetio stygiae</i> — <i>Umbilicarium proboscideae</i> , асс. <i>Pseudephebeo pubescentis</i> — <i>Bryocaulietum divergens</i> вар. <i>typicum</i> , асс. <i>P. p.</i> — <i>B. d.</i> вар. <i>Poa malacantha</i> , асс. <i>Oxytropidi czukoitcae</i> — <i>Salicet</i>
11	Щебень, плитняк, глыбы, дресва, суглинки		Каменные котлы (кольца) с пятном 1,1-1,3 м	Полигон-пятно погружен относительно бордюра на 25-50 см	Варьируют по ширине от 2,0 до 5,0 см, отделяют полигоны от каменного бордюра	асс. <i>Melanetio stygiae</i> — <i>Umbilicarium proboscideae</i> , асс. <i>Pseudephebeo pubescentis</i> — <i>Bryocaulietum divergens</i> вар. <i>typicum</i>

ность водного и теплового режимов в разных элементах полигонов, а также – наибольшая степень дифференцированности гранулометрического состава. По всей видимости, показателем такой контрастности может служить степень типологической близости или, наоборот, удаленности синтаксонов, что отражено в их положении в иерархической системе. Исходя из этого, можно предположить, что наличие синтаксонов ранга субассоциации, относящихся к одной ассоциации, на разных элементах полигона будет характеризовать меньшую степень контрастности среды по сравнению с противоположным случаем, когда на этих элементах представлены 2 ассоциации, относящиеся, например, к одному союзу. При наличии на полигоне 2-х ассоциаций, относящихся к разным союзам, порядкам и т. д., такая контрастность будет проявляться еще более ярко. Отмеченные выше 3 структурно-морфологические типа позволяют сделать вывод о довольно высокой степени их типологической контрастности. Особенно это касается типов 9 и 10, где синтаксоны в пределах одного полигона отличаются на уровне классов (*Carici rupestris*—*Kobresietea bellardii* – *Loiseleuria*—*Vaccinietea* или *Loiseleuria*—*Vaccinietea* – *Rhizocarpetea geographici*). В типе 11 степень такой контрастности несколько ниже: здесь разные элементы полигонов осваиваются разными ассоциациями одного союза – *Umbilicarium cylindricae* (класс *Rhizocarpetea geographici*). Последний случай, вероятно, связан с довольно высокой степенью жесткости погодно-климатических условий на высотах, где формируются каменные кольца (ок. 350 м над у. м.). Здесь выпадают из растительного покрова сообщества с дриадой (*Dryas punctata*), резко сокращаются площади, занимаемые сообществами с *Salix phlebophylla* и в то же время значительно увеличивается экологическая амплитуда сообществ лишайников. Последнее отчасти обусловлено обилием каменисто-щебнистых субстратов, что и определяет наличие фрагментов лишайниковых сообществ, относящихся к ассоциациям одного союза, на разных элементах полигонов.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АМПЛИТУДА СИНТАКСОНА В СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПАХ

Если выше была рассмотрена связь растительности с мерзлотными формами рельефа через показатель емкости структурно-морфологических типов, то здесь рассмотрим обратную характеристику: возможность освоения каждым синтаксоном того или иного спектра структурно-морфологических типов. Эту характеристику можно рассматривать как широту экологической амплитуды синтаксона в отно-

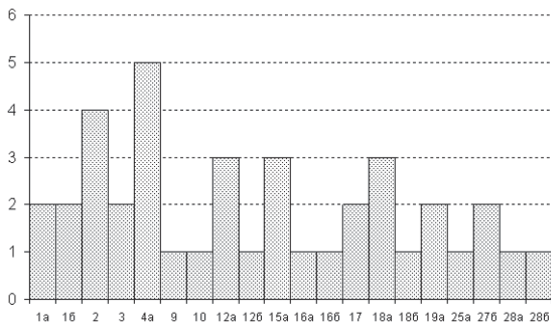


Fig. 19. Number of structural-morphological types occupied by different syntaxa.

Horizontal axe – numbers of syntaxa (here and in fig. 20, 21, 25, 28-30 are symbols of syntaxa that correspond to: Холод, 2007), vertical axe – number of structural-morphological types.

шении мерзлотных форм рельефа. Рисунок 19 дает представление о числе структурно-морфологических типов, осваиваемых разными синтаксонами, а рис. 20 и 21 – о положении синтаксонов в осях тех же факторов, что и при выявлении синтаксономической емкости разных структурно-морфологических типов. Как видно из последних двух ри-

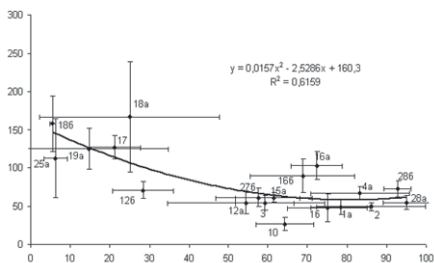


Рис. 20. Положение синтаксонов в осях гранулометрического состава и диаметра полигонов.

Обозначения на осях абсцисс и ординат – те же, что и на рис. 16.

Fig. 20. Syntaxa position in axes of granulometric composition and diameter of polygons.

The designations of the horizontal and vertical axes are the same as defined for Fig. 16.

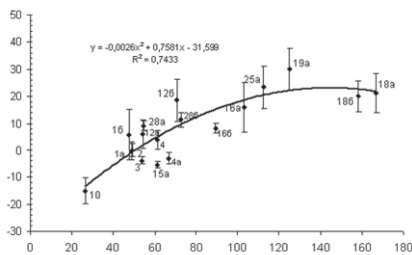


Рис. 21. Положение синтаксонов в пространстве факторов высоты полигона над ложбиной и диаметра полигонов.

Обозначения на осях абсцисс и ординат – те же, что и на рис. 18.

Fig. 21. Syntaxa position in axes of height of polygons above the trough and diameter of polygons.

The designations of the horizontal and vertical axes are the same as defined for Fig. 18.

сунков, в этих случаях выявляется полиномиальная зависимость. Для первой из этих диаграмм, где представлена зависимость диаметра полигона от гранулометрического состава ($R^2 = 0.6159$), можно отметить соответствие большей части синтаксонов структурным грунтам, сложенным пылеватыми фракциями (с содержанием их от 55 до 95 %) с относительно небольшим диаметром полигона (от 30 до 80 см). Меньшая часть синтаксонов находится в области с малым содержанием пылеватых, большим содержанием хрящевато-щепнистых фракций и с существенно большим диаметром полигона (от 120 до 160 см: рис. 20). Для случая зависимости высоты площадки полигона над дерниной от его диаметра ($R^2 = 0.7433$) подобных отчетливых групп не наблюдается. Анализ рис. 19 позволяет отметить, что наибольшее число структурных типов – 5 – осваивают сообщества асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* суббасс. *racomitrietosum lanuginosi*. На рис. 20 видно, что ареал этой ассоциации довольно сильно растянут по градиенту гранулометрического состава (диапазон ее – 24.92 %), причем – в правой части шкалы, соответствующей пылеватым фракциям. При сопоставлении рис. 20 и 16 видно, что эта ассоциация на оси гранулометрического состава соответствует нескольким структурно-морфологическим типам, ареалы которых приходятся на эту часть шкалы: это типы 1, 4, 6, 7, 8. В то же время, в этой части шкалы есть структурно-морфологические типы, которые не осваиваются этими синтаксонами, это, в частности, тип 5. Из рисунка 18 следует, что для этого типа характерно превышение центральной части полигона над ложбинкой на 9 см, а для типов 1, 4, 6, 8 – наоборот, обычные пятна, «утопленные» в дернину. Исходя из этого, можно предположить, что формирование моховых тундр (асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* суббасс. *racomitrietosum lanuginosi*) связано с высоким увлажнением верхних почвенных горизонтов. В типах 1, 4, 6, 8 это обусловлено высокой влагоудерживающей способностью тонкодисперсных грунтов (средние-тяжелые суглинки, а также глины). Если при этом структурно-морфологический тип 5 также формируется на тонкодисперсных грунтах (средние суглинки), то здесь создается другой режим увлажнения. Это связано с тем, что выпирание центральной части полигона способствует интенсивному сдуванию снега и иссушению грунта. При сопоставлении ареалов двух синтаксонов – вышеупомянутых моховых и дриадовых тундр (асс. *Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae* суббасс. *typicum*) – можно видеть, что последние также имеют большой диапазон по фактору гранулометрического состава – 39.8 % (рис. 20). Однако, число структурно-морфологических типов, осваиваемых

этими синтаксонами, меньше, чем для первого синтаксона, и равно 3. Сравнение диаграмм (рис. 20 и 16) позволяет увидеть, что крайне широкий ареал дриадовых тундр приходится на относительно разреженный отрезок соответствующего градиента: в пределах этого последнего осваивается тип 9 (особенно интенсивно). При этом типы 6 и 8, полностью «укладывающиеся» в ареал синтаксона, не осваиваются дриадовыми тундрами. Это связано с другой характеристикой мерзлотных форм рельефа – гипсометрическим положением площадки полигона относительно дернины. Если для типа 9 характерно выпирание платформы полигона над ложбиной в среднем на 16.13 см (рис. 18), то в типах 6 и 8 площадка погружена относительно уровня дернины на 6–8 см. Достаточно широкий диапазон по фактору гранулометрического состава наблюдается и у асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae* (27.4 %), ареал которой во многом совпадает с ареалом асс. *Oncophoro wahlenbergii*—*Deschampsietum borealis* субасс. *racomitrietosum lanuginosi*. В то же время сообщества этой ассоциации отмечены только в 3-х структурно-морфологических типах: 3, 5 и 7. Ивово-моховые тундры этой ассоциации особенно тесно связаны с типом 3, в котором моховая дернина образует валик между соседними пятнами-полигонами.

