

TWENTY-ONE YEAR DYNAMICS OF VEGETATION FROM LONG-TERM PLOTS IN EAST EUROPEAN TUNDRA

O.V. Lavrinenko^{1,2*}, I.A. Lavrinenko¹

¹ Komarov Botanical Institute RAS, St.-Petersburg

² Nenetsky State Nature Reserve, Naryan-Mar

lavrino@mail.ru

Citation: Lavrinenko O.V., Lavrinenko I.A. 2022. Twenty-one year dynamics of vegetation from long-term plots in East European tundra // Environmental dynamics and global climate change. V. 13. N. 2. P. 70-103.

DOI: [10.18822/edgcc109513](https://doi.org/10.18822/edgcc109513)

Получен уникальный фактологический материал, позволивший оценить изменения в составе и структуре растительности 12 мониторинговых площадок, заложенных в 1999 г. на северо-западе Большеземельской тундры (граница между подзонами южных и типичных тундр). Наибольшие изменения зафиксированы в сообществах со сложной (2-3-членной) горизонтальной структурой. Количественно оценены изменения площадей разных элементов нанорельефа (пятен, валиков, ложбинок, трещин, полигонов). Установлено уменьшение площади открытого суглинка, выравнивание поверхности площадок из-за зарастания пятен голого грунта и частичного опускания валиков, увеличение покрытия трав (особенно хвоща *Equisetum arvense*), увеличение высоты кустарниковых ив (примерно в 2 раза). В заболоченных местообитаниях в сообществах пушицевых кочкарников изменения менее заметны и касаются покрытия видов растений разных жизненных форм – оно увеличилось у трав, уменьшилось у лишайников при возрастании доли зеленых и позже сфагновых мхов. Наши результаты в целом согласуются с тенденциями трансформации растительности под влиянием климатических факторов, установленными в американском секторе Арктики.

Ключевые слова: мониторинг, растительность, восточноевропейские тундры, Арктика.

Key words: monitoring, vegetation, East European tundra, Arctic.

SUMMARY

The results of vegetation monitoring from 1999 to 2020 on 12 plots laid out in different types of communities on Cape Bolvansky Nos in the northwest of the Bolshezemelskaya tundra are presented (Fig. 1). The area is located on the border between the southern and typical tundra subzones.

On five long-term plots with clay-loam patches of bare ground sparse shrubby willow sedge-dwarf shrub-moss tundra were formed. They belong to zonal vegetation – ass. *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* Andreev 1932 subass. *caricetosum capillaris* Lavrinenko et Lavrinenko 2018 (Table 1) in the class *Carici arctisibiricae–Hylocomietea alaskani* Matveyeva et Lavrinenko 2021 prov., in the order *Caricetalia arctisibiricae-lugentis* Matveyeva et Lavrinenko 2021 prov. and in the alliance *Dryado octopetalae–Caricion arctisibiricae* Koroleva et Kulyugina in Chytrý et al. 2015. Plot M6 has a 2-element horizontal structure: large loam patches (3.0–4.5 m long, 1.0–1.5 cm wide) elongated along the slope alternate with flat areas of turf between them, dominated by dwarf shrubs *Dryas octopetala* subsp. *subincisa* and *Salix reticulata* and mosses *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*; rims are absent. *Salix lanata* grows in groups in shallow depressions with mosses. Plots M5, M9, M11 and M12 occupy the lower parts of the hill slopes and deluvial plumes; 3-element horizontal structure – rounded or oval patches of loam (1.5-3.0 (up to 5.0) m in diameter) are surrounded by rims, and such ring structures are separated by troughs with hygrophilous mosses (*Aulacomnium palustre*, *Ptilidium ciliare*, *Sphagnum* spp.), where shrub willows (mainly *Salix glauca*) grow. The rims are well formed and usually covered with dwarf shrubs (*Arctous alpina*, *Dryas octopetala* subsp. *subincisa*, *Empetrum hermaphroditum*, *Salix reticulata*), sedge *Carex bigelowii* subsp. *arctisibirica* and mosses (*Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidium rugosum*).

Three long-term plots are occupied by dwarf shrub-lichen tundra with a rare layer of elfin *Betula nana*, which is affiliated with the class *Loiseleurio procumbentis*–*Vaccinietea* Egger ex Schubert 1960, the order *Deschampsio flexuosae*–*Vaccinietalia myrtilli* Dahl 1957, and the alliance *Loiseleurio-Arcostaphyilion* Kalliola ex Nordhagen 1943 (Table 2). On plots M3 and M4, located on light loamy soils on slightly convex tops of hills in conditions of good drainage, elfin birch dwarf shrub-lichen communities belonging to ass. *Loiseleurio-Diapensietum* (Fries 1913) Nordhagen 1943 subass. *salicetosum nummulariae* Koroleva 2006 were formed. On plot M2, located in the lower part of the gentle slope of the hill under conditions of good snow cover in winter, a community with an almost continuous lichen cover of chionophilic *Cladonia* was formed – ass. *Cladonietum rangiferino-arbusculae* Lavrinenko et Lavrinenko 2020.

The vegetation of plots M1 and M7, located in relief depressions on peat-gley soil, belongs to the class *Oxycocco-Sphagnetea* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946 and the alliance *Oxycocco microcarpi-Empetrium hermaphroditum* Nordhagen ex Du Rietz 1954. They are cotton grass tussocks (*Eriophorum vaginatum*) with dwarf shrub-cloudberry-lichen-moss cover belonging to ass. *Pleurozio schreberi-Eriophoretum vaginati* subass. *sphagnetosum lenenses* Lavrinenko et Lavrinenko in Lavrinenko et al. 2022 (Table 3).

The vegetation of plots M8 and M10 is represented by community complexes on polygonal peatlands. On the polygons of both plots, a dwarf shrub-cloudberry-lichen community ass. *Rubo chamaemori-Dicranetum elongati* Dedov ex Lavrinenko et Lavrinenko 2015 assigned to the alliance *Rubo chamaemori-Dicranion elongati* Lavrinenko et Lavrinenko 2015 in the class *Oxycocco-Sphagnetea* was formed.

The results of the 21-year monitoring period made it possible to set some trends in changing the composition and structure of plant communities of different syntaxa.

The main part of plant species was found on the plots in all survey years (1999, 2014, 2017 and 2020). On five plots with the most floristically rich zonal tundra communities, a total of 160 species were identified, of which 22 (14%) were found once. On three plots with dwarf shrub-lichen communities and on four plots with boggy communities, 7 (8%) out of 90 species and 10 (11%) out of 95 species, respectively, were also identified once. Within each plot, the change in the total number of species over the years was in the range of 7–24%. It is important to understand that such variability in composition is due to identifying (appearance) / missing (disappearance) of rare and single species, mainly mosses and lichens (including crustaceous ones).

On many plots there was a general increase in herbaceousness (due to sedge, grasses, cotton grass, cloudberry) and a particularly noticeable increase in activity in *Equisetum arvense*, which began to create a green aspect.

The greatest structural transformations took place in the communities ass. *Dryado octopetalae-Hylocomietum splendidum* subass. *caricetosum capillarum* with 2- or 3-element horizontal structure. The main finding is the disappearance of the “spongy” nanorelief (due to the result of “frost boiling”) on patches of bare ground and their gradual overgrowth with cryptogamic crusts, small flowering plants, mosses and dwarf shrubs. In the zonal tundras, the clear module structure “patch-rim-trough” began to disappear as a result of overgrowing of loam patches and partial subsidence of rims (in some places rims merged with patches overgrown with dwarf shrub-lichen cover and began to look like a flat turf). In dwarf shrub-lichen communities ass. *Loiseleurio-Diapensietum* subass. *salicetosum nummulariae*, the patches began almost completely covered with lichens, mosses, and dwarf shrubs, and the surface was leveled due to the disappearance of the difference in height between the surface of overgrown patches and the turf. New formation of patches has not been found anywhere, but single small (up to 20 cm in diameter) fresh outpourings of loam were detected within the old spots on plot M4 at the top of the hill.

The height of the willows *Salix glauca* and *S. lanata*, which in 1999 was predominantly 10–15 cm, has increased 1.5–2.5 times over the years of monitoring at all plots.

A gradual decrease in lichen cover in boggy cottongrass tussock communities of ass. *Pleurozio schreberi-Eriophoretum vaginati* subass. *sphagnetosum lenenses* and their further replacing with dwarf shrubs and green (and later – sphagnum) mosses was revealed.

Our results generally agree with the trends in vegetation transformation under the influence of climatic factors, established at long-term plots in the American sector of the Arctic [Gould et al., 2009; Elmendorf et al., 2012; Jorgenson et al., 2015; Harris et al., 2021]. Noting the heterogeneity of vegetation responses to climate change, the authors report on an increase in the total projective cover and a decrease in the coverage of bare ground patches in tundra ecosystems, as well as an increase in the abundance and height of evergreen and deciduous shrubs and dwarf shrubs, grasses, when reducing of lichens.

ВВЕДЕНИЕ

С 1970 г. и по 2020 г. потепление климата регистрируется на всей территории Арктики и России в целом [Доклад..., 2021; Druckenmiller et al., 2021]. Возрастание среднегодовой приземной температуры воздуха является основной движущей силой многих изменений в панарктическом масштабе, усиливающихся в отдельные годы на региональном уровне [Druckenmiller et al., 2021]. Реакция растительности на потепление, помимо непосредственного влияния температуры воздуха, определяется многими факторами – удлинением вегетационного периода, ускорение таяния снега, колебания влажности и глубины оттаивания почвы, температуры почвы в корнеобитаемой зоне и другими, зависящими от особенностей ландшафта, перераспределяющего количество тепла в каждой конкретной местности. Необходимы долгосрочные исследования арктических сообществ и документированное подтверждение их реакции в ответ на потепление [Post and Forchhammer, 2008; Harris et al., 2021]. Наиболее показателен для контроля за составом и структурой растительности метод долговременных площадок, успешный опыт применения которого описан на Аляске и в канадской Арктике [Gould et al., 2009; Jorgenson et al., 2015; Myers-Smith et al., 2019; Harris et al., 2021].

В настоящей статье представлены результаты мониторинга растительности с 1999 по 2020 гг. на площадках, заложенных в разных типах сообществ на северо-западе Большеземельской тундры.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

На рубеже столетий мы заложили 12 мониторинговых площадок на разных элементах ландшафта на мысе Болванский Нос, расположенном на северо-западе Большеземельской тундры (Рис. 1).

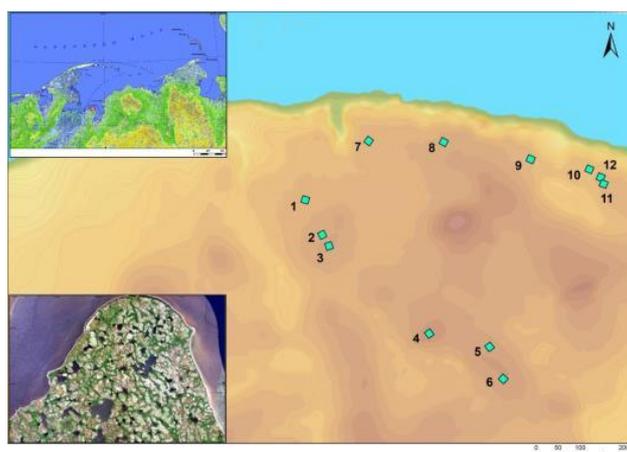


Рисунок 1. Положение площадок на мысе Болванский Нос в Большеземельской тундре.

Рельеф выдвинутого в море мыса, ограниченного с запада устьем р. Большая Печора, а с востока Болванской губой, типично моренный холмисто-ложбинный. Невысокие (10-50 м над ур. м.) холмы (по-местному – сопки) с пологими и покатыми склонами сложены в основном темно-серыми глинами и суглинками, рассеяны на относительно выровненной поверхности и разделены многочисленными межозерными протоками и ложбинами стока, зачастую обводненными. Пески не имеют большого распространения и отмечены локально в верхней части сопки на абсолютных отметках 20-25 м в виде небольших «нашлепок» на суглинистых породах. Берега мыса обрывистые, суглинистые, реже супесчаные, местами с нависающими сверху толщами торфа. Мерзлота (мощность 100-200 м) имеет сплошное распространение [Оберман, 2001; Осадчая и Тумель, 2012].