Большими диапазонами по градиенту гранулометрического состава характеризуются сообщества ассоциаций *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* и *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis* (22.73 % и 19.84 % соответственно: рис. 20), осваивающие по 3 и 2 структурно-морфологических типа с высоким содержанием щебнисто-каменистых фракций. Сообщества лишайников первого из вышеупомянутых синтаксонов приурочены к довольно широкому спектру подобных местоположений: латки лишайников можно встретить как на древесине и гравелистом песке платформы полигонов или каменных колец, так и на крупных обломках или плитняке, образующих бордюры вокруг полигона. Также довольно большой диапазон гранулометрического состава характерен для сообществ *Salix phlebophylla*. Шпалеры этой ивы предпочитают щебнистые грунты, хотя могут встречаться и на древесине (последнее характерно для краевых частей платформы полигона, где на поверхность выжимаются хрящевато-песчаные фракции грунта). Наименьшим содержанием пылеватых фракций и, соответственно, наибольшим – каменисто-щебнистых – характеризуются местоположения с сообществами ассоциаций *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum* и *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* (6.25 % и 5.50 %). Кроме того, для них отмечены крайне

незначительные диапазоны по этому фактору (2.99 % и 0.71 %). Сообщества или разреженные группировки, относящиеся к этим синтаксонам, встречаются только в одном структурно-морфологическом типе (10) – крупных щебнисто-каменистых буграх и полигонах. Рис. 20 позволяет сделать вывод, что ареалы синтаксонов по величине диаметра полигона образуют 2 группы. Одна из них, с малыми величинами разброса этой характеристики, связана с областью господства пылеватых фракций, другая, где такой разброс достигает высоких значений – с областью щебнисто-каменистых фракций. Наибольшее варьирование этого параметра отмечено в синтаксонах асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* (72.85 %), асс. *Saxifraga firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum* (51.95 %), а также асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *Poa malacantha* (36.65 %). Значительное варьирование диаметра полигонов, к которым приурочены сообщества этих синтаксонов, по-видимому, не отражается на их видовом составе. Безусловно, различия в диаметре полигонов связаны и с некоторыми различиями водного и теплового режимов, а также гранулометрического состава. Так, поверхности крупных полигонов в гораздо большей степени подвержены интенсивной ветровой коррозии и, следовательно, иссушению, чем мелких. На площадке первых всегда можно встретить фрагменты выжатого на поверхность песка и гравия. В то же время, диаметр полигонов не играет существенной роли в процессе освоения растительностью этих типов структурных грунтов. Сообщества вышеуказанных синтаксонов связаны, в основном, с определенными фракциями гранулометрического состава – щебнем и мелкими камнями. Последние, практически, всегда можно встретить на поверхности полигонов самого разного диаметра, причем, как по периферии площадки, так на бортике и в центральной части платформы.

С увеличением размера полигона происходит «выпирание» площадки над ложбиной и растительной дерниной в ней. Максимальное значение превышения высоты площадки (23–24 см) наблюдается при диаметре полигона ок. 140 см; при увеличении значений последнего до 160–165 см высота полигона несколько уменьшается (до 20–21 см) (рис. 21). Максимальные величины превышения площадки полигона характерны для местоположений, где формируются сообщества ассоциаций *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* (21.25 см) и вар. *Poa malacantha* (20.00 см), *Saxifraga firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum* (23.38 см), *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebohyllae* вар. *ditrichetosum flexicau-*

lis (30.00 см). Соответственно, минимальные величины характерны для местоположений с сообществами асс. *Carici membranaceae—Dryadetum integrifoliae*: в этом случае пятно «утоплено» относительно мохового валика на 14.94 см. Из приведенного рисунка видно, что с увеличением высоты полигона для ряда синтаксонов возрастает и разброс этой характеристики относительно среднего. Это особенно ярко проявляется для сообществ осоково-моховых (асс. *Carici lugentis—Hylacomietum alaskani* вар. *typicum* – 18.80 см) и дриадовых (ассоциации *Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis* вар. *typicum* – 18.52 см, *Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae* субасс. *salicetosum callicarpaeae* – 15.58 см) тундр, а также – для разреженных группировок на каменисто-щебнистых грунтах (ассоциации *Saxifrago firmae—Luzuletum confusae* субасс. *typicum* – 15.70 см, *Oxytropidi czukoticae—Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis* – 15.24 см, *Pseudephebeo pubescentis—Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* – 14.54 см). Из этих 6-ти синтаксонов сообщества осоково-моховых и ивовых (*Salix phlebophylla*) тундр осваивают каждый по 2 структурно-морфологических типа (6 и 7; 9 и 10 типы соответственно), а разреженные группировки лишайников – 3 типа (9, 10, 11). Сообщества со шпалерами ивы *Salix phlebophylla* и разреженные группировки лишайников связаны со щебнисто-каменистыми грунтами, которые довольно полно представлены в трех последних из рассмотренных структурно-морфологических типов. При этом превышение площадки полигона над дерниной в ложбине и высота бортика полигона не имеют существенного значения: так, лишайники поселяются как на полигонах, значительно выдающихся над дерниной (типы 9 и 10), так и довольно глубоко «погруженных» в обрамление из плитняка (тип 11). Относительно большой ареал осоково-моховых тундр по величине превышения пятна над дерниной связан с особенностями формы роста осоки *Carex lugens*. В большинстве случаев она образует довольно крупные кочки, которые занимают всю ложбину между полигонами, и часто – всю периферическую часть платформы, полого нисходящую к ложбине. Пятно в центральной части полигона оказывается в этом случае на одном уровне с верхней частью дернины, или даже «утопленным» в нее на несколько сантиметров (тип 6). Однако, часто встречается случай, когда в довольно глубоких ложбинах-бороздах склона формируются невысокие (8–10 см) кочки, либо (что бывает реже) осока представлена некочкообразующей формой. Тогда формируется другой структурно-морфологический тип, где пятно располагается выше уровня дернины (тип 7). Дриадовые шпалеры в сообществах соответствующих синтаксонов

приурочены, в основном, к бортикам полигонов, которые при значительном варьировании высоты «остаются» в пределах одного структурно-морфологического типа. Размеры шпалер варьируют довольно значительно, шпалера может занимать весь бортик или только часть его в зависимости от особенностей гранулометрического состава или снегонакопления.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕТЕЙ

Шаровидные или полушаровидные отдельности, встреченные на острове Врангеля, чаще всего обрастают шпалерой дриады *Dryas integrifolia* (рис. 22) (асс. *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica*). Многие кустарнички, образующие довольно плотную шпалеру, избегают условий глубокого снежного покрова и последующего интенсивного весеннего промачивания. Это хорошо видно по тому, что некоторые шпалеры (помимо вышеотмеченных видов, это *Dryas punctata*, *D. chamissonis*, *Salix phlebophylla*) очень часто образуют бугорковатые формы, что не всегда вызвано ее более интенсивным нарастанием в центральной части, а связано с формированием под ней небольшого минерального ядра. Более высокое гипсометрическое положение шпалеры по отношению к окружающим участкам, по-видимому, предохраняет ее от избыточного увлажнения весной, во время снеготаяния.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СТУПЕНЕЙ

Характерная растительность борта крупных ступеней – шпалеры *Dryas punctata* или *Salix phlebophylla* (ассоциации *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum* и *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis* соответственно) (рис. 23). Платформа полигона неоднородна в отношении растительности. Чаще всего на ней представлены одиночные особи *Oxytropis czukotica*, *O. wrangelii*, *Luzula confusa*, небольшие группы *Poa malacantha* (асс. *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum*) или латки лишайников *Bryocaulon divergens*, *Alectoria ochroleuca* (асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocaulum divergentis* var. *typicum*). В то же время, вследствие отмеченной выше пестроты гранулометрического состава сообщества не различаются на синтаксономическом уровне.

Для мелких ступеней характерно обрамление их шпалерой кустарничков, часто – со мхами. Обычны бортики, сложенные шпалерой *Salix rotundifolia* с *Tomentypnum nitens*, *S. phlebophylla*, *S. glauca* subsp. *callicarpaea*, *Dryas punctata*, *D. integrifolia* (ассоциации *Salici*

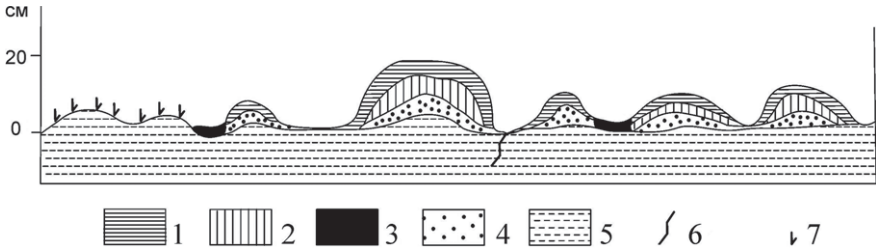


Рис. 22. Профиль на пробной площади бугорковатой дриадовой тундры.

1 – шпалера *Dryas integrifolia* с мелкими дерновинками мхов (*Hypnum revolutum*, *Ditrichum flexicaule*, *Distichium capillaceum*), 2 – грубый торф из побегов и корней дриады, 3 – мхи (*Tomentypnum nitens*, *Sanionia uncinata*, *Campylium stellatum*), 4 – опесчаненные суглинки с гумусовыми затеками, 5 – суглинки с примесью супеси, 6 – трещины, 7 – лишайники (*Lecanora epibryon*, *Rinodina roscida*, *Megaspora verrucosa*).

Fig. 22. Profile through plot of hummock tundra with *Dryas integrifolia*.