Растительность на плакорах (пологих склонах суглинистых сопки от верхних частей до подошвы) представлена пятнистыми редкоивовыми осоково-кустарничково-моховыми тундрами, на выпуклых вершинах супесчаных или суглинистых сопки – (стланиковоерниковыми) кустарничково-лишайниковыми тундрами, в депрессиях рельефа – полигональными и плоскобугристыми торфяниками и пушицевыми кочкарниками, а в ложбинах стока – ивняками и осоково-гипновыми сообществами. Если ориентироваться на зональную растительность, то территория расположена в южной полосе подзоны типичных тундр [Лавриненко и Лавриненко, 2018]. Однако локальная флора,

вследствие сильного тепляющего эффекта р. Печора, по богатству и высокой доле бореальных видов относится к типу северных бореальных и формально – к Бореальной области [Лавриненко и др., 2016]. На карте Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM) [Raynolds et al., 2019] район исследования расположен на границе подзон D (соответствующей южной полосе подзоны типичных тундр) и E (подзоне южных тундр) [Walker et al., 2005].

В период с 1938 до 2001 г. на мысе Болванский Нос находилась метеостанция с одноименным названием (№ 209460), а с 1983 по 1993 г. и с 1999 г. по настоящее время – геокриологический стационар Института криосферы Земли СО РАН. По данным метеостанции среднегодовая температура воздуха в период климатической нормы (1960–1990 гг.) была равна $-4.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в среднем за все годы XXI века стала лишь $-2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$; сумма отрицательных температур за холодный период года в эти периоды равна $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумма положительных температур за теплый период года – $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. Тренд изменения среднегодовой температуры воздуха – около $0.09\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, такой же тренд характерен для среднезимней и для среднелетней температуры воздуха. Наблюдается тенденция к увеличению годового количества осадков от 350 до 450 мм за последние 35 лет. Мощность снежного покрова, как правило, изменяется в разные годы в пределах 50-80 см, но наблюдается слабая тенденция к увеличению толщины снега [Малкова и др., 2018].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мониторинговые площадки, размерами $10\times 10\text{ м}$, были заложены (M1-M11 – в 1999 г. и M12 – в 2000 г.) на разных элементах ландшафта и закреплены на местности кольшками по углам, в их центре определены координаты с помощью GPS-прибора Garmin (см. Табл. П1-3). На площадках был выявлен полный видовой состав сосудистых растений, мохообразных и лишайников (напочвенных и эпибриофитов) с оценкой проективного покрытия (%) в целом, по основным жизненным формам и для каждого вида. Растения, встреченные единично (1-5 особей) отмечали как “r”, более многочисленные, но имеющие покрытие менее 1% – как “+”. Сообщества картировали по сетке $1\times 1\text{ м}$ (составлены картосхемы) и фотографировали. Измеряли глубину сезонно-талого слоя (СТС) на разных элементах нанорельефа в 3-6 повторностях.

Повторные геоботанические обследования всех площадок (с измерением СТС и фотографированием) выполнены дважды – в 2014 г. (через 15 лет) и в 2020 г. (через 21 год) в те же сроки – во второй половине июля. Кроме того, в 2017 г. (через 18 лет) в близкую дату – 2 августа семь площадок (M1-M7) были сфотографированы, а на двух (M6 и M7) были сделаны геоботанические описания.

В 2014 г. на большинстве площадок, которые находили по координатам, угловые кольшки сохранились, однако на некоторых площадках они были погребены подо мхами и восстановлены. В 2014 г. сообщества повторно закартированы по сетке $1\times 1\text{ м}$, а в 2017 и 2020 гг. площадки сфотографированы с высоты 10 м с помощью БПЛА DJI Mavic Pro.

Температура воздуха в период обследования в 1999 и 2014 гг. колебалась от 5 до $12\text{ }^{\circ}\text{C}$, в 2020 г. было значительно теплее – $15-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В программе ArcGIS проведена оцифровка всех контуров картосхем и снимков (Рис. 2), с использованием программного обеспечения Patch Analyst выполнен расчет их площадей, что позволило количественно оценить изменения в структуре сообществ.

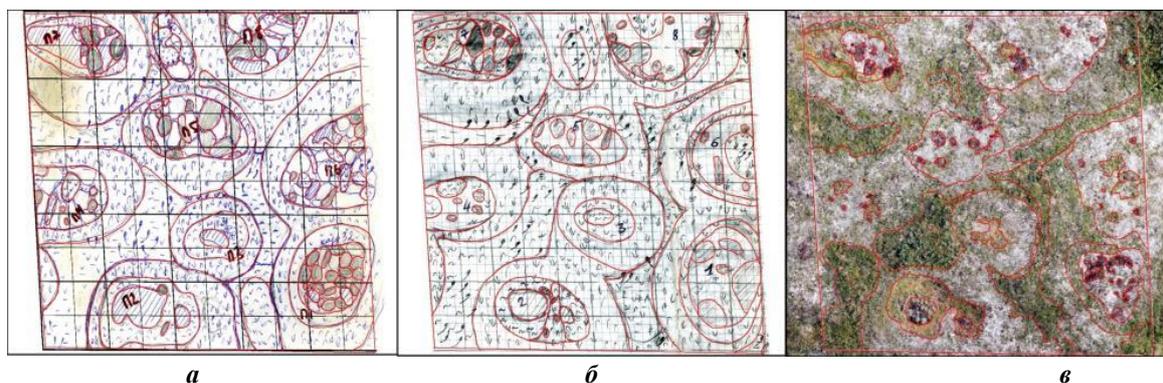


Рисунок 2. Пример оцифровки контуров на площадке M11: картосхем, нарисованных по сетке от руки: *a* – в 1999 г., *б* – в 2014 г. и *в* – снимка с БПЛА в 2020 г.

Номенклатура синтаксонов приведена по чек-листу Н.В. Матвеевой и О.В. Лавриненко [2021], таксонов сосудистых растений – по сводке Н.А. Секретаревой [2004], мхов – по М.С. Ignatov et al. [2006], печеночников – по А.Д. Потёмкину и Е.В. Софроновой [2009], лишайников – по R. Santesson et al. [2004].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Синтаксономическая принадлежность сообществ мониторинговых площадок

Растительность пяти мониторинговых площадок (М5, М6, М9, М11 и М12) представлена пятнистыми редкоивовыми осоково-кустарничково-моховыми тундрами и относится к зональной асс. *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* Andreev 1932 субасс. *caricetosum capillaris* Lavrinenko et Lavrinenko 2018 (Табл. П1). Есть все виды дифференцирующей комбинации ассоциации: *Salix hastata*, *Dryas octopetala* subsp. *subincisa* и *Salix reticulata* и *Equisetum scirpoides* и субассоциации: *Carex capillaris*, *Epilobium davuricum*, *Juncus biglumis*, *Luzula nivalis*, *Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Saxifraga oppositifolia*, *Tofieldia pusilla*, *Мухобилембия lobulata*, *Solorina saccata* и *S. spongiosa*, произрастающие на пятнах суглинка. Константны все основные характерные виды высших синтаксонов зональной растительности – *Carici arctisibiricae–Hylocomieta alaskani* Matveyeva et Lavrinenko 2016 class. prov., *Caricetalia arctisibiricae-lugentis* Matveyeva et Lavrinenko 2021 ord. prov. и *Dryado octopetalae–Caricion arctisibiricae* Koroleva et Kulyugina in Chytrý et al. 2015 (Табл. П1). Некоторые отличия в составе сообществ ассоциации обусловлены различиями в горизонтальной структуре, которая определяется положением площадок на разных элементах мезорельефа (см. ниже).

Три мониторинговых площадки заняты кустарничково-лишайниковыми тундрами с редким ярусом *Betula nana* стланиковой формы, которые мы позиционируем в классе *Loiseleurio procumbentis–Vaccinieta* Egger ex Schubert 1960, порядке *Deschampsio flexuosae–Vaccinietalia myrtilli* Dahl 1957 и союзе *Loiseleurio-Arctostaphylion* Kalliola ex Nordhagen 1943 (Табл. П2). На площадках М3 и М4, расположенных на легкосуглинистых почвах на слабо выпуклых вершинах сопки в условиях хорошего дренажа, сформированы стланиковоерниковые кустарничково-лишайниковые сообщества асс. *Loiseleurio-Diapensietum* (Fries 1913) Nordhagen 1943 субасс. *salicetosum nummulariae* Koroleva 2006. Виды дифференцирующих комбинаций: *Diapensia lapponica*, *Luzula confusa*, *Salix nummularia*; *Gymnomitrium corallioides*, *Pogonatum urnigerum*, *Racomitrium lanuginosum*; *Bryocaulon divergens*, *Bryoria nitidula*. На площадке М2, расположенной в нижней части пологого склона сопки в условиях хорошей укрытости снегом зимой, сформировано сообщество с почти сплошным лишайниковым покровом из хионофильных кладоний – асс. *Cladonietum rangiferino-arbusculae* Lavrinenko et Lavrinenko 2020.

Растительность площадок М1 и М7, расположенных в депрессиях рельефа на торфяно-глееземе, относится к классу *Oxycocco-Sphagneteta* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946 и союзу *Oxycocco microcarpi–Empetrium hermaphroditi* Nordhagen ex Du Rietz 1954 – это пушицевые кочкарники (*Eriophorum vaginatum*) с кустарничково-морозково-лишайниково-моховым покровом, принадлежащие асс. *Pleurozio schreberi–Eriophoretum vaginati* субасс. *sphagnetosum lenenses* Lavrinenko et Lavrinenko in Lavrinenko et al. 2022 (Табл. П3).

Растительность площадок М8 и М10 представлена комплексами сообществ на полигональных торфяниках. На полигонах обеих площадок сформировано кустарничково-морозково-лишайниковое сообщество асс. *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* Dedov ex Lavrinenko et Lavrinenko 2015, отнесенное к одноименному союзу *Rubo chamaemori–Dicranion elongati* Lavrinenko et Lavrinenko 2015 в классе *Oxycocco-Sphagneteta*. В трещинах покров различается: на площадке М10 – ерниково-багульниково-морозково-сфагновый; М8 – морозково-моховый с редкими ивами. Отнести сообщества в трещинах к каким-либо синтаксонам пока не представляется возможным. Геоботанические описания выполнены на всей площади площадок без дифференциации на элементы нанорельефа (Табл. П3).

Динамика видового состава растительных сообществ на площадках

Зональные сообщества асс. *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris* отличаются от всех других наибольшей видовой насыщенностью. Общее число видов, выявленных на площадках, варьировало по годам: М5 – 73-96, М6 – 63-75, М9 – 79-96, М11 – 59-77, М12 – 68-81, т.е. различалось на 16-24 % (Табл. П1). При этом число видов кустарников,

кустарничков, трав и лишайников от года к году изменялось очень мало – вариации преимущественно в 1-4 вида (хотя состав при этом мог обновляться, т.е. какие-то виды не были обнаружены (или выпадали), а другие были найдены впервые (или вновь поселялись), тогда как по мхам разброс оказался большой (например, на площадке М9 в 1999 г. выявлено 16 видов, в 2014 – 36, в 2020 – 32).

В 1999 г. на площадке М5 было найдено 3 вида, не обнаруженных позже (*Saxifraga oppositifolia*, *Luzula arcuata*, *Cladonia crispata* s. l.); М6 – 3 (*Luzula multiflora* subsp. *frigida*, *Splachnum vasculosum*, *Peltigera venosa*); М9 – 6 (*Draba alpina*, *Festuca rubra*, *Stellaria peduncularis*, *Gymnomitrium corallioides*, *Cladonia pleurota*, *Lecanora epibryon*); М11 – 3 (*Festuca rubra*, *Imadophylla ericetorum*, *Lecanora epibryon*); М12 – 3 (*Sagina intermedia*, *Cladonia pleurota*, *Protopannaria pezizoides*). В 2020 г. на площадке М5 впервые были зарегистрированы 5 видов – *Pinguicula vulgaris* и 4 споровых (*Abietinella abietina*, *Straminergon stramineum*, *Cladonia cornuta* subsp. *cornuta*, *Protopannaria pezizoides*); М6 – *Bartsia alpina*, *Equisetum scirpoides* и 2 лишайника (*Cladonia uncialis*, *Caloplaca cerina*); М9 – 3 вида (*Juncus triglumis*, *Calamagrostis lapponica*, *Peltigera polydactylon*); М11 – *Eriophorum vaginatum* и 7 споровых (*Dicranella subulata*, *Meesia uliginosa*, *Pohlia prolifera*, *Polytrichum strictum*, *Sphagnum balticum*, *S. girgensohnii*, *Cladonia chlorophaea*); М12 – 3 сосудистых (*Campanula rotundifolia*, *Pedicularis lapponica*, *Saxifraga hieracifolia*) и 7 споровых (*Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Distichium capillaceum*, *Orthothecium strictum*, *Myurella julacea*, *Pohlia nutans*, *Peltigera rufescens*, *Pertusaria oculata*). Все они имели покрытие на уровне “г” или “+”, за исключением злака *Calamagrostis lapponica* с покрытием 5 %. Следует отметить исчезновение или плохую жизненность (отмирающие растения) арктоальпийского вида *Saxifraga oppositifolia* на суглинистых пятнах всех площадок после 2014 г.

В стланиковоерниковых кустарничково-лишайниковых сообществах субасс. *Loiseleurio-Diapensietum salicetosum nummulariae* и асс. *Cladonietum rangiferino-arbusculae* видовая насыщенность по годам варьировала незначительно (Табл. П2). Число видов на площадке М3 изменялось в пределах 53-57, М4 – 55-67, М2 – 29-35, т.е. различалось на 7-17 %; обновление состава происходило преимущественно за счет единичных видов спорового компонента.

В 1999 г. на площадке М3 было найдено 6 видов, не обнаруженных позже – это *Luzula confusa* и 5 лишайников (*Baeomyces carneus*, *Nephroma expallidum*, *Peltigera didactyla*, *Pertusaria bryontha*, *Psoroma hypnorum*); М4 – 2 лишайника (*Cladonia crispata* s. l., *Pertusaria bryontha*); на М2 таких видов не было. В 2020 г. на площадке М3 впервые были зарегистрированы 5 видов споровых (*Polytrichum hyperboreum*, *P. piliferum*, *Pleurozium schreberi*, *Cladonia chlorophaea*, *Pertusaria dactylina*); М4 – *Diapensia lapponica* и 4 споровых (*Polytrichum hyperboreum*, *Pogonatum urnigerum*, *Baeomyces placophyllum*, *Pertusaria panyrga*); М2 – 5 споровых (*Hylocomium splendens*, *Cladonia chlorophaea*, *Peltigera aphthosa*, *P. scabrosa*, *Sphaerophorus globosus*). Все они имели покрытие на уровне “г” или “+”.

В пушицевых кочкарниках асс. *Pleurozio schreberi-Eriophoretum vaginati* субасс. *sphagnetosum lenenses* число видов на площадках М1 и М7 по годам увеличилось от 35 до 45 и от 45 до 54, соответственно; в сообществах на полигональных торфяниках (площадки М8 и М10) – от 39 до 47, т.е. на 17-22 % в основном за счет единичных лишайников и более полного выявления мхов в 2014 и последующие годы (Табл. П3).

В 1999 г. на площадке М1 было найдено 6 видов, не обнаруженных позже – *Salix glauca* и 5 лишайников (*Bryocaulon divergens*, *Cladonia bellidiflora*, *C. pleurota*, *C. subulata*, *Ochrolechia frigida*); М7 – *Pinguicula villosa* и 4 споровых (*Straminergon stramineum*, *Cladonia pleurota*, *Peltigera malacea*, *Sphaerophorus globosus*); М8 – 1 лишайник (*Dactylina arctica*); М10 – только *Poa alpigena*. В 2020 г. на площадке М1 впервые были зарегистрированы 4 споровых (*Polytrichum jensenii*, *Sphagnum girgensohnii*, *Cladonia cyanipes*, *Peltigera polydactylon*); М7 – кустарничек *Andromeda polifolia* subsp. *pumila* и 3 споровых (*Polytrichum hyperboreum*, *Cladonia cornuta* subsp. *cornuta* и *Dactylina arctica*); М8 – 3 споровых (*Sphagnum girgensohnii*, *Ochrolechia inaequatula*, *Omphalina umbellifera*); М10 – 3 мха (*Polytrichum strictum*, *Rhytidium rugosum*, *Sphagnum squarrosum*). Все они имели покрытие на уровне “г” или “+”.

Структура растительного покрова на площадках и ее динамика

Зональные сообщества асс. *Dryado octopetalae-Hylocomietum splendentis* субасс. *caricetosum capillaris* характеризуются регулярно-циклической горизонтальной структурой, которая на разных площадках имеет особенности, обусловленные их положением на разных элементах мезорельефа.

Площадка М6 (Рис. 3а-г) расположена в верхней части пологого (<math><1-3^\circ</math>) склона суглинистой сопки; горизонтальная структура 2-членная – большие вытянутые вдоль склона пятна суглинка (3.0-4.5 м дл., 1.0-1.5 см шир.) чередуются с ровными участками дернины между ними, в которых доминируют кустарнички *Dryas octopetala* subsp. *subincisa* и *Salix reticulata* и мхи *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*; валики отсутствуют. В неглубоких понижениях с мхами растет куртинами *Salix lanata*.



Рисунок 3. Сообщество асс. *Dryado octopetalaе–Hylocomieteum splendens* субасс. *caricetosum capillaris* (с 2-членной структурой) на площадке М6 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2017 г., *г* – 2020 г.

В 1999 г. в границах площадки было 8 пятен. Доля открытого суглинка, приходящегося на них, – 30 %. Пятна были практически лишены растительности, поверхность их не стабильна, ноздреватая (как результат «морозного кипения»), равномерно покрыта вдавленным в суглинистый грунт щебнем и редкими не окатанными камнями, занимающими 10-50 % площади пятен. По периферии пятен сформировались криптогамные корочки (5 % площади), на которых закрепились лишь немногие дерновинки мха *Racomitrium lanuginosum* и цветковые (*Carex capillaris*, *Epilobium davuricum*, *Pinguicula alpina*, *Saxifraga oppositifolia*, *Tofieldia pusilla*). В 2014 г. рисунок покрова на площадке практически не изменился, все элементы нанорельефа (дернина между пятнами, пятна и ложбинки) сохранились на прежнем месте; ориентация, форма и размеры пятен изменились слабо, новых пятен не появилось, доля открытого суглинка уменьшилась до 24 % за счет зарастания пятен по периферии, на пятна с криптогамными корочками приходилось 2 %. В центральных частях пятен поверхность местами разгладилась, на них закрепились единичные маленькие дерновинки *Festuca ovina* и побеги *Equisetum arvense*. В 2017 г. и 2020 г. рисунок покрова изменился по-прежнему мало, все элементы нанорельефа сохранились на прежнем месте, новых пятен не образовалось. Однако площадь открытого суглинка в 2020 г. сократилась до 20 % за счет зарастания пятен по периферии криптогамными корочками, мхами и кустарничками (в основном, *Empetrum hermaphroditum*) (Рис. П1а-в, П2). Кроме того, заметно разгладилась вся поверхность пятен, исчез «ноздреватый» нанорельеф, образовались редкие трещинки усыхания, в центральной части пятен щебня стало заметно меньше, чем на их периферии. На всей поверхности пятен появились редкие дерновинки *Festuca ovina* и побеги *Equisetum arvense*, по их периферии – *Carex capillaris*, *Pinguicula vulgaris*, *Tofieldia pusilla*; *Cladonia pocillum*. В растительной дернине заметно активизировался хвощ *Equisetum*

arvense, которого в 1999 г. на площадке не было, в 2014 г. покрытие было менее 1 %, в 2017 и 2020 гг. стало 10 %. Покрытие кустарников в динамике не изменилось (10 %), но высота побегов ивы *Salix lanata* и *S. glauca* увеличилась с 10-20 см в 1999 г. до 20-30 см в последующие годы мониторинга. В 2020 г. высота отдельных побегов достигала 40 см.

Площадки М5, М9, М11 и М12 расположены на нижних частях склонов сопок и делювиальных шлейфах; горизонтальная структура 3-членная – округлые или овальные пятна суглинка (1.5-3.0 (до 5.0) м в поперечнике) окружены валиками (10-20 см выс.), и такие кольцевые структуры разделены ложбинками (преимущественно 5-10 см глубиной) с гигрофильными мхами (*Aulacomnium palustre*, *Ptilidium ciliare*, *Sphagnum* spp.), где растут кустарниковые ивы (преимущественно *Salix glauca*). Валики хорошо сформированы, в их покрове обычны кустарнички (*Arctous alpina*, *Dryas octopetala* subsp. *subincisa*, *Empetrum hermaphroditum*, *Salix reticulata*), осока *Carex bigelowii* subsp. *arctisibirica* и мхи (*Aulacomnium turgidum*, *Dicranum elongatum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidium rugosum*). В сообществах на этих площадках велико и сопоставимо со мхами покрытие лишайников за счет того, что часть пятен частично или полностью покрыта подушками светлоокрашенных (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *Alectoria ochroleuca*) и темноокрашенных (*Alectoria nigricans*, *Bryocaulon divergens*, *Bryoria nitidula*) видов. На участках пятен, свободных от кустистых лишайников, сформированы коричневые криптогамные (водорослевые, печеночниковые) корочки и здесь же растут мелкие цветковые (*Carex bicolor*, *C. capillaris*, *Epilobium davuricum*, *Festuca ovina*, *Juncus biglumis*, *J. castaneus*, *Pinguicula alpina*, *P. vulgaris*, *Saxifraga oppositifolia*, *Tofieldia pusilla*), некоторые мохообразные (*Brachythecium cirrosum*, *Stereodon bambergeri*, *S. holmenii*, *Myurella julacea*, *Racomitrium lanuginosum*, *Tomentypnum nitens*) и лишайники (*Cladonia pocillum*, *Мухобилимбия lobulata*, *Protopannaria pezizoides*, *Psoroma hypnorum*, *Solorina saccata*, *S. spongiosa*). В границах площадок М5, М9 и М12 полностью или частично находились по 7 крупных пятен, на площадке М11 – 8. Все пятна были пронумерованы. Они в основном были заросшими микрогруппировками светло- и темноокрашенных лишайников, а по периферии – зелеными мхами, и небольшую площадь в пределах некоторых пятен занимал грунт, покрытый криптогамными корочками с мелкими цветковыми. В динамике рисунок контуров на этих площадках в целом сохранился, изменились лишь очертания отдельных пятен, валиков и ложбинок и площадь, занятая разными микрогруппировками.

На площадке М5 (Рис. 4а-г) в 1999 г. на голый грунт приходилось менее 1 % площади, на долю грунта с криптогамными корочками, накипными лишайниками и мелкими цветковыми – около 7 %. В 2014 г. сохранились эти же значения; в 2020 г. они уменьшились до 0 и 5 %.



Рисунок 4. Сообщество асс. *Dryado octopetalae–Hylocomieteum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris* (с 3-членной структурой) на площадке М5 в динамике: а – 1999 г., б – 2014 г., в – 2017 г., г – 2020 г.

Сильно сократилась площадь пятен, заросших лишайниками – 26, 14 и 9 %, соответственно годам мониторинга. В то же время почти пропорционально увеличилась площадь ровных участков с осоково-кустарничково-лишайниковой дерниной, т.е. произошло частичное опускание валиков и выравнивание поверхности. Доля пониженных элементов рельефа (ложбинки, западинки с мезо- и гигрофильными мхами в напочвенном покрове) сохранялась на уровне 36-37 % (Рис. П3а-в, П4). Покрытие трав за 21-летний период увеличилось в 3 раза (с 5 до 15 %), и сильнее всего оно изменилось у хвоща *Equisetum arvense* (с менее 1 до 10 %). У кустарниковых ив *Salix glauca* и *S. lanata*, занимающих понижения, покрытие увеличилось незначительно (с 15 до 20 %), но заметно изменилась высота: в 1999 г. она была 25-30 см, в 2014 г. – до 40 см, в 2020 г. 30-45 (в наиболее глубоких западинках – до 60) см.