1 – prostrate shrubs of *Dryas integrifolia* with small mosses (*Hypnum revolutum*, *Ditrichum flexicaule*, *Distichium capillaceum*), 2 – rough turf of shoots and roots of *Dryas integrifolia*, 3 – mosses (*Tomentypnum nitens*, *Sanionia uncinata*, *Campylium stellatum*), 4 – sandy loams with gumus pockets, 5 – loams with sandy loam, 6 – cracks, 7 – lichens (*Lecanora epibryon*, *Rinodina roscida*, *Megaspora verrucosa*).

rotundifoliae—*Oxytropidetum wrangelii* фац. *Salix glauca* subsp. *callicarpaea*, *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* субасс. *oxytropidetosum wrangelii* и др.) (рис. 24). Иногда шпалера «выходит» с бортика и в краевой части ступени образует валик, возвышающийся над платформой ступени на 3–5 см. Ивово-моховые валики соседних ступеней иногда соединяются в сплошную цепочку поперек склона. Такие формы обрамления бортиков больше характерны для щебнистых разностей грунта. В случае преобладания суглинистой фракции часто вместе со шпалерой формируется моховая дерновина подушкообразной или бугорковой формы. На начальных этапах формирования ступеней в зонах стыка между «нависающими» друг над другом площадками поселяются мелкие дерновинки мхов *Tortella tortuosa*, *Distichium capillaceum*, *Dicranum spadicium*. Кроме кустарничков и мхов, для ступеней характерны и лишайники *Thamnolia vermicularis* s. l., *Lepraria neglecta*, *Lecidea ramulosa*, *Ochrolechia frigida*, *O. androgyna*. Они селятся на участках вдоль трещин, часто – в «тыловой» части платформы-ступени, примыкающей к бортику вышележащей ступени. Поселение растительности на бортиках ступеней является фактором, стабилизирующим делювиально-коллювиальные и солифлюкционные

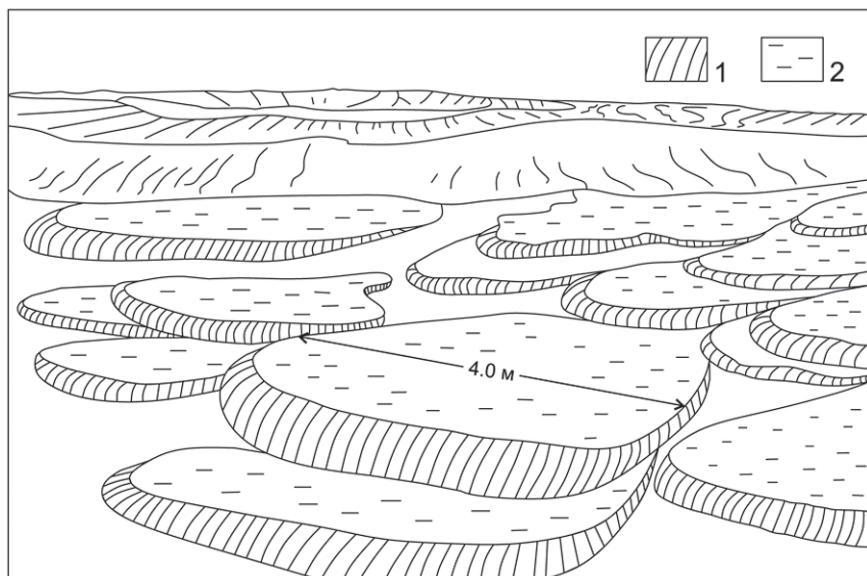


Рис. 23. Крупные ступени.

1 – борг с *Dryas punctata* и *Salix phlebophylla*, 2 – площадка (платформа) полигона с разнотравьем (*Oxytropis czukotica*, *O. wrangelii*, *Luzula confusa*) и лишайниками (*Bryocaulon divergens*, *Alectoria ochroleuca*).

Fig. 23. Big stages.

1 – stage board with *Dryas punctata* and *Salix phlebophylla*, 2 – polygon platform with grasses (*Oxytropis czukotica*, *O. wrangelii*, *Luzula confusa*) and lichens (*Bryocaulon divergens*, *Alectoria ochroleuca*).

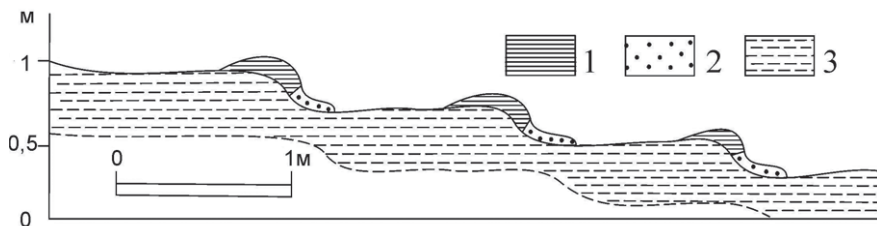


Рис. 24. Мелкие ступени.

1 – шпалера *Dryas punctata*, 2 – мхи (*Distichium capillaceum*, *Ditrichum flexicaule*, *Tortella tortuosa*, *Aulacomnium turgidum*), 3 – суглинки с щебнем.

Fig. 24. Small stages.

1 – prostrate shrubs of *Dryas punctata*, 2 – mosses (*Distichium capillaceum*, *Ditrichum flexicaule*, *Tortella tortuosa*, *Aulacomnium turgidum*), 3 – loams with gravel.

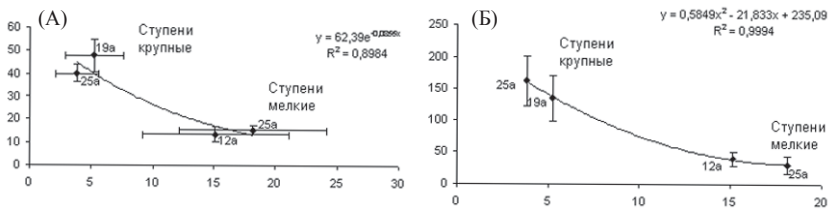


Рис. 25. Положение синтаксонов в осях морфометрических параметров ступеней: угла уклона склона и высоты бортика (А) и угла уклона склона и длины ступени по падению склона (Б).

По оси абсцисс – угол наклона склона, град. (А, Б), по оси ординат – высота бортика ступени, см (А), длина ступени, см (Б).

Fig. 25. Syntaxa position in axes of morphometrical parameters of stages.

А – of bias of slope and height of the board, Б – of bias of slope and stage length along slope.

Horizontal axe – bias of slope, degree (А, Б), vertical axe – height of the board, cm (А), stage length, cm (Б).

процессы. Передовой бортик ступени с кустарничково-моховой дерниной протаивает гораздо позже, чем поверхность площадки, что препятствует сползанию и стеканию суглинистого материала на более низкие уровни склонов. Таким образом, растительность в определенной степени является стабилизирующим фактором, вносящим особый вклад в морфометрические показатели ступеней: высоту бортика и протяженность верхней площадки. На рис. 25 а, б отражена зависимость этих параметров от угла уклона склона для сообществ разных синтаксонов, осваивающих эти формы криогенного рельефа. Анализ приведенных схем показывает, что ступени достаточно хорошо дифференцированы по их параметрам: крупные ступени формируются на склонах крутизной $3.83\text{--}5.23^\circ$, мелкие – в диапазоне $15.13\text{--}18.14^\circ$. С увеличением угла уклона уменьшается как высота бортика, разграничивающего соседние ступени, так и протяженность ступени по падению склона (или ее длина). Если высота бортика крупных ступеней варьирует в диапазоне $40.00\text{--}47.92$ см, а длина ступени – $134.85\text{--}161.67$ см, то для мелких эти диапазоны составляют $13.63\text{--}15.57$ см и $30.86\text{--}39.75$ см соответственно. Синтаксономический анализ обрамления ступеней показывает, что для крупных ступеней характерными являются ивовые (асс. *Oxytropidi czukoticae*—*Salicetum phlebophyllae* вар. *ditrichetosum flexicaulis*), а для мелких – дриадовые (асс. *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*) сообщества. Последние особенно характерны для мелких ступеней. Отмечены случаи, когда на соседних с подобными

участками секторов склона, где отсутствует дриада, пропадает и ясно выраженная ступенчатая структура. Высота бортика, составляющая 13–16 см, близка к среднему диаметру шпалеры дриады. Это также позволяет предположить, что шпалеры кустарничков вместе со мхами – это существенный фактор, определяющий как морфометрические характеристики ступеней, так и сам факт существования этих образований. В крупных ступенях ситуация несколько другая. Рыхлая шпалера ивы *Salix phlebophylla* далеко не всегда занимает весь бортик ступени: чаще всего она приурочена к верхней или средней его части. То же самое относится к микрогруппировкам сосудистых растений асс. *Saxifrago firmae—Luzuletum confusae* субасс. *typicum*, которые встречаются небольшими фрагментами на крутых бортиках крупных и мелких ступеней. По всей видимости, при формировании первых из них ведущим является тот же процесс, что и в структурно-морфологических типах 9 и 10, проявляющийся в образовании трещин усыхания, а затем – и морозобойных, на начальных стадиях не сопровождаемый поселением растительности. Растения осваивают уже сформировавшиеся элементы полигонального рельефа: бортик, периферию платформы и ложбину-понижение между полигонами. В мелких ступенях растительность участвует в их формировании с самого начала, поселяясь в зонах контакта между «нависающими» друг над другом ступенями, которые при развитии склоновых процессов оформляются в более или менее выраженные бортики. Так же, как и на высоту бортика, растительность влияет на длину площадки полигона: этот параметр, безусловно, связан с высотой задернованного бортика. В случае хорошо развитых ступеней можно видеть, как шпалера того или иного кустарничка облекает не только передовой, но и боковой бортик, серповидно «изогнутый» в направлении основного склона. Боковой бортик, как правило, до поверхности основного склона занят растительностью. О весьма существенной роли растительности в формировании мелких ступеней свидетельствует и крайне небольшая вариабельность значений средней высоты бортика и длины ступени. Для первого из этих параметров величина 2Δ составляет 6.28 см (асс. *Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*) и 3.70 см (асс. *Saxifrago firmae—Luzuletum confusae* субасс. *typicum*), для второго – 22.16 см (те же синтаксоны соответственно: рис. 25 а, б). Эти значения примерно в 2–3 раза меньше, чем для синтаксонов, связанных с крупными ступенями. Можно предположить, что высота бортика и длина ступени лимитируется и пределами варьирования размеров шпалер кустарничков. Безусловно, для некоторых из них такие пределы могут быть весьма большими. Так,