На площадке М9 (Рис. 5а-в) в 1999 г. на долю грунта, покрытого криптогамными корочками, накипными лишайниками и мелкими цветковыми, приходилось 16 %. К 2014 г. его площадь сократилась почти в 2 раза – до 8 %, и сохранилось на этом же уровне в 2020 г. (Рис. П5а-в). Заращение пятен происходит в основном за счет мохообразных (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Ptilidium ciliare*, *Tomentypnum nitens*) и кустарничков (*Dryas octopetala* subsp. *subincisa*, *Salix reticulata*). Доля кустистых лишайников в заращении пятен сократилась с 16 % в 1999 г. до 9 % в 2020 г. Покрытие трав за 21-летний период возросло с 7 до 15 %, в основном за счет разрастания хвоща *Equisetum arvense* и появления вейника *Calamagrostis lapponica*. Кустарниковые ивы *Salix glauca* и *S. lanata* сохранились на тех же позициях – в сырых ложбинках, занимающих 23 % площади в 1999 г. и 32 % в последующие годы. Однако они сильно увеличились по высоте – с 15-20 см в 1999 г. до 30-40 (макс. 50) см в 2020 г.



Рисунок 5. Сообщество асс. *Dryado octopetalae–Hylocomieteum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris* (с 3-членной структурой) на площадке М9 в динамике: **а** – 1999 г., **б** – 2014 г., **в** – 2020 г.

На площадке М11 (Рис. ба-в) в 1999 г. на голый грунт приходился 1 % площади площадки, на долю грунта с криптогамными корочками и мелкими цветковыми – 5 %. К 2014 г. голый грунт занимал те же 1 %, площадь пятен с корочками сократилась до 2 %; в 2020 г. эти значения составили 0 и 1 % (Рис. П6а-в). Поверх корочек поселились мохообразные (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Ptilidium ciliare*, *Tomentypnum nitens*) и кустарнички (*Arctous alpina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Salix reticulata*). Доля пятен, заросших подушками кустистых лишайников, за годы

мониторинга была 20-22 %. В динамике выросло покрытие мхов, кустарничков и трав. Последних – за счет увеличения обилия *Calamagrostis lapponica* и *Carex bigelowii* subsp. *arctisibirica* и в меньшей степени хвоща. С 1999 по 2020 гг. незначительно увеличилась площадь ложбинок с мхами – с 16 до 20 % и высота ивы *Salix glauca* в ложбинках – с 15-20 см в 1999 г. до 20-25 (макс. 35) см в 2020 г.



Рисунок 6. Сообщество асс. *Dryado octopetalae*–*Hylocomietum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris* (с 3-членной структурой) на площадке М11 в динамике: **а** – 1999 г., **б** – 2014 г., **в** – 2020 г.

На площадке М12 в 1999 г. 8 % площади приходилось на пятна голого тяжелого суглинка с сильно ноздреватой поверхностью с белыми соляными корочками на бугорках и отдельными крупными камнями; еще 2 % занимали пятна с черными криптогамными корочками и единичными мелкими цветковыми растениями. В 2014 г. на голый суглинок приходилось лишь 2 %, а 5 % поверхности оказалась покрыта криптогамными корочками с цветковыми. В 2020 г. голый грунт занимал менее 1 % площади, на криптогамные корочки с цветковыми приходилось те же 5 %. Доля пятен, заросших мхами и кустарничками, варьировала в пределах 6-12 %, а кустистыми лишайниками – 18-24 % (Рис. П7а-в, П8). Трав стало больше в 2 раза (с 10 до 20 %), за счет увеличения обилия *Calamagrostis lapponica*, *Carex bigelowii* subsp. *arctisibirica* и *Petasites frigidus*. У растущей по ложбинкам ивы *Salix glauca* увеличились и покрытие (с 5 до 15 %), и высота с 15-20 см в 1999 г. до 30 см в 2020 г.

Стланиковоерниковые кустарничково-лишайниковые сообщества асс. *Loiseleurio-Diapensietum* субасс. *salicetosum nummulariae* на слабо выпуклых вершинах сопок характеризуются нерегулярно-мозаичной горизонтальной структурой. В растительной дернине чередуются синузии темноокрашенных (*Alectoria nigricans*, *Bryocaulon divergens*, *Bryoria nitidula*) и светлоокрашенных (*Cladonia arbuscula*, *C. Rangiferina*, *Alectoria ochroleuca*, *Flavocetraria nivalis*) лишайников, куртины кустарничков (*Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Empetrum hermaphroditum*, *Arctous alpina*) и кустарника *Betula nana*, имеющего форму стланика. Дернина местами прерывается небольшими пятнами заросшего криптогамными корочками или открытого грунта.

На площадке М3 (Рис. 7а-г) в 1999 г. было зарегистрировано 15 пятен легкого суглинка, округлых или овальных, размерами в пределах 0.5-1.0 м, с отчетливыми краями и ноздреватой поверхностью, находящейся ниже поверхности мохово-лишайникового покрова. Пятна были покрыты в основном криптогамными корочками из водорослей и печеночников и редкими талломами

лишайников. Покрытие *Gymnomitrium corallioides* на площадке было 3 %, доля открытого суглинка – <1 %. В 2014 г. на прежнем месте сохранились 10 из 15 пятен, при этом большинство из них лишь угадывались по перепаду высоты, поскольку оказались затянuty сверху побегами *Empetrum hermaphroditum*. Корочки *Gymnomitrium corallioides* на 5-ти пятнаx занимали площадь 0.3-0.5 м², на 3-х – менее 0.3 м², на остальных – отсутствовали, а на поверхности росли кустистые (*Stereocaulon* spp.) и листоватые (*Peltigera* spp., *Solorina* spp.) лишайники и кустарнички. Покрытие *Gymnomitrium corallioides* было 2 %. К 2020 г. зарастание пятен продолжилось, корочки *Gymnomitrium corallioides* сохранились лишь на 6-ти наиболее крупных пятнаx, а в целом его покрытие на площадке – <1 % (Рис. П9а-в). Большинство пятен полностью или частично затянuty мхами, лишайниками и кустарничками и их трудно обнаружить. В 1999 и 2014 гг. в покрове было много подушек темноокрашенных лишайников, часто окружающих пятна, их доля – 8-9 %, в 2020 г. она уменьшилась до 3 %. В динамике изменились покрытие и высота кустарников: в 1999 г. покрытие 8 % (*Betula nana* – 6 % и *Salix glauca* – 2 %), высота ивы – 10 (до 15) см; в 2014 г. покрытие в 2 раза больше – 15 % (*Betula nana* – 10 % и *Salix glauca* – 4 %), высота ивы – около 20 см; в 2020 г. покрытие кустарников осталось на уровне 2014 г., однако заметно подросла ива, высота *Salix glauca* составила 25 (до 35) см.

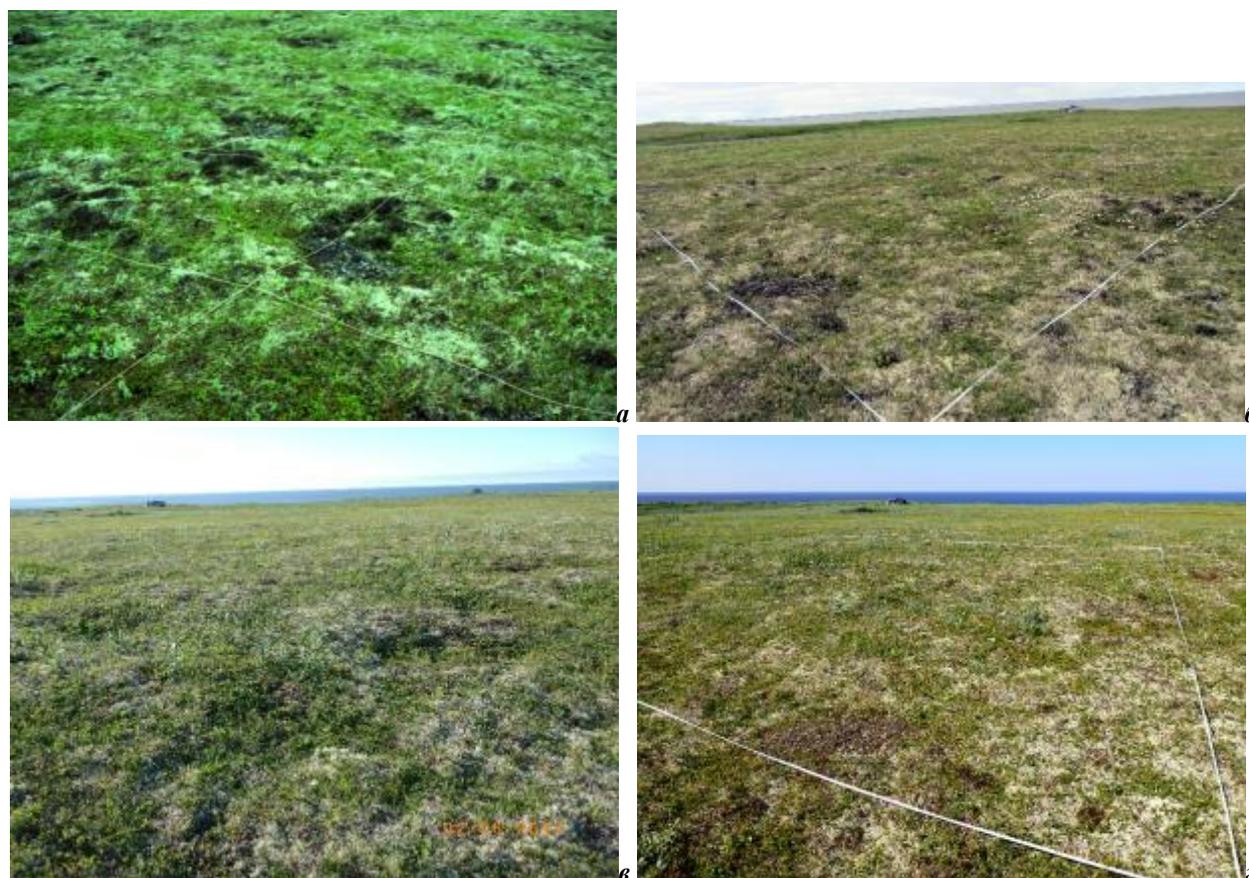


Рисунок 7. Сообщество асс. *Loiseleurio-Diapsietum* субасс. *salicetosum nummulariae* на площадке М3 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2017 г., *з* – 2020 г.

На площадке М4 (Рис. 8а-г) в 1999 г. на площадке было 35 пятен, от округлых 20-50 см в диам. до вытянутых в длину до 1.5 м. Они выглядели погруженными в растительную дернину, поскольку находились на 3-5 см ниже ее поверхности. Поверхность пятен была слабовыпуклая, суглинистая с обилием дресвы, голая или покрытая водорослевыми корочками. На площадке доля открытого грунта составляла 7 %, покрытого криптогамными корочками – 4 %. В 2014 г. доля открытого суглинка сократилась до 1 %, в центральной части 10-ти пятен зафиксированы фрагменты свежесдавленного суглинка (до 20 см в диам.). Большинство пятен частично или полностью покрылись криптогамными корочками (4 %), а по периферии заросли кустистыми лишайниками (в основном *Bryocaulon divergens*) и кустарничками (*Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Arctous alpina*). Перепад в нанорельефе между пятнами и кустарничково-лишайниковой дерниной сохранился, поэтому пятна были узнаваемы. В 2020 г. поверхность площадки более-менее

выровнялась, перепад по высоте между пятнами и основной поверхностью стал заметен слабо. Пятна в основном покрыты теми же, что и в дернине, кустарничковыми и лишайниковыми синузиями, с сохранившимися небольшими фрагментами корочек из *Gymnomitrium coralloides*; новые пятна изливания суглинка (до 20 см в диам.) отмечены в центре лишь 2-х заросших пятен. Доля грунта с криптогамными корочками – 2 % (Рис. П10а-в, П11). В разреженном травяном ярусе стал заметен *Equisetum arvense* (покрытие 2 %) и ива. Покрытие *Salix glauca* увеличилось с «+» до 1 %, высота с 10 до 20 см.



Рисунок 8. Сообщество асс. *Loiseleurio-Diapensietum* субасс. *salicetosum nummulariae* на площадке М4 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2017 г., *г* – 2020 г.

В кустарничково-лишайниковых сообществах асс. *Cladonietum rangiferino-arbusculae* растительная дернина сплошная с мозаичной горизонтальной структурой, обусловленной вкраплениями куртин кустарничков (*Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*), плотных дерновинок *Dicranum elongatum* и листьев морошки *Rubus chamaemorus* в основной светлый фон из кустистых кладоний (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*). Основные изменения в структуре, которые произошли на площадке М2 (Рис. 9а-в) за 15- и 21-летний период, – это увеличение мозаичности за счет изменения покрытия видов разных жизненных форм. В 2014 г., по сравнению с 1999 г., стало чуть больше трав – покрытие *Rubus chamaemorus* увеличилось от “+” до 5 %, *Eriophorum vaginatum* – от “+” до 1 %; немного увеличилось (с 15 до 20 %) покрытие кустарничков (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*). В 2020 г. в лишайниковом покрове стало меньше *Cladonia stellaris* (с 5 до 2 %), появились плотные дерновинки *Dicranum elongatum* (2 %), стало больше кустарничков (с 15 до 25 %).



Рисунок 9. Сообщество асс. *Cladonietum rangiferino-arbusculae* на площадке М2 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.

Пушицевые кочкарники асс. *Pleurozio schreberi–Eriophoretum vaginati* субасс. *sphagnetosum lenenses*, занимающие 2 мониторинговые площадки, отличаются между собой по горизонтальной структуре.

На площадке М1 кочки пушицы (*Eriophorum vaginatum*) более-менее равномерно распределены среди кустарничково-морошково-лишайниково-мохового покрова. За прошедший 15- и 21-летний период после 1999 г. покрытие трав значительно увеличилось – *Eriophorum vaginatum* с 10 до 30 % и *Rubus chamaemorus* с 20 до 30 %; в напочвенном покрове стало больше *Sphagnum balticum* (с 30 до 40 %).

На площадке М7 (Рис. 10а-г) кочки *Eriophorum vaginatum* концентрируются вокруг пятен близко залегающего суглинка. На основных поверхностях, где почвы торфянисто-глеевые (толщина торфа 20–45 см, под ним оглеенный суглинок) покров кустарничково-морошково-моховый, а на пятнах где мощность торфа до 5 см, под ним тиксотропный суглинок в 1999 г. преобладали лишайники (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*). За 21-летний период расположение пятен почти не изменилось, как и форма, которая угадывается по кочкам пушицы, растущей по их границе. Однако со временем сильно сократилась площадь кустарничково-лишайниковых микрогруппировок на пятнах – с 24 % в 1999 г. до 7 % в 2020 г., лишайники заместились мхами и кустарничками (Рис. П12а-в, П13). В моховом покрове на площадке перераспределилось соотношение видов – стало больше сфагновых мхов при уменьшении зеленых (*Aulacomnium palustre*). Покрытие кустарничков увеличилось с 30 до 45 % за счет разрастания *Empetrum hermaphroditum* и *Vaccinium vitis-idaea*, покрытие пушицы *Eriophorum vaginatum* – с 10 до 15 %. В 1999 г. на двух пятнах росли несколько побегов ивы высотой 10 см, в 2020 г. они обнаружены на тех же местах, увеличившись в числе и высоте (до 20 см).

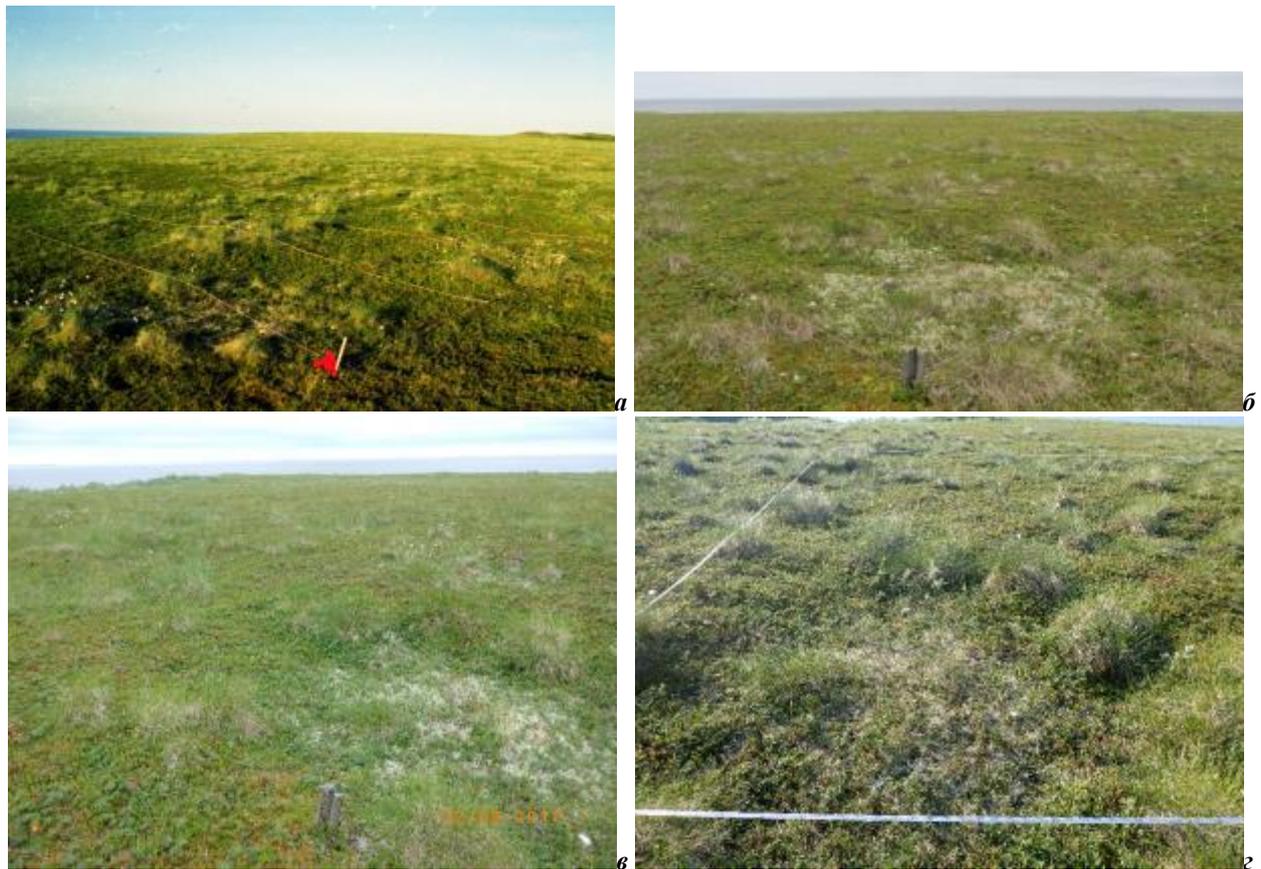


Рисунок 10. Сообщество асс. *Pleurozio schreberi–Eriophoretum vaginati* суббасс. *sphagnetosum lenenses* на площадке М7 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2017 г., *з* – 2020 г.

На повышенных участках полигональных торфяников кустарничково-морошково-лишайниковое сообщество асс. *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* имеет мозаичную горизонтальную структуру, которая в динамике стабильна. Основные изменения отмечены в трещинах с кустарничково-морошково-моховым покровом.

В границы площадки М8 (Рис. П14а-в) в 1999 г. полностью или частично попало 6 крупных вытянутых (3–5 и более метров длиной) полигонов со слабо выпуклой поверхностью, разделенных неглубокими трещинами (перепад высот – до 20 см). В 2020 г. пропорции полигонов и трещин сохранились – 65 и 35 %, соответственно, рисунок их тоже в целом не изменился. На полигонах покров по-прежнему мозаичный из светлоокрашенных лишайников (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*) с вкраплениями кустарничков (*Ledum palustre* subsp. *decumbens*, *Vaccinium uliginosum* subsp. *microphyllum*) и трав (*Rubus chamaemorus* и *Carex bigelowii* subsp. *arctisibirica*). В трещинах за 15-21-летний период заметно увеличилось покрытие ивы *Salix glauca* (с 2 % в 1999 г. до 5 % в 2020 г.) и высота ее побегов (с 10 до 25 см). Присутствие ивы свидетельствует о близком залегании суглинка в трещинах. На всей площадке стало больше *Rubus chamaemorus* (покрытие выросло с 7 до 25 %).

Площадка М10 (Рис. 11а-в) в 1999 г. была заложена на полигональном торфянике в непосредственной близости от высокого берега морской террасы. Она разделена пересекающимися в центральной части трещинами (глубиной от 10 см до 70 см в месте слияния) на 4 почти плоских полигона. В 2020 г. рисунок полигонов и трещин в целом не изменился, но последние чуть расширились, и их доля увеличилась с 31% в 1999 г. до 37 % в 2020 г. (Рис. П15а-в). На полигонах покров мозаичный морошково-кустарничково (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium* spp.)-лишайниковый (*Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*), в неглубоких (10 см) трещинах – морошково-сфагновый, при увеличении глубины до 40 см – с верхним ярусом из *Ledum palustre* subsp. *decumbens* и *Betula nana*, в глубоких (40-70 см) – багульниковый без мхов; место пересечения трещин обводнено и заполнено сфагновыми мхами, включая *Sphagnum riparium* и *S. squarrosum*. Высота *Betula nana* со временем не изменилась – на полигонах – до 10 см и в трещинах – до 40 см.



Рисунок 11. Сообщество асс. *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* на торфяных полигонах площадки М10 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.

Изменения глубины сезонно-талого слоя

В зональных сообществах промеры СТС были сделаны во все годы мониторинга во второй половине июля на разных элементах горизонтальной структуры (Табл. П4).

На ровных участках дернины с дриадово-гилокомиевым покровом средняя глубина протаивания в 1999 г. равнялась 63 см, в 2014 г. – 89 см, в 2020 г. – 105 см. На валиках с кустарничково-осоково-лишайниковым покровом эти значения в 1999 г. находились в пределах 29-40 см, в 2014 г. – 24-27 см, в 2020 г. – 89-108 см. В ложбинках с мхами и кустарниками (*Salix* spp.) средние значения СТС в 1999 г. и 2014 г. находились в пределах 20-38 см, в 2020 г. между площадками оказался разброс – на М9, М11 и М12 СТС была в пределах 39-54 см, а на площадках М5 и М6, расположенных на более высоких элементах мезорельефа, мерзлота обнаружена на глубине 81 и 105 см. На пятнах обнаженного суглинка и пятнах с криптогамными корочками средние значения СТС в 1999 г. находились в пределах 82-94 см, в 2014 г. и 2020 г. – 92-125 см.

В стланиковоерниковых кустарничково-лишайниковых сообществах (асс. *Loiseleurio-Diapensietum* субасс. *salictosum nummulariae*) (Табл. П5) на площадке М3 на ровных участках с лишайниково-кустарничковым покровом средние значения СТС во второй половине июля в 1999 г. были 20 см, в 2014 г. – 34 см, в 2020 г. – 103 см; на пятнах, покрытых криптогамными корками, эти значения по годам – 53, 74 и 103 см; в западинах с мохово-ерниковым покровом в 2014 г. – 29 см, в 2020 г. – 87 см. На площадке М4 различия СТС в 1999 г. и в 2014 г. были небольшими на разных элементах рельефа: лишайниково-кустарничковый покров – 70 и 76 см, западины с мхами – 59 и 54 см, пятна – 70 и 77 см. Во второй половине июля 2020 г. значения СТС на всех элементах рельефа были больше 100 см.

В заболоченных сообществах (полигональные торфяники асс. *Rubo chamaemori–Dicranetum elongati* и пушицевые кочкарники асс. *Pleurozio schreberi–Eriophoretum vaginati* субасс. *sphagnetosum lenenses*) в 1999 г. и в 2014 г. существенных различий в величинах СТС не было ни под кустарничково-лишайниковой дерниной, ни под морошково-багульниково-моховым покровом (Табл. П6). Все средние значения варьировали в диапазоне 22-33 см. В 2020 г. величины сезонного

протаивания на этих элементах рельефа были существенно, в 1.5-2.5 раза, больше. Такая же картина и под кочками пушицы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь между изменением климата и растительностью в Арктике опосредована физическими факторами, которые имеют более длительную ответную реакцию, чем прямое воздействие температуры воздуха. Основные из них – наличие вечной мерзлоты, температура почвы в корнеобитаемой зоне, которая сдерживается термоизолирующей моховой дерниной, высота снежного покрова и влажность почвы, контролирующие продуктивность растений [Jorgenson et al., 2015].