Т.Г. Полозова (1994) указывает, что размеры шпалер *Dryas integrifolia* могут достигать 120 см. В других случаях эта величина сокращается до 15–20 см. Можно предположить, что наиболее существенное значение для криогенного рельефообразования имеют достаточно плотные шпалеры, без частых просветов между побегами. Они в наибольшей степени способствуют теплоизолирующему эффекту и, следовательно, перераспределению тепла и влаги в грунтах под ними. Выше, при описании сетей, указывалось, что полушаровидные мелкоземистые бугры часто облекаются плотной шпалерой *Dryas integrifolia*. Последняя особенно характерна для бортиков мелких ступеней на участках выхода на поверхность карбонатных пород. Эти шпалеры в мелких ступенях, так же, как и в сетях, не достигают больших размеров: их поперечник не превышает 20–25 см, они довольно плотные, без просветов между соседними побегами. Все это позволяет подтвердить высказанное выше предположение, что биологические особенности кустарничков (в первую очередь, небольших шпалер дриады) способствуют криогенному рельефообразованию: формированию и закреплению в рельефе склонов мелких ступеней, каскадно нависающих друг над другом.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛОС

На пологих склонах (8–10°), сложенных некарбонатными породами, во влажных широких ложбинах чаще всего формируется осоково-моховая растительность (асс. *Meesio triquetris—Caricetum stantis* вик. *Warnstorfia sarmentosa*). В ряде случаев она является фоновой, особенно при наличии крупных снежников, находящихся гипсометрически выше, в юммовой зоне. Но даже в области развития пластового стока всегда обособляются более узкие и сухие полосы, которые хорошо фиксируются по наличию фрагментов осоково-моховых тундр (асс. *Carici lugentis—Hylocomietum alaskani* вар. *typicum* или асс. *Salici polaris—Sanionietum uncinatae*). На более приподнятых полосах чаще всего представлены фрагменты дриадовых тундр (асс. *Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*). Если какой-либо сектор предгорной равнины сложен, наряду со сланцами, также и песчаниками, то может образоваться и третий тип полос, с преобладанием щебнисто-каменистого материала. Наиболее часто встречающаяся здесь растительность – травяно-ивковые тундры асс. *Oxytropidi czukoticae—Salicetum phlebophyllae* субасс. *oxytropidetosum wrangelii*.

На поверхности осыпных склонов, крутизна которых достигает 35–40°, иногда возникает сортировка каменистого материала на полосы. Как правило, в них обильно представлены и пылеватые фракции.

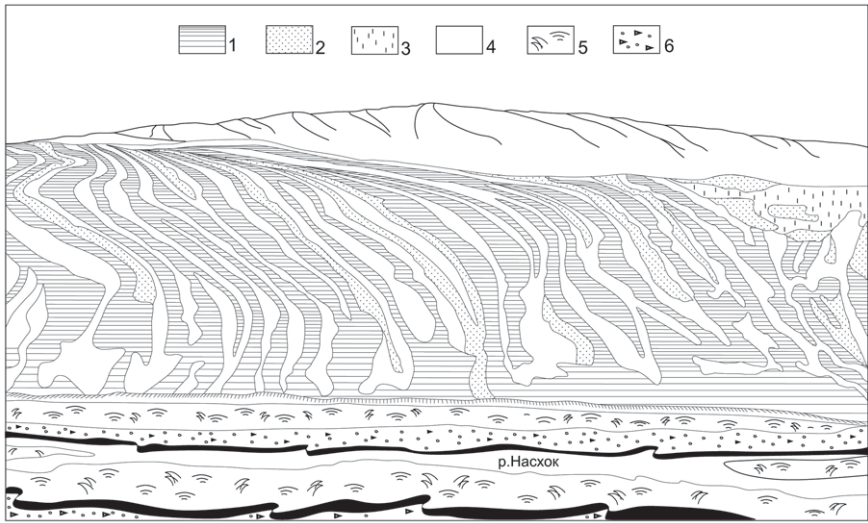


Рис. 26. Солифлюкционные полосы на склонах.

1 – *Saxifraga firma*, *Minuartia macrocarpa*, *Luzula conusa*, 2 – *Pseudephebe pubescens*, *Alectoria ochroleuca*, *Bryocaulon divergens*, 3 – *Umbilicaria proboscidea*, *Melanelia stygia*, 4 – полосы без растительности, 5 – осоково-моховые тундры на надпойменной террасе, 6 – разреженные группировки сосудистых на пойменной террасе.

Fig. 26. Solifluction stripes on slopes.

1 – *Saxifraga firma*, *Minuartia macrocarpa*, *Luzula conusa*, 2 – *Pseudephebe pubescens*, *Alectoria ochroleuca*, *Bryocaulon divergens*, 3 – *Umbilicaria proboscidea*, *Melanelia stygia*, 4 – strips without vegetation, 5 – sedge-mosses tundra in terrace above floodplain, 6 – aggregations of vascular plant in floodplain terrace.

Такие полосы на склонах могут иметь самую разную ширину – от 45–50 см до 150–180 см, но в пределах одного сектора склона ширина их довольно выдержана. Кроме того, характерна форма извилистых цепочек, что указывает на решающую роль солифлюкции в их образовании (рис. 26). Растительность этих форм чаще всего представлена разреженными группировками сосудистых растений (асс. *Saxifraga firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum*) и лишайников (асс. *Pseudephebe pubescentis*—*Bryocaulum divergentis* вар. *typicum*). В целом же можно отметить, что на склонах, сложенных некарбонатными отложениями, структурный тип полос крайне неустойчив. При небольшом изменении угла уклона полосы пропадают и на больших секторах шлейфов, шлейфо-террас и пологих склонов начинает господствовать «гомогенная» масса полигонов или пятен с разделяющими их ложбинками. При этом синтаксономический состав верхней и нижней части такого скло-

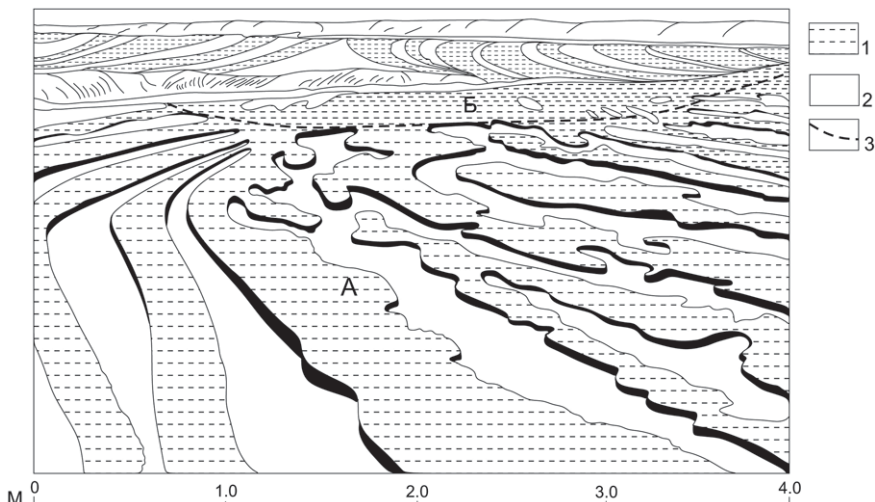


Рис. 27. Полосы на шлейфо-террасе.

1 – *Carex lugens*, *Hylocomium splendens* var. *alaskanum*, *Tomentypnum nitens*, 2 – *Salix reptans*, разнотравье, 3 – граница, отделяющая передовую часть шлейфа с хорошо выраженными полосами (А) от его основания с мелкими полигонами (Б).

Fig. 27. Stripes in accumulative slopes.

1 – *Carex lugens*, *Hylocomium splendens* var. *alaskanum*, *Tomentypnum nitens*, 2 – *Salix reptans*, grasses, 3 – boundary that separates the front part of accumulative slope with well defined strips (A) from its base with small polygons (B).

на-шлейфа не меняется: как правило, это осоково-моховые (асс. *Carici lugentis—Hylocomietum alaskani* var. *typicum*) или мохово-ивовые (асс. *Salici polaris—Sanionietum uncinatae*) тундры (рис. 27).

На карбонатных породах покрытие растительности может достигать 100 %, причем, основную долю покрытия (90 %) составляют мхи (*Tomentypnum nitens*, *Ditrichum flexicaule*, *Limprichtia cossonii*, *Distichium capillaceum*). Очень часто сухие полосы представляют собой цепочку из ступеней, площадки которых имеют более пологий угол падения, чем шлейф в целом. Соседние ступени отделены друг от друга или трещиной-ложбинкой или бортиком с узкой (5–12 см) полоской мхов, как правило, того же состава, что и в ложбинках, разделяющих полосы. Растительность сухих и влажных полос достаточно хорошо различается на уровне ассоциаций, либо субассоциаций и фаций. При этом возможно несколько синтаксономических комбинаций в зависимости от общего уровня увлажнения предгорного шлейфа. В случае более сухих шлейфов (снежник в верхней, юммовой части шлейфа отсутствует) на

сухих полосах обособляются разреженные группировки ассоциаций *Saxifrago oppositifoliae—Oxytropidetum gorodkovii* субасс. *typicum* или *Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis* var. *Salix rotundifolia*, а на влажных – ассоциаций *Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae* фац. *typica* или *Salici rotundifoliae—Oxytropidetum wrangelii* фац. *typica*. В случае более влажных шлейфов (снежник в верхней части шлейфа есть) на сухих полосах отмечены сообщества асс. *Saxifrago oppositifoliae—Oxytropidetum gorodkovii* субасс. *typicum*, а в ложбинках – асс. *Carici membranaceae—Dryadetum integrifoliae*. Ширина полос может значительно варьировать в зависимости от характера увлажнения грунтов на шлейфе. Так, на ксероморфных местоположениях ширина сухих полос может увеличиваться до 2.5–3.0 м, а ширина полос-ложбинок со мхами (относительно увлажнены весной) – оставаться в пределах 40–50 см.

Влажные полосы на выходах карбонатных грунтов шириной 3.0–4.0 м всегда заняты осоково-мохово-дриадовыми тундрами асс. *Carici membranaceae—Dryadetum integrifoliae*, на сухих же, шириной 4.0–5.0 м, обычны сообщества асс. *Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae* фац. *Arctagrostis arundinacea*. В рельефе сухой полосы отчетливо выделяется каскад мелких ступеней, передовой бортик которых обрамлен шпалерой *Dryas integrifolia*. На более пологих участках склона полоса представляет собой последовательность пятен-полигонов, разделяемых валиком из шпалер дриады, ивы (*Salix rotundifolia*) и нарастающих между ними мхов.

На рис. 28 отражено положение синтаксонов в осях двух факторов, определяющих возникновение полосчатых структур на склонах: содержания частиц размером менее 0.125 мм и угла уклона склона. Полученное на этой диаграмме распределение (полином второй степени: $R^2 = 0.5052$) подтверждает существующую в мерзлотоведении

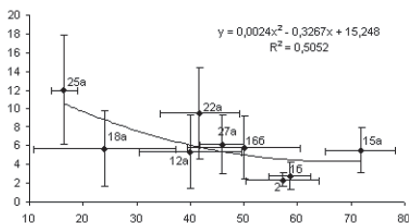


Рис. 28. Положение синтаксонов в осях гранулометрического состава полос и угла их уклона по склону.

По оси абсцисс – содержание частиц размером < 0.125 мм, % от объема, по оси ординат – угол наклона полос, град.

Fig. 28. Syntaxa position in axes of granulometric composition of stripes and their inclination angle along the slope.

Horizontal axe – the content of particles with a size < 0.125 mm, % by volume, vertical axe – bias of stripes, degree.

зависимость, в соответствии с которой, чем больше содержание в породе алевритистых фракций, тем меньший требуется угол наклона склона для образования полос (Уошборн, 1988). Так, содержания этих фракций в 55–60 % достаточно, чтобы на склоне крутизной 3.5–4.0° начали образовываться полосы, осваиваемые сообществами ассоциаций *Carici lugentis—Hylocomietum alaskani* вар. *typicum* и *Salici polaris—Sanionietum uncinatae*. В обоих случаях возникновение полос связано с солифлюкционным сползанием хрящевато-суглинистого материала вниз по склону и последующей его сортировкой. На более узких и ниже залегающих полосах весной дольше задерживается снег, что создает предпосылки формирования ивово-моховой или осоково-моховой дернины. В формировании растительности и хорошо выраженного гумусового горизонта в этих полосах определенную роль играют и талые воды, стекающие от вышерасположенных снежников. Минимальным содержанием пылеватых фракций характеризуются полосы, на которых обычны разреженные группировки ассоциаций *Pseudephebeo pubescentis—Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* (24 %) и *Saxifrago firmae—Luzuletum confusae* субасс. *typicum* (16.5 %). Средние углы уклона полос с сообществами этих синтаксонов составляют 5.7 и 12° соответственно.

При обсуждении вопросов, связанных с освоением растительностью того или иного типа полос, необходимо иметь в виду разную скорость движения материала в полосах, сложенных разными по гранулометрическому составу грунтами: более высокую – в полосах, сложенных пылеватыми фракциями, по сравнению со скоростью передвижения в щебнисто-каменистых образованиях. Исходя из этого, можно предположить, что для поселения растительности более благоприятен второй тип полос, где субстрат оказывается более устойчивым. Различия в скорости передвижения материала становятся особенно заметными при углах уклона более 10°. Мелкоземистые грунты на таких склонах приобретают свойства текучести. Это препятствует закреплению здесь растительности, в первую очередь, сосудистых растений, корневая система которых постоянно подвергается деформациям в условиях постоянно идущих перемещений масс мелкозема как вниз по склону, так и в стороны (результат пучения, бокового напора и др.).

Величины стандартной ошибки (рис. 28) позволяют сделать вывод, что ареалы синтаксонов характеризуются значительным варьированием как по показателю гранулометрического состава, так и угла уклона полос. Можно отметить исключительно широкий диапазон варьирования такого состава в лишайниковых (асс. *Pseudephebeo*

pubescentis—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* – 26.5 %) и дриадовых (ассоциации *Salici callicarpaeae*—*Dryadetum chamissonis* вар. *typicum* – 21.22 % и *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum* – 19.14 %) тундрах. Ареалы этих трех синтаксонов по разбросу значений гранулометрического состава охватывают большую часть соответствующей шкалы на рис. 28: это диапазон от 10 до 62 %. Ареалы многих синтаксонов перекрывают друг друга, поэтому, довольно трудно делать вывод о какой-либо связи сообществ с той или иной фракцией (кроме того, необходимо иметь в виду и фракционную пестроту каждой полосы). Также на рис. 28 хорошо заметно, что оптимумы и ареалы синтаксонов, связанные с карбонатными субстратами, тяготеют к правой части диаграммы, т.е. к тем полосам, где преобладают пылеватые фракции. Это отрезок оси абсцисс от значения в 41.75 %, соответствующего оптимуму асс. *Salici rotundifoliae*—*Oxytropidetum wrangelii* фац. *typica*, до значения 71.75 %, соответствующего асс. *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica*. При этом оптимум разреженных группировок асс. *Saxifrago oppositifoliae*—*Oxytropidetum gorodkovii* субасс. *typicum* (46 %), формирующихся на щебневатых карбонатных субстратах, оказывается правее (рис. 28), чем оптимум дриадовых тундр (40 %: асс. *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum*). Можно предположить, что на полосах, сложенных карбонатным материалом, весьма интенсивно протекает криолитогенез, конечный продукт которого – фракция крупной пыли (Васильевская, 1980). Эта фракция в достаточно большом объеме представлена во всех полосах, даже если они с поверхности сложены щебнем и мелким плитняком. Присутствие этой фракции определяет наличие на карбонатных полосах большого числа западин – «карманов», к которым приурочены многочисленные микрогруппировки (семиагрегации). Последние могут иметь крайне малые размеры – до 8–10 см в поперечнике. В составе таких микрогруппировок – мельчайшие шпалеры кустарничков *Dryas integrifolia*, *D. chamissonis*, *Salix rotundifolia* со мхами *Ditrichum flexicaule*, *Distichium capillaceum*, *Hypnum bambergeri*, *Syntrichia ruralis*.

Крайне широкий диапазон изменчивости угла уклона полос соответствует ассоциации *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum* ($2\Delta = 11.78^\circ$), *Salici rotundifoliae*—*Oxytropidetum wrangelii* фац. *typica* (9.84°), и *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum* (8.08°). На полосе, угол уклона которой изменяется в диапазоне ок. 10° , могут формироваться многие сообщества, относящиеся к одному синтаксону. Начало такой полосы можно

проследить на слабо покатой седловине, где уклон составляет 5–6°, а «теряется» она в верхней части склона, где уклон увеличивается до 15–17°. Безусловно, большими возможностями освоить целиком такую полосу обладают разреженные группировки сосудистых растений и лишайников. Для первого случая (асс. *Saxifrago firmae*—*Luzuletum confusae* субасс. *typicum*) угол уклона варьирует от 6.11 до 17.89°, для второго (асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocaulum divergentis* вар. *typicum*) – от 1.63 до 9.71°. В отличие от этих синтаксонов, сообщества зонального типа (асс. *Carici lugentis*—*Hylocomietum alaskani* вар. *typicum* и асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae*), с достаточно хорошо развитым ярусом мхов, осваивают только полосы с крайне невысоким перепадом угла уклона склона. При некотором пороговом значении этого параметра эти сообщества выпадают из состава полос. Несколько больший диапазон угла уклона полос (3.12–7.88°) характерен для сообществ дриадовых тундр (асс. *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica* – 4.76°) – зонального типа растительности на карбонатных породах. По всей видимости, это связано с исключительной вегетативной подвижностью дриады *Dryas integrifolia*, способной заселять относительно крутые участки склонов, бортики ступеней и т. д.

Все полосчатые формы грунтов значительно варьируют по форме и ширине. На рис. 29 представлена зависимость ширины полосы с растительностью от абсолютной высоты над у. м., носящая степенной характер ($R^2 = 0.5201$). Основная тенденция, которая здесь прослеживается – уменьшение ширины такой полосы при подъеме в горы. Если на высотах 140–150 м над у. м. эта величина в среднем составляет 150 см, то на высоте 260–270 м она уменьшается до 45–50 см. На всех высотных уровнях ширина и форма полос во многом корректируется стоковыми и делювиальными процессами. Если предгорная равнина, где формируются полосы, довольно интенсивно обводнена (при наличии снежников, залегающих гипсометрически выше), возникают це-

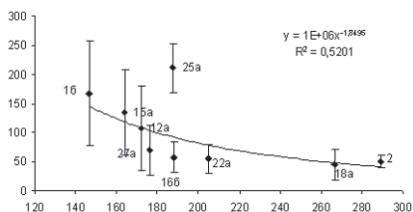


Рис. 29. Зависимость ширины полосы с растительностью от абсолютной высоты над у. м.

По оси абсцисс – абсолютная высота над уровнем моря, м, по оси ординат – ширина полосы с растительностью, см.

Fig. 29. Dependence of vegetation stripe width on altitude above sea level.

Horizontal axe – altitude above sea level, m, vertical axe – the width of strip with vegetation, cm.

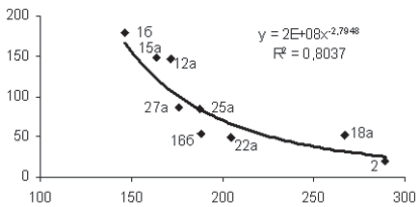


Рис. 30. Зависимость диапазона варьирования ширины полосы с растительностью от абсолютной высоты над у. м.

По оси абсцисс – абсолютная высота над уровнем моря, м, по оси ординат – диапазон варьирования ширины полосы с растительностью, см.

Fig. 30. Dependence of vegetation stripe width variation range on altitude above sea level.

Horizontal axe – altitude above sea level, m, vertical axe – range of variation of strip with vegetation, cm.