За последние два десятилетия начали накапливаться наземные данные, документирующие изменения участков нетронутой растительности в Арктике с течением времени. Мониторинг на 27 долговременных площадках на севере Аляски в период с 1984 по 2009 гг. показал пространственную неоднородность реакции растительности на изменение климата. Вместо предсказанного по NDVI широкомасштабного «позеленения» тундры, в разных типах сообществ обнаружены разнонаправленные тенденции. В целом за 25-летний период на большинстве площадок состав растительных сообществ практически не изменился; покрытие мохообразных и листопадных кустарников имело тенденцию к небольшому снижению; вечнозеленые кустарнички, хвощи трендов не имели; тенденции изменений для лишайников, злаков и разнотравья варьировали в зависимости от типа растительного сообщества. Однако на нескольких площадках, где из-за таяния жильных льдов трансформировался микрорельеф и увеличилась влажность почвы, изменения в растительности оказались быстрыми и сильными [Jorgenson et al., 2015].

Полигонизация увалов (образование системы бугров (7-10 м в поперечнике) и разделяющих их ложбин (от 2 до 5 м шир.) со значительным (от 0.5 до 1.0 м) превышением по высоте) в результате таяния жильных льдов зафиксирована и в центральносибирском секторе Арктики (Тарей и Диксон на Таймыре), однако изменений состава и структуры зональных растительных сообществ на момент обследования не выявлено [Матвеева и Заноха, 2013; Матвеева, 2020]. Полагаем, что авторы застали начало этого процесса, а ответ растительности имеет определенный лаг-период. Н.В. Матвеева [2020] признает, что: «...в перспективе можно прогнозировать серьезные изменения покрова на громадных пространствах. ...Различия в глубине снежного покрова и продолжительности его лежания на двух элементах мезорельефа станут причиной все усиливающихся различий в экологических условиях, что постепенно приведет к изменению состава и, как следствие этого, к дифференциации растительности в виде формирования разных синтаксонов» (с. 36).

J.C. Jorgenson et al. [2015] констатируют, что реакция на изменение климата вряд ли будет одинаковой для мозаики различных растительных сообществ, распределение которых в локальном масштабе определяется не температурой воздуха, а топографическим положением, поскольку оно определяет такие факторы, как влажность почвы, текстура, подземный лед и содержание питательных веществ в почве.

Мониторинг в тундрах Аляски и канадской Арктики, проводимый в том числе на одном участке в течение почти двух десятилетий в более поздний период (1999-2017 гг.) [Myers-Smith et al., 2019], наряду с неоднородностью ответов растительности, позволил зафиксировать тенденции увеличения общего проективного покрытия и уменьшение покрытия пятен голого грунта в тундровых экосистемах, увеличения обилия и высоты вечнозеленых и листопадных кустарников и кустарничков, злаков при сокращении мхов и лишайников [Gould et al., 2009; Elmendorf et al., 2012; Harris et al., 2021].

Наше исследование в целом подтверждает эти, по-видимому, «общearктические» тенденции.

По данным метеорологических наблюдений за последние 35 лет на Европейском Севере произошли существенные климатические изменения. Установлено повышение среднегодовой, среднелетней и среднезимней температуры воздуха (тренд около 0.09 °С/год), отмечена слабая тенденция к увеличению годового количества осадков и толщины снежного покрова [Малкова и др., 2018]. Для восточноевропейских тундр показано изменение климатических индексов, важных для растений, – увеличение продолжительности периода вегетации (в среднем на 2 недели) и суммы накопленного за этот период тепла (в среднем на 85 °С), значимое уменьшение годового числа заморозков (на 14-21 день) [Lavrinenko et al., 2022]. Столь длительное потепление климата в регионе, по-видимому, не может не сказаться на составе и структуре растительных сообществ. Хотя еще

недавно, после обследования мониторинговых площадок в 2014 г. (через 15 лет), мы делали заключение о медленном отклике растительности на потепление и о ее стабильности в целом [Лавриненко и Лавриненко, 2017a, 2017b, 2020].

Результаты более длительного 21-летнего периода мониторинга позволили установить некоторые тенденции в изменении растительных сообществ разных синтаксонов. Наибольшие структурные трансформации произошли в сообществах асс. *Dryado octopetalae–Hylocomietum splendidis* субасс. *caricetosum capillaris* со сложной 2-3-членной пространственной структурой. Основное – это исчезновение «ноздреватого» рисунка на поверхности пятен грунта (результат морозного кипения) и их постепенное зарастание криптогамными корочками, мелкими цветковыми растениями, мхами и кустарничками. Если в зональных тундрах площадь крупных пятен значительно сократилась, то более мелкие пятна в кустарничково-лишайниковых сообществах асс. *Loiseleurio-Diapensietum* субасс. *salicetosum nummulariae* почти полностью покрылись лишайниками, мхами и кустарничками. Отмечено постепенное выравнивание поверхности площадок: в первом случае за счет частичного опускания валиков, во втором – за счет пропадания перепада по высоте между поверхностью заросших пятен и дернины.

Основная часть видов растений была обнаружена на площадках во все годы обследования. На пяти из них с наиболее флористически богатыми зональными тундрами было выявлено всего – 160 видов, из них 22 (14 %) отмечены единожды. На трех площадках с кустарничково-лишайниковыми сообществами из 90 видов таких – 7 (8 %), а на четырех с заболоченными сообществами из 95 видов – 10 (11 %). В пределах каждой площадки изменение общего числа видов по годам было в пределах 7–24 %. Важно понимать, что такая вариабельность состава обусловлена нахождением (появлением) / пропуском (исчезновением) редких и единичных видов преимущественно мхов и лишайников (включая накипные). Это вполне объяснимо и связано с тем, что выявить все мелкие споровые организмы на площадках площадью 100 м² процесс очень трудоемкий. Кроме того, многие виды бриофитов невозможно детерминировать в полевых условиях и их выявление зависит от квалификации геоботаника, выполняющего описание и осуществляющего сборы образцов. За 21-летний период между первоначальным и последним обследованиями опыт выполнения геоботанических описаний у авторов значительно прибавился. При заложении площадок в 1999 г. мхи были выявлены менее полно, чем в последующие годы мониторинга, преимущественное большинство видов кустарников, кустарничков и трав обнаружено во все годы мониторинга. Поэтому однозначно утверждать, что сообщества реагируют на потепление климата изменением состава нельзя.

В то же время установлено изменение в обилии ряда видов, которое может быть обусловлено климатическими факторами. На многих площадках произошло общее отравянивание (за счет осоки, злаков, пушицы, морошки) и особенно заметное увеличение активности у *Equisetum arvense*. В исследовании J.C. Jorgenson et al. [2015] на севере Аляски для хвощей не было установлено трендов в изменении покрытия за период с 1984 по 2009 гг. В 2014 г. мы тоже еще не отмечали сильных различий в покрытии этого вида на площадках, по сравнению с 1999 г., однако позже, в 2017 и 2020 гг., хвощ уже создавал зеленый аспект в зональных тундрах (см. Рис. 3, 4).

Мы не можем гарантировать, что в разные годы абсолютно точно оценивали проективное покрытие разных видов, однако фактор субъективности снимается при прямых измерениях высоты кустарников. Высота у ив *Salix glauca* и *S. lanata*, составляющая в 1999 г. преимущественно 10-15 см, за годы мониторинга на всех площадках увеличилась в 1.5-2.5 раза. Интересно отметить, что на севере Аляски (Atqasuk, 70°27'N, 157°24'W, подзона D на CAVM) за более короткий период получены близкие значения – с 2010 по 2019 гг. высота листопадных кустарников увеличилась с 11.5 до 20.5 см ($r^2 = 0.11$) (Harris et al., 2021). В работе I.H. Myers-Smith et al. [2011] перечислены места по всей Арктике, где есть свидетельства увеличения обилия и высоты кустарников.

Акцентируем внимание на исчезновении в 2020 г. на площадках с зональными тундровыми сообществами арктического вида *Saxifraga oppositifolia*, тогда как в 1999 г. он в небольшом обилии рос на пятнах грунта на всех площадках, а в 2014 г. особи еще отмечали, но со слабой жизнеспособностью.

В нашем исследовании зафиксировано постепенное со временем уменьшение покрытия лишайников в заболоченных пушицевых кочкарниках асс. *Pleurozio schreberi–Eriophoretum vaginati* субасс. *sphagnetosum lenenses*, замещение их кустарничками и зелеными мхами, а последних – сфагновыми. В работе J.C. Jorgenson et al. [2015] покрытие лишайников тоже имело тенденцию к снижению в кустарничково-кочкарных тундрах (по модельной оценке, от 17 % до 10 %) и в горных

осоково-дриадовых тундрах (от 22 % до 9 %) с изменениями только на 2 % в двух других типах сообществ.

В 1999 и в 2014 гг. существовал большой разброс в значениях величины СТС между разными элементами рельефа в пределах площадок (закономерно на пятнах грунта значения были много больше, чем на элементах рельефа с напочвенным покровом), тогда как в 2020 г. эти различия отсутствовали или были намного меньше. Поскольку мы измеряли СТС не в конце теплого периода, а во второй половине июля, то они свидетельствуют, по-видимому, о более теплом 2020 г. (или более многоснежной предшествующей зиме), поэтому протаивание произошло к этому времени на бóльшую глубину, чем в 1999 и 2014 гг. Если усреднить все измерения по годам, то значения СТС в 1999 г. составили 49 ± 24 см, в 2014 г. – 44 ± 26 см, а в 2020 г. – 82 ± 30 см.

На расположенной на мысе Болванский Нос площадке CALM глубина СТС измеряется ежегодно по стандартному протоколу вручную, с использованием металлического щупа с 4-кратной повторностью на каждом узле сетки в конце теплого периода [Малкова и др., 2019]. Этот показатель в разных ландшафтах изменяется в пределах 10-15 % в разные годы, но существенного тренда увеличения глубины СТС не наблюдается (Рис. 12).

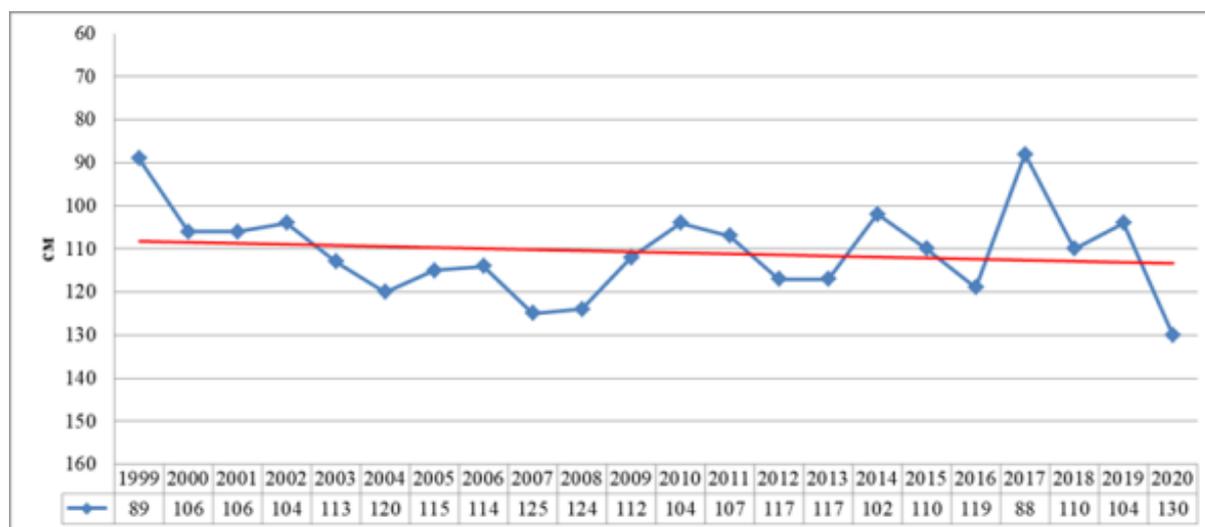


Рисунок 12. Средняя глубина протаивания ММП (см) на площадке CALM R-24 (Болванский), по: Г.В. Малкова [2019].

Констатируется, что временная динамика глубины протаивания обусловлена динамикой температуры воздуха, особенно в зимний период, и толщины снежного покрова. В долговременном (1984-2009) исследовании J.C. Jorgenson et al. [2015] на севере Аляски для глубины протаивания вечной мерзлоты трендов также не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование на северо-западе Большеземельской тундры является одним из первых в Российской Арктике, в котором на большом массиве фактологических данных представлены убедительные доказательства продолжающихся направленных изменений растительного покрова.

Результаты обследования 12 мониторинговых площадок показали, что к 2020 г. кардинальных изменений ландшафта, таких как полигонизация увалов в результате таяния жильных льдов (как на Аляске и Таймыре) не произошло. Тем не менее, в растительном покрове отмечены заметные сдвиги, усилившиеся в последние 6 лет (2014-2020) мониторинга:

- утратила место четкая структура «пятно – валик – ложбинка» в зональных тундрах в результате зарастания пятен и частичного опускания валиков (местами они слились с заросшими кустарничково-лишайниковым покровом пятнами и стали восприниматься как ровная дернина);

- активное зарастание пятен грунта криптогамными корочками, мелкими травянистыми растениями, кустарничками, зелеными мхами или подушками кустистых кладоний привело к увеличению общего проективного покрытия растительности в кустарничково-лишайниковых и редкоивовых осоково-кустарничково-моховых тундрах;

- новообразование пятен не зарегистрировано нигде, но в пределах старых пятен на площадке М4 на вершине сопки отмечены единичные небольшие свежие излияния суглинка;
- увеличилось проективное покрытие трав, особенно заметное у хвоща *Equisetum arvense* в зональных тундрах; по результатам полевых исследований в последние годы мы отмечаем, что активность хвощей возросла в разных сообществах – разные виды *Equisetum* создают аспект на склоновых лугах, в травяном ярусе кустарниковых зарослей, на зарастающих песках и суглинках и в тундрах.
- высота кустарниковых ив *Salix glauca* и *S. lanata*, составляющая в 1999 г. преимущественно 10-15 см, увеличилась в 1.5-2.5 раза.

Наши результаты в целом согласуются с тенденциями трансформации растительности под влиянием климатических факторов, установленными в американском секторе Арктики.

В последние годы мы внедрили опыт использования БПЛА, который совместно с программным обеспечением ArcGIS и Patch Analyst позволяет более точно картировать растительный покров на мониторинговых площадках и количественно оценивать площади контуров, и в итоге – скорость изменений пространственной структуры растительных сообществ. Геоботанические обследования рекомендуется проводить с регулярностью раз в 5 лет (чаще не целесообразно из-за возможного вытаптывания при выполнении описаний площадки).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают большую благодарность О.М. Афоной (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН – БИН) за определение мхов, директору С.А. Золотому, научному сотруднику Т.В. Дьячковой и инспекторам заповедника «Ненецкий» за помощь при проведении экспедиций. Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИН по теме № 122041100242-5. Обработка материалов и полевые исследования в 2020 г. проведены за счёт гранта РФ (проект № 20-17-00160).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. 2021. М. 104 с. URL. http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf (дата обращения: 01.05.2022) [Report on climate features in the Russian Federation for 2020. M. P.104. URL. http://www.meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf (date of the application: 01.05.2022)(in Russian)].

Лавриненко И.А. и Лавриненко О.В. 2017а. Заболоченные сообщества мониторинговых площадок стационара «Болванский» // Материалы международного полевого симпозиума «Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты» 22 июля - 4 августа 2017 г. Инта-Сыктывкар-Нарьян-Мар. С. 91-93 [Lavrinenko I.A. i Lavrinenko O.V. 2017a. Zabolochennyye soobshchestva monitoringovykh ploshchadok statsionara «Bolvanskii» // MaterialsoftheInternationalFieldSymposium «BolotnyeekosistemySevero-VostokaEvropyiproblemyekologicheskoi restavratsii v zonenmogoletneimerzloty» 22 July - 4 August 2017. Inta-Syktvykar-Nar'yan-Mar. P. 91-93 (in Russian)].

Лавриненко О.В. и Лавриненко И.А. 2017б. Стабильность тундровых сообществ в изменяющемся климате // Растения в холодном регионе. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Якутск, 20-21 октября 2016 г. Якутск. С. 140-149 [Lavrinenko O.V. i Lavrinenko I.A. 2017b. Stabil'nost' tundrovyykh soobshchestv v izmenyayushchemsya klimate // Rasteniya v kholodnom regione. A collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Yakutsk, October 20-21, 2016 Yakutsk. P. 140-149 (in Russian)].

Лавриненко О.В. и Лавриненко И.А. 2018. Зональная растительность равнинных восточноевропейских тундр // Растительность России. №. 32. С. 35–108. DOI:10.31111/vegus/2018.32.35 [Lavrinenko O.V. and Lavrinenko I.A. 2018. Zonal'naya rastitel'nost' ravninnykh vostochnoevropeiskikh tundr // Rastitel'nost' Rossii. N. 32. P. 35–108. DOI:10.31111/vegus/2018.32.35(in Russian)]

Лавриненко О.В. и Лавриненко И.А. 2020. Стабильность состава и структуры тундровых сообществ в изменяющемся климате // Тез. докл. международной научной конференции «Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики». г. Санкт-Петербург, 2-4 марта 2020 г. СПб: ГИЦ РФ ААНИИ. С. 387-391 [Lavrinenko O.V. i Lavrinenko I.A. 2020. Stabil'nost' sostava i struktury tundrovyykh soobshchestv v izmenyayushchemsya klimate // Abstracts of the International Scientific Conference "Comprehensive Studies of the Natural Environment of Arctic and Antarctic". St. Petersburg, March 2-4, 2020. SPb: SSC RF AARI. P. 387-391(in Russian)].

Лавриненко О.В., Петровский В.В., Лавриненко И.А. 2016. Локальные флоры островов и побережья юго-восточной части Баренцева моря // Ботанический журнал. Т. 101. № 10. С. 1144-1190 [Lavrinenko O.V., Petrovskii V.V., Lavrinenko I.A. 2016. Lokal'nyefloryostrovovipoberezh'yayugo-vostochnoichastiBarentsevamorya // BotanicheskiiZhurnal. V. 101. N. 10. P. 1144-1190 (in Russian)].

- Малкова Г.В., Коростелев Ю.В., Садуртдинов М.Р., Сворцов А.Г., Царев А.М. 2018. Современные климатические изменения и температурный режим многолетнемерзлых пород Европейского Севера // Сборник докладов расширенного заседания научного совета по криологии Земли РАН «Актуальные проблемы геоэкологии». МГУ им. М.В. Ломоносова, 15-16 мая 2018 г. М.: «КДУ», «Университетская книга». С. 98–104 [MalkovaG.V., KorostelevYu.V., SadurtdinovM.R., SkvortsovA.G., TsarevA.M. 2018. *SovremennyyeklimaticheskiesizmeneniyaitemperaturnyirezhimnogoletnemerzlykhporodEvropeiskogoSevera* // A collection of reports of the expanded meeting of the Scientific Council on Cryology of the Earth of the Russian Academy of Sciences "Aktual'nye problemy geokriologii" Moscow State University. M.V. Lomonosov, May 15-16, 2018. M.: «KDU», «Universitetskaya kniga». P. 98–104 (in Russian)].
- МалковаГ.В., СворцоваА.Г., ЦаревА.М., СадуртдиновМ.Р. 2019. ОтчетпоэкспедицииПечорскогополевогоотрядаИКЗ СО РАН (16 августа 2019 г. – 2 сентября 2019 г.). Фонды ГПЗ «Ненецкий». С. 20 [MalkovaG.V., SkvortsovA.G., TsarevA.M., SadurtdinovM.R. 2019. *Otchet po ekspeditsii Pechorskogo polevogo otryada IKZ SO RAN* (August 16, 2019 - September 2, 2019). *Fondy GPZ «Nenetskiy»*. P. 20 (in Russian)]
- Матвеева Н.В. и Заноха Л.Л. 2013. Стабильность растительного покрова при существенной трансформации ландшафта в тундрах Западного Таймыра // Тр. Всерос. научной конференции «Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана» (Сыктывкар, 3-7 июня 2013 г.). Сыктывкар. С. 96-106 [MatveevaN.V. iZanokhaL.L. 2013. *Stabil'nost' rastitel'nogo pokrova pri sushchestvennoy transformatsii landshafta v tundrach Zapadnogo Taimyra* // Proceedings of the All-Russian Scientific Conference "Biostasis of the Ecosystems of the Far North: inventory, monitoring, protection" (Syktyvkar, June 3-7, 2013). Syktyvkar. P. 96-106 (in Russian)].
- МатвееваН.В. иЛавриненкоО.В. 2021. Чек-лист синтаксонов Российской Арктики: текущее состояние классификации растительности // Растительность России. № 42. С. 3-41. DOI:10.31111/vegus/2021.42.3 [MatveevaN.V. iLavrinenkoO.V. 2021. *Chek-list sintaksonov Rossiiskoi Arktiki: tekushchee sostoyanie klassifikatsii rastitel'nosti* // Vegetation of Russia. N 42. P. 3-41. DOI:10.31111/vegus/2021.42.3(in Russian)]
- Матвеева Н.В. 2020. Масштабная трансформация водораздельных увалов в связи с деградацией жильных льдов в Арктике // Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики. Тезисы докладов международной научной конференции (Санкт-Петербург, 02–04 марта 2020 года). Санкт-Петербург. С. 391-394 [MatveevaN.V. 2020. *Masshtabnaya transformatsiyavodorazdel'nykhuvolovsvyazisdegradatsieizhil'nykhldovvArktike* // KompleksnyeisledovaniyaprirodnoisredyArktikiiAntarktiki. Abstracts of the International Scientific Conference (St. Petersburg, March 02–04, 2020). St. Petersburg. P. 391-394 (inRussian)].
- Оберман Н.Г. 2001. Внутривековая динамика мерзлой зоны европейского северо-востока России // Материалы Второй конф. геоэкологов России. Т. 2. М.: Изд-во Моск. ун-та. С. 212–217 [ObermanN.G. 2001. *Vnutrivekovaya dinamika merzloi zony evropeiskogo severo-vostoka Rossii* // Materials of the second conf. geocryologists of Russia. V. 2. M.: Publishing House MSU. P. 212–217(in Russian)].
- ОсадчаяГ.Г. иТумельН.В. 2012. Локальные ландшафты как индикаторы геоэкологической зональности (на примере Европейского Северо-Востока) // Криосфера Земли. Т. 16. № 3. С. 62–71 [OsadchayaG.G. iTumel' N.V. 2012. *Lokal'nyelandshaftykakindikatorygeokriologicheskoi zonal'nosti* (naprimereEvropeiskogoSevero-Vostoka) // Earth'sCryosphere. V. 16. N 3.P. 62–71 (inRussian)].
- Потёмкин А.Д. и Софронова Е.В. 2009. Печеночники и антоцеротовые России. Т. 1. Санкт-Петербург – Якутск. 368 с. [PotemkinA.D. iSofronovaE.V. 2009. *Pechenochniki i antotserotovyе Rossii*. V. 1. St. Petersburg – Yakutsk. 368 p. (in Russian)].
- Секретарева Н.А. 2004. Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М. 131 с. [SekretarevaN.A. 2004. *SosudistyerasteniyaRossiiskoiArktikiisopredel'nykhterritorii*. M. 131 p.(in Russian)].
- Druckenmiller M. L., Moon T., Thoman R. The Arctic / State of the Climate in 2020 // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2021. Vol. 102. N 8. P. 263–315. DOI:10.1175/BAMS-D-21-0086.1
- Elmendorf S.C., Henry G.H.R., Hollister R.D., Björk R.G., Boulanger-Lapointe N., Cooper E.J., and 41 others. 2012. Plotscale evidence of tundra vegetation change and links to recent summer warming // Nature Climate Change. N 2. P. 453-457. DOI:10.1038/nclimate1465.
- Gould W.A., Mercado-Díaz J.A., Zimmerman J.K. 2009. Twenty year record of vegetation change from long-term plots in Alaskan tundra // Long Term Ecological Research Network All Scientists Meeting (Estes Park, September 14-16 2009). Abstract C11C-0524.
- Harris J.A., Hollister R.D., Botting T.F., Tweedie C.E., Betway K.R., May J.L., Barrett R.T.S., Leibig J.A., Christoffersen H.L., Vargas S.A., Orejel M., Fuson T.L. 2021. Understanding the climate impacts on decadal vegetation change in northern Alaska // Arctic Science. Arctic Science 00: 1–21 (0000) e-First. DOI:10.1139/as-2020-0050
- Ignatov, M.S., O.M. Afonina, E.A. Ignatova, A. Abolina, T.V. Akatova, E.Z. Baisheva, L.V. Bardunov, E.A. Baryakina, O.A. Belkina, A.G. Bezgodov, M.A. Boychuk, V.Ya. Cherdantseva, I.V. Czernyadjeva, G.Ya. Doroshina, A.P. Dyachenko, V.E. Fedosov, I.L. Goldberg, E.I. Ivanova, I. Jukoniene, L. Kannukene, S.G. Kazanovsky, Z.Kh. Kharzinov, L.E. Kurbatova, A.I. Maksimov, U.K. Mamatkulov, V.A. Manakyan, O.M. Maslovsky, M.G. Napreenko, T.N. Otnyukova, L.Ya. Partyka, O.Yu. Pisarenko, N.N. Popova, G.F. Rykovsky, D.Ya. Tubanova, G.V. Zhelezнова & V.I. Zolotov 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa* 15: 1–128.
- Jorgenson J.C., Reynolds M.K., Reynolds J.H., Benson A.-M. 2015. Twenty-Five Year Record of Changes in Plant Cover on Tundra of Northeastern Alaska // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. V. 47. N 4. P. 785-806. DOI:10.1657/AAAR0014-097
- Lavrinenko O.V., Tyusov G.A., Petrovsky V.V. 2022. Impact of climate warming on floristic diversity of the East European tundra // Environmental dynamics and global climate change. V. 13. N. 1. P. 35–48. DOI:10.18822/edgcc101643
- Myers-Smith I.H., Hik D.S., Kennedy C.E., Cooley D., Johnstone J.F., Kenney A.J., Krebs C.J. 2011. Expansion of canopy forming willows over the twentieth century on Herschel Island, Yukon Territory, Canada // *Ambio*. N 40. P. 610-623. DOI:10.1007/s13280-011-0168-y
- Myers-Smith I.H., Grabowski M.M., Thomas H.J.D., Angers-Blondin S., Daskalova G.N., Bjorkman A.D., Cunliffe A.M., Assmann J.J., Boyle J.S., Mcleod E., Mcleod S., Joe R., Lennie P., Arey D., Gordon R.R., Eckert C.D. 2019. Eighteen years of ecological monitoring reveals multiple lines of evidence for tundra vegetation change // *Ecological Monographs*. V. 89. N 2. e01351. URL. <https://www.jstor.org/stable/26641244>