лые секторы стока, а ширина полос с указанной растительностью (в данном случае они – сухие) уменьшается. В противоположность этому, на сухих равнинах обводненные полосы встречаются реже, соответственно этому, несколько увеличивается и ширина полос с осоково-моховой дерниной. На высотах выше 250 м над у. м. существенное влияние на ширину полос оказывают коллювиальные процессы, при этом остается весьма важным параметр угла уклона склона. Полосы с лишайниковыми группировками (асс. *Pseudephebeo pubescentis*—*Bryocauletum divergentis* вар. *typicum*) и с ивово-моховой дерниной (асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae*) имеют примерно одинаковую ширину (45.0 – 50.33 см соответственно). Однако, если у первых ширина, как правило, корректируется коллювиальными процессами (на склонах крутизной более 6°), то у вторых она определяется криогенными процессами, сортировкой материала и т. д. Рисунок 29 позволяет отметить значительные различия в диапазонах варьирования ширины полосы растительности для разных синтаксонов, при этом с увеличением абсолютной высоты «размах» этого признака уменьшается. На рис. 30 представлена зависимость диапазона изменчивости ширины полосы с растительностью от абсолютной высоты над у. м. На основе этой диаграммы можно сделать вывод, что наибольшим размахом этого признака характеризуются полосы с растительностью, формирующиеся на небольших высотах (эта величина для ассоциаций *Carici lugentis*—*Hylocomietum alaskani* вар. *typicum* составляет 179.54 см, *Oxytropidi wrangelii*—*Dryadetum integrifoliae* фац. *typica* – 147.98 см, *Parryo nudicaulis*—*Dryadetum punctatae* субасс. *typicum* – 146.9 см). В то же время диапазон ширины полосы с растительностью в сообществах асс. *Salici polaris*—*Sanionietum uncinatae* на высотах 280–290 м равен всего 20.26 см. Это значение представляется возможным сопоставить с диапазоном изменения диаметра пятнистых образований, в

которых единственным является именно этот синтаксон (структурно-морфологический тип 3) (рис. 20). Диапазон значений диаметра полигона в этом случае составляет 5.04 см и он является наименьшим среди всей совокупности синтаксонов, связанных с теми или иными структурно-морфологическими типами. Эти данные в целом подтверждают высказанный выше тезис о том, что полосы генетически тесно связаны с определенным типом структурных грунтов (т. е. пятен и полигонов). Можно провести параллель между полосами с растительностью и ложбинками между полигонами – с одной стороны, и между полосами без растительности и площадкой полигона (или пятном) – с другой. В обоих случаях морфометрические параметры определяются криогенными процессами, приводящими к перемещению грунтовых масс под воздействием криостатического давления и пр. Растительность при этом локализуется на участках, в меньшей степени подверженных таким перемещениям: в полигональных образованиях это – ложбинки между полигонами, в полосах – те из них, где больше участие пылеватых фракций (вследствие отмеченных выше различий в скоростях движения материала).

Характерной особенностью полос является их раздробленность на пятнисто-полигональные отдельные, при этом полоса представляет собой каскад «нависающих» одна над другой ступеней, отделенных бортиком (в случае более крутого склона) или ложбиной (в случае более пологого). Причина формирования ступенчатого типа полос – развитие солифлюкции преимущественно по криповому типу, относительно «зрелый» возраст делювиально-солифлюкционных образований, невысокая скорость передвижения каменистого и суглинистого материала в разных полосах, что в целом предопределяет возможность заложения и углубления в таких полосах многочисленных поперечных трещин и образования в них тонких полосок растительности.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БАЙДЖАРАХОВ

Разные элементы байджарахов осваиваются либо одной, либо несколькими разностями растительности. Это зависит прежде всего от стадии развития байджараха («зрелости») (Наумова и др., 1987)⁴.

⁴ Указанная работа посвящена вопросам симфитосоциологии и классификации территориальных образований растительного покрова. Растительность байджарахов в ней использована как пример конкретных типов территориальных единиц (сигмет). Мы воспользовались приводимой в этой работе структурой байджарахов для уяснения вопросов формирования растительности в пределах этой формы мерзлотного рельефа.

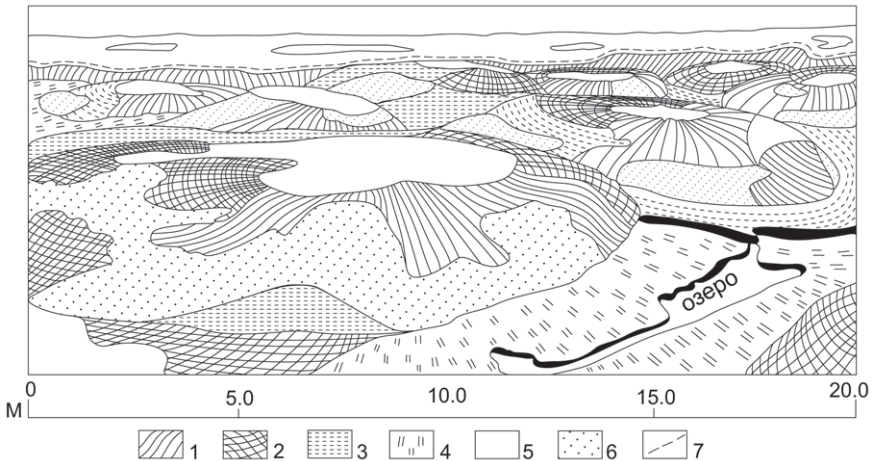


Рис. 31. Байджарахи в краевой, разрушающейся части водораздела.

Растительность разных элементов байджарахов: 1 – *Calamagrostis holmii*, *Poa arctica*, *Polytrichastrum alpinum*, *Pogonatum dentatum* («лицо», верхняя часть), 2 – *Racomitrium afontinae*, *Dicranoweisia crispula* («затылок»), 3 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Deschampsia borealis*, *Racomitrium afontinae* (межбугровые понижения, более высокие гипсометрические уровни), 4 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Petasites frigidus* (межбугровые понижения, более низкие гипсометрические уровни), 5 – *Luzula confusa*, *Saxifraga firma*, *Bryocaulon divergens*, *Alectoria nigricans* («макушка»), *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, *Polytrichastrum alpinum* («лицо», нижняя часть), 7 – краевая часть неразрушенного водораздела.

Fig. 31. Baydzharahs at the edge, erosional part of the watershed.

Vegetation of different elements of baydzharahs: 1 – *Calamagrostis holmii*, *Poa arctica*, *Polytrichastrum alpinum*, *Pogonatum dentatum* (upper part), 2 – *Racomitrium afontinae*, *Dicranoweisia crispula* (back part), 3 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Deschampsia borealis*, *Racomitrium afontinae* (depressions between hummocks, higher gipsometrical levels), 4 – *Oncophorus wahlenbergii*, *Petasites frigidus* (depressions between hummocks, lower gipsometrical levels), 5 – *Luzula confusa*, *Saxifraga firma*, *Bryocaulon divergens*, *Alectoria nigricans* (top), *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, *Polytrichastrum alpinum* (lower part), 7 – non-erosional edge part of watershed.

Эволюция таких форм идет от более крупных, имеющих угловатые формы, к мелким, сглаженным буграм, округлым в плане. На рис. 31 отражена стадия молодых байджарахов. Здесь различается растительность «лица», представленная политрихово-злаковым покровом из *Calamagrostis holmii*, *Poa arctica*, *Alopecurus alpinus* subsp. *borealis*, *Polytrichastrum alpinum*, *Pogonatum dentatum* с примесью *Luzula confusa*, *L. nivalis*, *Saxifraga foliolosa*, *Potentilla hyparctica*⁵. «Макушка» такого бугра представлена редкими особями *Luzula confusa* и *Saxi-*

⁵ Данная растительность не классифицирована, поскольку встречена и описана всего 2 раза.

fraga firma и такими же редкими слоевищами *Bryocaulon divergens*, *Alectoria nigricans* (асс. *Saxifraga firmae—Luzuletum confusae* субасс. **typicum**). Склон байджараха, обращенный к водоразделу («затылок») представлен разностью первого типа с фрагментами моховых ковров из *Racomitrium afontinae* и *Dicranoweisia crispula* (асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* субасс. **racomitrietosum lanuginosi**). В ложбинах между коврами также формируются моховые ковры, но с заметной ролью *Petasites frigidus*, побеги которой можно отметить на всех участках, свободных от мхов (асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* субасс. **petasitetosum frigidum**). На стадии зрелых байджарахов синтаксономическое разнообразие бугров существенно меньше. Как правило, вся эта форма рельефа занята разреженными группировками сосудистых растений (*Artemisia tilesii*, *A. arctica* subsp. *ehrendorferi*, *Potentilla hyparctica*), принадлежащих одной разности – асс. *Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis* субасс. **typicum**). Высота такого бугра не превышает 60–70 см. Для его поверхности характерна ярко выраженная комковатая структура и наличие большого количества лемминговых нор. Очень часто можно встретить одиночные бугры в краевой части водораздела, отступающего в результате попятной эрозии. В низине, которая окружает такой бугор, встречаются фрагменты сомкнутой растительности, в частности, это ивово-моховые коврики из *Distichium inclinatum*, *Ditrichum flexicaule*, *Syntrichia ruralis*, *Salix rotundifolia* (асс. *Salici rotundifoliae—Oxytropidetum wrangelii* фац. **typica**), либо – фрагменты моховой растительности асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* субасс. **racomitrietosum lanuginosi**). Флористический состав элементов байджарахов мало отличается от состава примыкающих участков водоразделов и террас, а элементам этого типа мерзлотного рельефа не свойственна какая-либо специфическая флора (Сумина, 1976). Отмеченная выше принадлежность растительности зрелых бугров к асс. *Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis* субасс. **typicum** определяется нахождением их в краевой части водоразделов Тундры Академии, на которых сообщества этой ассоциации занимают большие площади. Обращает на себя внимание то, что во флористическом составе сообществ, формирующихся на «лице» байджараха, довольно много видов, общих с сообществами асс. *Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis* субасс. **typicum**. Это ряд злаков и мхов, отмеченных выше. Вполне вероятно, что сообщества байджарахов представляют собой один из вариантов указанного синтаксона, однако, данное предположение требует специального синтаксономического исследования.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕРНО-БУГОРКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Мелководье большинства озер занято мохово-злаковой растительностью (асс. *Arctophiletum fulvae* вик. *Warnstorfia fluitans*). Как правило, уровень стояния воды в таком озере непостоянен в течение лета и в разные годы. Он располагается высоко в годы с теплым летом и предшествовавшей ему многоснежной зимой. В этом случае протавивание слоя мерзлоты под озером и по периферии озерной котловины происходит особенно интенсивно. Часто можно видеть, как вода озера подходит вплотную к коренному берегу водораздела: в этом случае береговая эрозия протекает весьма интенсивно, блоки суглинка (часто – с растительностью) обваливаются непосредственно в воду. Над уровнем воды можно отметить только крупные шарообразные соцветия *Tephrosia palustris*, редкие листья и метелки злаков *Arctophila fulva*, *Dupontia fisheri*, *Pleuropogon sabinii*. В более холодные и малоснежные годы протайка идет медленно, озерная котловина наполняется водой лишь частично, периферия озера остается сухой. В этом случае в полосе осушения можно видеть коврики мхов *Warnstorfia exannulata*, *W. sarmentosa*, *Calliergon richardsonii* и некоторых других (асс. *Arctophiletum fulvae* вик. *Warnstorfia fluitans*). В небольших протоках между соседними озерами обычны фрагменты моховых ковриков (*Limprichtia revolvens*, *Meesia triquetra*) с *Dupontia fisheri* (асс. *Meesio triquetris*—*Caricetum stantis* вик. *Warnstorfia sarmentosa*). Часто к таким протокам примыкают полосы илистых грунтов с мхами *Ditrichum flexicaule*, *Oncophorus wahlenbergii*, печеночником *Ptilidium ciliare*, при высоком обилии *Petasites frigidus* (асс. *Oncophoro wahlenbergii*—*Deschampsietum borealis* субасс. *petasitetosum frigidum*). На более высоких гипсометрических уровнях становится несколько суше: это обычно средние и верхние уровни перемычек-«материков», разделяющих соседние небольшие котловины. На средних уровнях обычны крупные моховые ковры из *Oncophorus wahlenbergii*, *Kiaeria glacialis*, *Racomitrium afoninae*, *Aulacomnium turgidum*, в разрывах этого ковра – крупные дернины щучки *Deschampsia borealis* (асс. *Oncophoro wahlenbergii*—*Deschampsietum borealis* субасс. *racomitrietosum lanuginosi*). Верхушки таких перемычек – это наиболее сухие местоположения, где в составе грунтов наряду с суглинками всегда присутствует дресва и крупный песок. На этих участках формируются сообщества или разреженные группировки асс. *Cladino arbusculae*—*Luzuletum nivalis*, в которых, наряду с *Luzula confusa*, значительное участие принимают лишайники *Sphaerophorus globosus*, *Alectoria nigricans*, *Cladina arbuscula*, *Bryocaulon divergens* и др. В озерных котловинах обычны торфяные бугры, верхний уровень кото-

рых находится выше плоских вершук «материков». Вследствие этого бугры подвергаются мощной ветровой эрозии; за 2–3 зимы торфяной горизонт разрушается и под ним обнажается минеральный грунт (Холод, 2007). Вышеописанная последовательность синтаксонов представляет своеобразный топо-экологический ряд, в котором ведущим является градиент почвенного увлажнения – от периодически обводненных к сухим местоположениям. Эта же последовательность соответствует и смене гранулометрического состава грунтов – от илистого на мелководье термокарстовых озер до среднесуглинистого с хрящом на верхних уровнях перемычек.

Звенья топо-экологического ряда, занимающие гипсометрически низкие уровни – это синтаксоны класса *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*, отражающие условия достаточно высокого почвенного увлажнения. Синтаксоны, характеризующие высокие уровни «материков», относятся к классу тундровой растительности⁶, а в его рамках – к порядку *Salicetalia polaris*, растительность которого отражает зональные условия. Переходный уровень байджараха (между ложбинами и верхним уровнем перемычек) занят нардосмиево-моховыми сообществами (асс. *Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis* субасс. *petasitetosum frigidum*), которые, с одной стороны, относятся к зональной растительности, а с другой – по экологическим свойствам местоположений – тяготеют к сообществам класса *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*.

СОПРЯЖЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ГРУНТОВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Подводя итог рассмотрению взаимосвязи мерзлотных форм рельефа и растительности, можно отметить яркую контрастность водного и теплового режимов в разных элементах каждой такой формы. Выше нами отмечено, что подобная контрастность приводит и к соответствующей гетерогенности растительного покрова. Особенно ярко неоднородность сообществ проявляется в основных формах структурных грунтов – пятнах и полигонах. Необходимо отметить, что роль самой растительности в мерзлотных процессах, приводящих к формированию тех или иных форм структурных грунтов, не до конца выяснена. Принимая во внимание то, что в отечественном тундроведении высказывались разные точки зрения на происхождение пятнистых тундр и на роль растительности в этом процессе (Городков, 1958; Говорухин,

⁶ В созданной для острова Врангеля классификации растительности (Холод, 2007) этот класс не получил названия. Для его валидного описания необходимо обобщение большого материала, накопленного к настоящему времени по растительности всей Арктики.

1960; Ливеровский, 1934; Игнатенко, Норин, 1969; Тыртиков, 1979), мы остановимся на гипотезе полигенетического происхождения пятен, определяемого разными условиями. Этому во многом способствует яркая контрастность природных условий острова, в которых формируются пятнисто-полигональные отдельности с большим диапазоном морфометрических и других характеристик. Различия между многообразными пятнистыми и полигональными образованиями связаны с их происхождением: способом заложения разделяющих трещин, характером передвижения материала внутри пятна-полигона и др. Считается, что в происхождении большинства полигонов основным является процесс растрескивания, которое может инициироваться морозобойными процессами, иссушением и некоторыми другими (Уошборн, 1988). В связи с этим интересно, что классические полигональные формы были впервые описаны для более южных подзон тундровой зоны (Гусев, 1938) и получили название полигонов-тетрагонов. В формировании последних решающую роль играет заложение крупных морозобойных трещин, со временем эволюционирующих в ледяные жилы. По мнению И.В. Игнатенко (Геофизика ..., 1987), факторами пятнообразования являются «морозное кипение», морозобойное растрескивание грунтов, коррозия дернины, солифлюкция, смыв и дефляция мелкозема. Важным фактором, определяющим полигенетичность процесса пятнообразования в подзоне арктических тундр, является сохранение в профиле почв под пятном тех признаков, которые характерны для почв задернованных участков. В связи с этим получило развитие представление об остаточных почвах пятен и цикличности пятнообразования (Караваева, Полтева, 1969; Игнатенко, 1996). И.В. Игнатенко (1996) большинство форм структурных грунтов острова Врангеля отнес к категории «пятнисто-трещиноватых тундр», как наиболее отвечающих сути происходящих в них процессов. Этот автор не делил подобные образования на пятна и полигоны, вероятно в связи с тем, что в условиях крайне низких зимних температур, близкого залегания мерзлоты и относительной сухости грунтов формирование их происходит по пути преимущественного заложения мелких трещин.

Как известно, Б.Н. Городков, изучавший процесс пятнообразования на островах Котельном (1952) и Врангеля (1958а), выдвинул денудационную гипотезу происхождения пятен в подзоне арктических тундр. В соответствии с этой гипотезой, пятна возникают вследствие мощной ветровой эрозии растительности на приподымающихся под воздействием процессов пучения бугорках. И.В. Игнатенко (Геофизика ..., 1987) развивает эту гипотезу, полагая, что растительная дернина

центральной части пятна или полигона разрушается в результате действия процессов морозного кипения, а затем сползает в направлении уклона бугорка в трещины, где образует валики. Сеть растительности или рамковая растительность, в соответствии с данными гипотезами, представляется вторичным явлением, возникшим в результате механического сдвигания дернины вместе с органогенным горизонтом к периферической части пятна.

Наши наблюдения на острове Врангеля позволяют высказать ряд положений о характере пятнообразования и роли в нем растительности.

Во многих случаях в основе пятнообразования лежит первичное растрескивание грунтов, происходящее без участия растительности. На первично оголенных грунтах происходит заложение трещин, из которых бóльшую роль играют трещины усыхания, и меньшую – морозобойные. По мнению А.И. Попова (1967), именно трещины усыхания являются основой последующего формирования полигональной сети и сортировки материала. Образуется полигональная сеть с 5- или 6-угольными ячейками, разделенными тонкими трещинками. Такие участки в современном рельефе острова Врангеля можно наблюдать на низкой морской террасе в северной части острова, на днищах спущенных термокарстовых озер, в нижних частях предгорных равнин (шлейфов) на участках проявления желифлюкции, в краевых частях высоких пойменных террас, на пролювиальных шлейфах. Трещины разной ширины сопровождают начальные этапы пятнообразования на грунтах разного состава, что следует из таблицы, а также из рис. 4–6, 8, 9. При этом участки первичного трещинообразования занимают крайне небольшие площади: полоса первично оголенных суглинков может тянуться вдоль края речной террасы на 80–100 м, при ее ширине не более 15–20 м. В таких случаях хорошо видна размытость границы такого участка с окружающей тундрой, примыкающей со стороны водораздела. В этой экотонной полосе можно проследить все стадии поселения растительности по трещинкам, а также процесс углубления, разрушения и зарастания этих последних. Во внутригорных долинах острова такие участки грунта довольно быстро осваиваются растительностью. Пятна здесь – мелкие, неправильной формы, во многих местах «перетянутые» полосками растительности. На приморских равнинах ситуация несколько другая: пятна здесь более крупные, с достаточно отчетливой границей с окружающей растительностью, правильной формы. Растительность, как правило, «убрана» в ложбинки, хорошо проявляется эффект «рамковой» растительности (Тыртиков, 1979). Первичный характер трещин усыхания, вероятно, присущ и

склонам крутизной до 15–20°. Наши наблюдения позволяют заключить, что только после того, как образовались трещины, вытянутые по падению склона, или произошла сортировка материала, приведшая к образованию двух типов полос, начинается процесс заселения одного из них растительностью. Описанный нами характер освоения растительностью первично оголенных грунтов близок к аппликатному типу пятнообразования (Говорухин, 1960), при котором растительность «наследует» уже сложившуюся полигональную сеть грунтов. Кроме того, в условиях относительно сухих, малольдистых, насыщенных основаниями кальция грунтов первичное растрескивание этих последних происходит исключительно путем заложения трещин усыхания. Безусловно, в процессе последующей эволюции трещины вполне возможно и участие морозобойных процессов: при попадании в трещины снега и воды неизбежно ее расширение. Рисунок пятнисто-полигональных отдельностей во многом определяется климатическими условиями: в более жестких условиях форма пятнистой отдельности приближается к полигональной (5–6-угольной), в более умеренных она носит неясно-округлый, неправильный характер. При этом с усилением жесткости климатических условий уменьшается ширина полосы растительности, разделяющей соседние пятна-полигоны, и одновременно увеличивается поперечник пятен-полигонов, где представлены отдельные особи растений (тот или иной тип разреженных группировок) или растительности нет вовсе.

На начальных стадиях формирования трещин растительность представлена узкими полосками мхов, небольшими шпалерами кустарничков и другими группами растений. На этих участках может проявляться и морозобойное растрескивание, в результате чего трещина будет расширяться, здесь будет задерживаться снег, а, значит, будут постоянно воспроизводиться условия существования растительности. В конечном счете, это способствует и образованию гумусового горизонта, но без процессов оглеения и торфонакопления, которые более характерны для пятен подзоны типичных и кустарниковых тундр. Центральная часть пятна в процессе формирования рамковой растительности остается первично оголенной, либо она в очень слабой степени заселена одиночными особями сосудистых или миниатюрными дерновинками мхов. После формирования рамковой растительности происходит выпирание центральной части полигона. Оно сопровождается разрушением структуры грунтов, ветровой эрозией и механическим сдвиганием к ложбинке дерновинки мхов и отдельных особей высших растений. Но полосы и валики по трещинам и ложбинкам между по-

лигонами образуются не ими, а первично сформировавшейся здесь растительностью. Эти полосы в минимальной степени подвержены процессам пучения: последние характерны только для участков между полосами растительности, где грунт испытывает осенью сильнейшее боковое давление со стороны ложбин. Таким образом, денудация только в минимальной степени «ответственна» за создание пятнистых или пятнисто-трещиноватых тундр: ветровая эрозия уничтожает только крайне редкую и скудную растительность центральной части пятен-полигонов и оставляет, практически, нетронутой растительность ложбин и трещин, находящихся в ветровой тени. Выше нами отмечен сукцессионный характер растительности в ряде типов пятнистых тундр острова. Циклическому процессу «пятно – дернина» способствуют процессы солифлюкции, приводящие к сдвиганию всей надмерзлотной щебнисто-мелкоземистой толщи вниз по склону, нарушению сложившейся структуры пятнисто-трещиноватых отдельностей, заплыванию отдельных трещин и образованию новых. Именно в процессе солифлюкции возможно поднятие отдельных участков с дерниной на более высокие гипсометрические уровни и последующая их денудация. Параллельно с этим происходит и формирование погребенных горизонтов дернины и гумуса, что отражено в наличии упомянутых выше остаточных почв пятен. Однако, в целом, на протяженных предгорных равнинах, пологих шлейфах и других элементах рельефа, где формируются пятнисто-трещиноватые типы тундр, роль денудации в происхождении пятнистых тундр сведена к минимуму. На большинстве рассмотренных нами энтопиев пятнообразование протекает вышеотмеченным способом: заложение трещин на первично оголенных субстратах, формирование рамковой растительности по трещинам, выпирание центральной части пятна, практически, лишенной растительности. Можно предположить возможность длительного функционирования системы «дернина-пятно», в которой пятнистая отдельность испытывает сезонные процессы пучения и проседания, при остающейся довольно стабильной растительности в трещинах и ложбинах между пятнами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН: «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

ЛИТЕРАТУРА

- Васильевская В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М.: Наука, 1980. 236 с.
- Геофизика и антропогенные изменения ландшафтов Чукотки. М.: Наука, 1987. 272 с.
- Говорухин В.С. Пятнистые тундры и пликативные почвы Севера (К 50-летию теории пятнистых тундр В. Н. Сукачева) // Землеведение. 1960. № 5. С. 123-144.
- Городков Б.Н. Растительность тундровой зоны СССР. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1935. 142 с.
- Городков Б.Н. Растительность и почвы о. Котельного (Новосибирский архипелаг) // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Вып. 2. С. 7–132.
- Городков Б.Н. Почвенно-растительный покров острова Врангеля // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1958а. Вып. 3. С. 5–58.
- Городков Б.Н. Анализ растительности зоны арктических пустынь на примере острова Врангеля // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.,Л.: Изд-во АН СССР, 1958б. Вып. 3. С. 59–94.
- Гусев А.И. Тетрагональные грунты в арктической тундре // Изв. Гос. геогр. об-ва. 1938. Т. 70. № 3. С. 39–47.
- Достовалов Б.Н., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. М.: Изд-во МГУ, 1967. 403 с.
- Дрейпер Н.Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. 912 с.
- Игнатенко И.В. Почвы арктической тундры Евразии // Изв. РГО. 1996. Т. 128. Вып. 1. С. 23–32.
- Игнатенко И.В., Норин Б.Н. Динамика пятнистых тундр восточноевропейского Севера // Проблемы ботаники. Л.: Наука, 1969. Вып. 11. С. 72–90.
- Каплина Т.Н. Криогенные склоновые процессы. М.: Наука. 1965. 296 с.
- Караваева Н.А., Полтева Р.Н. Циклы пятнообразования в почвах лесотундры и тундры // Растительность лесотундры и пути ее освоения. Л.: Наука, 1967. С. 151–156.
- Качурин С.П. 1952. Вечная мерзлота острова Врангеля // Крайний Северо-Восток Союза СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 1. Остров Врангеля. С. 49–92.
- Ливеровский Ю.А. Почвы тундр Северного края // Тр. Полярной комиссии. М. 1934. Вып. 19.
- Матвеева Н.В. Структура растительного покрова полярных пустынь полуострова Таймыр (мыс Челюскин) // Арктические тундры и полярные пустыни Таймыра. Л.: Наука, 1979. С. 5–27.
- Матвеева Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики // Тр. БИН им. В. Л. Комарова РАН. СПб. 1998. Вып. 21. 220 с.

- Матвеева Н.В. Растительность южной части острова Большевик (архипелаг Северная Земля) // Растительность России. 2006. № 8. С. 3–87.
- Наумова Л.Г., Гоголева П.А., Миркин Б.М. О симфитосоциологии // Бюлл. МОИП. 1987. Т. 92. Вып. 6. С. 60–72.
- Оганесян А.Ш., Сусекова Н.Г. Почвообразующие породы острова Врангеля // Почвоведение. 1994. № 9. С. 12–21.
- Остров Врангеля: геологическое строение, минерагения, геоэкология // Тр. НИИ-ГА – ВНИИОкеангеология. СПб., 2003. Т. 200. 137 с.
- Полозова Т.Г. Структура растительности и некоторые особенности динамики пятнистых тундр южной приморской равнины острова Врангеля // Арктические тундры острова Врангеля. Тр. БИН им. В.Л. Комарова РАН. СПб., 1994. С. 222–255.
- Попов А.И. Полярный покровный комплекс // Вопросы физической географии полярных стран. М.: Изд-во МГУ, 1958. Вып. 1.
- Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре. (Криолитология). М.: Изд-во МГУ, 1967. 304 с.
- Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во МГУ, 1993. 334 с.
- Секретарева Н.А. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. 131 с.
- Скрыльник Г.П. Климат и рельеф острова Врангеля // Климатическая геоморфология Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 20–43.
- Стишов М.С. Остров Врангеля – эталон природы и природная аномалия. Йошкар-Ола: Изд-во Марийского полиграфкомбината, 2004. 596 с.
- Структура горных фитоценологических систем Субарктики. СПб.: Наука, 1995. 200 с.
- Сумина О.И. Особенности растительности бугров-байджарахов в связи с их географическим распространением // Бот. журн. 1976. Т. 61. № 5. С. 682–690.
- Суходровский В.Л. Экзогенное рельефообразование в криолитозоне. М.: Наука, 1979. 280 с.
- Тимофеев Д.А., Втюрина Е.А. Терминология перигляциальной геоморфологии. Материалы по геоморфологической терминологии. М.: Наука, 1983. 233 с.
- Тихомиров Б.А. Некоторые вопросы структуры растительных сообществ Арктики // Академику В.Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 537–557.
- Тихомиров Б.Н. Взаимосвязи животного мира и растительного покрова тундры. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1959. 104 с.
- Томирдиаро С.В. Лессово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1980. 184 с.
- Тыртиков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М.: Наука, 1979. 116 с.

- Уошборн А.Л. Мир холода. Геокриологические исследования. М.: Прогресс. 1988. 384 с.
- Холод С.С. Очерк растительности острова Большой Роутан (Чаунская губа, Западная Чукотка) // Бот. журн. 1983. Т. 68. № 6. С. 761–769.
- Холод С.С. Классификация растительности острова Врангеля // Растительность России. 2007. № 11. С. 3–135.
- Чернов Ю.И., Матвеева Н.В. Закономерности зонального распределения сообществ на Таймыре // Арктические тундры и полярные пустыни Таймыра. Л.: Наука, 1979. С. 166–200.
- Afonina O.M., Czernyadjeva I.V. Mosses of the Russian Arctic: checklist and bibliography // *Arctoa*. 1995. Vol. 5. P. 99–142.
- Andreev M., Kotlov Yu., Makarova I. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of the Russian Arctic // *The Bryologist*. 1996. Vol. 99. N 2. P. 137–169.
- Chernov Y.I., Matveyeva N.V. Arctic ecosystems in Russia // *Ecosystems of the World. 3. Polar and Alpine Tundra*. Amsterdam, ed. F.E. Wielgolaski, 1997. P. 361–507.