Post E. and Forchhammer M.C. 2008. Climate change reduces reproductive success of an Arctic herbivore through trophic mismatch // Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences. V. 363. N 1501. P. 2369-2375. DOI:10.1098/rstb.2007.2207

Raynolds M.K., Walker D.A., Balser A., Bay C., Campbell M., Cherosov M.M., Daniëls F.J.A., Eidesen P.B., Ermokhina K.A., Frost G.V., Jedrzejek B., Jorgenson M.T., Kennedy B.E., Kholod S.S., Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V., Magnússon B., Matveyeva N.V., Metúsalemsson S., Nilsen L., Olthof I., Pospelov I.N., Pospelova E.B., Pouliot D., Razzhivin V., Schaepman-Strub G., Šibik J., Telyatnikov M.Yu., Troeva E. A raster version of the Circumpolar Arctic Vegetation Map (CAVM) // Remote Sensing of Environment. 2019. 232. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse DOI:10.1016/j.rse.2019.111297

Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tønsberg T., Vitikainen O. 2004. Lichenforming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Museum of Evolution. Uppsala University. 359 p.

Walker D.A., Raynolds M.K., Daniëls F.J.A., Einarsson E., Elvebakk A, Gould W., Katenin A.E., Kholod S.S., Markon C.J., Melnikov E., Moskalenko N.G., Talbot S., Yurtsev B.A., and the other members of the CAVM Team. 2005. The Circumpolar Arctic Vegetation Map // Journal of Vegetation Science. Vol. 16. N 3. P. 267-282. DOI:10.1111/j.1654-1103.2005.tb02365.x

Поступила в редакцию: 06.05.2022
Переработанный вариант: 01.11.2022
Опубликовано: 04.12.2022

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица III. Видовой состав и проективное покрытие видов (%) по годам на мониторинговых площадках в пятнистых редкоивовых кустарничково-осоково-моховых тундрах

Мониторинговая площадка	М6				М5			М9			М12			М11		
Координаты с. ш.	68 17 21.6				68 17 23.8			68 17 37.7			68 17 36.1			68 17 36.6		
в. д.	54 30 28.2				54 30 25.4			54 30 31.9			54 30 47.1			54 30 46.1		
Дата	24.07.1999	13.07.2014	02.08.2017	22.07.2020	25.07.1999	14.07.2014	22.07.2020	26.07.1999	18.07.2014	25.07.2020	16.07.2000	19.07.2014	24.07.2020	27.07.1999	19.07.2014	24.07.2020
Проективное покрытие (%), общее	70	75	80	80	99	99	100	100	100	100	90	98	100	99	99	100
кустарники	10	10	10	10	15	20	20	6	6	6	10	20	20	5	7	7
кустарнички	40	40	40	40	20	10	10	25	35	35	25	40	40	25	35	40
травы	3	3	15	15	5	7	15	7	15	15	10	15	20	5	15	20
мхи	35	40	40	45	25	30	30	50	60	60	25	35	35	25	40	40
лишайники	5	5	5	5	30	30	30	30	30	30	25	30	30	60	55	50
Число видов, общее	63	73	75	73	73	96	91	79	96	92	68	72	81	59	74	77
кустарники	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
кустарнички	6	7	7	7	7	8	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7
травы	15	14	19	17	20	24	24	23	19	20	18	18	20	13	13	15
мхи	10	18	17	14	11	23	21	16	36	32	9	11	18	9	20	22
лишайники	28	30	28	31	31	36	35	29	29	28	30	32	32	26	30	29
Дифференцирующая комбинация видов (д. к. в.) асс. <i>Dryado octopetalae-Hylocomietum splendidis</i>																
кч <i>Dryas octopetala</i> subsp. <i>subincisa</i>	20	20	10	10	1	+	+	1	1	1	3	1	1	+	+	+
кч <i>Salix reticulata</i>	10	10	10	10	1	+	+	+	5	5	2	1	1	2	2	1
кк <i>S. hastata</i>	3	3	3	3	2	2	2	2	+	+	3	3	3	1	1	+
т <i>Equisetum scirpoides</i>	.	.	.	г	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Д. к. в. субасс. <i>caricetosum capillaris</i>																
т <i>Carex capillaris</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	1
т <i>Tofieldia pusilla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
л <i>Myxobilimbia lobulata</i>	г	г	+	+	+	+	+	+	+	.	+	+	+	1	+	.
л <i>Solorina saccata</i>	г	.	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г	г	.	г
т <i>Saxifraga oppositifolia</i>	г	г	отм	.	+	.	.	г	отм	.	г	г	г	г	отм	.
т <i>Epilobium davuricum</i>	.	.	+	г	+	+	+	г	.	г	+	+	г	.	.	.
м <i>Brachythecium cirrosum</i>	.	+	+	+	.	.	.	.	.	г	.	.	+	.	+	+
т <i>Pinguicula alpina</i>	+	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
т <i>P. vulgaris</i>	.	.	+	+	.	.	+	+	1	.	+	+	+	+	+	+
т <i>Juncus biglumis</i>	.	.	.	.	+	+	г	+	+	+	+	+	+	+	+	+
т <i>Eriophorum brachyantherum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
м <i>Stereodon bambergi</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
л <i>Solorina spongiosa</i>	.	г	.	г	.	.	.	г	.	г	.	.	.	.	.	.
т <i>Juncus castaneus</i>	.	.	.	.	.	.	.	г	.	г	.	.	.	.	.	.
Характерные виды (х. в.) класса <i>Carici arctisibiricae-Hylocomietea alaskani</i> class. prov., пор. <i>Caricetalia arctisibiricae-lugentis</i> ord. prov. союза <i>Dryado octopetalae-Caricion arctisibiricae</i>																
т <i>Carex bigelowii</i> subsp. <i>arctisibirica</i>	+	1	1	1	2	3	2	5	10	5	7	10	10	3	7	7
м <i>Aulacomnium turgidum</i>	10	10	10	10	8	10	10	10	20	20	7	10	10	10	25	25
м <i>Hylocomium splendens</i>	10	10	15	20	6	10	10	10	10	10	7	10	10	5	10	10
м <i>Rhytidium rugosum</i>	+	5	5	5	+	2	+	.	+	+	2	5	10	.	2	+
кк <i>Salix lanata</i>	3	3	5	5	1	2	5	1	1	1	+	+	+	+	+	+
кк <i>S. glauca</i>	+	+	+	+	4	5	5	3	5	5	5	15	15	2	5	5
т <i>Bistorta vivipara</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
т <i>Pedicularis oederi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
т <i>Festuca ovina</i>	+	+	+	+	+	1	1	+	.	+	2	+	+	г	.	г
л <i>Nephroma expallidum</i>	+	+	+	+	+	+	г	.	+	+	+	+	+	.	г	+
л <i>Cladonia pocillum</i>	.	г	+	+	.	г	г	.	г	г	+	+	+	+	+	+
т <i>Luzula arcuata</i>	+	.	+	г	+	.	.	+	+	+	.	.	.	г	.	+
п <i>Ptilidium ciliare</i>	3	+	+	+	2	1	+	2	2	1	.	.	.	+	1	1
л <i>Psoroma hypnorum</i>	г	г	+	г	г	г	г	г	.	г	г	.	г	.	.	.
т <i>Pedicularis lapponica</i>	+	+	+	.	+	+	+	г	г	г	.	.	г	.	.	.
м <i>Racomitrium lanuginosum</i>	+	+	+	+	+	+	г	+	+	г	+	+	+	.	.	.

Мониторинговая площадка		M6			M5			M9			M12			M11			
Л	<i>Lobaria linita</i>	r	r	+	.	.	+	r	.	.	.	r	r	r	.	.	.
Т	<i>Stellaria peduncularis</i>	r	.	r	.	.	r	r	r	.	.	+	+	r	.	.	.
М	<i>Tomentypnum nitens</i>	5	10	10	10	1	3	3	3	1	1	.	.	.	.	.	.
Т	<i>Bistorta elliptica</i>	1	1	1	1	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Т	<i>Petasites frigidus</i>	.	.	.	.	+	1	2	r	r	+	+	3	3	.	r	+
Т	<i>Saxifraga hieracifolia</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	r	.	.	.	r	.	.	.
Л	<i>Protopannaria pezizoides</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	r	+	r	.	.	r	r	r
Преферентные х. в. класса <i>Loiseleurio procumbentis</i> – <i>Vaccinietea</i> и союза <i>Loiseleurio-Arctostaphylion</i>																	
КЧ	<i>Arctous alpina</i>	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	5	10	10	3	5	3
Л	<i>Flavocetraria nivalis</i>	+	+	1	1	5	5	5	6	2	2	1	+	+	1	1	1
Л	<i>Alectoria ochroleuca</i>	+	1	+	+	+	3	2	+	+	+	.	+	+	1	1	+
Преферентные х. в. класса <i>Oxycocco-Sphagnetea</i> и союза <i>Rubo chamaemori</i> – <i>Dicranion elongati</i>																	
КЧ	<i>Ledum palustre</i> subsp. <i>decumbens</i>	.	+	+	r	7	2	2	2	2	1	1	5	5	3	10	10
М	<i>Dicranum elongatum</i>	5	3	+	+	2	+	+	3	1	+	.	1	1	.	.	.
Т	<i>Rubus chamaemorus</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	r	r	r	.	+	5
М	<i>Polytrichum strictum</i>	.	.	.	.	+	+	r	.	.	+	.	.	.	.	.	+
КЧ	<i>Andromeda polifolia</i> subsp. <i>pumila</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.
Виды, имеющие в восточноевропейских тундрах близкие показатели верности в классах <i>Loiseleurio procumbentis</i> – <i>Vaccinietea</i> , <i>Carici arctisibiricae</i> – <i>Hylocomieta alaskani</i> и <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>																	
КК	<i>Betula nana</i>	5	4	3	3	10	10	10	2	+	+	2	3	5	2	2	2
КЧ	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	4	5	10	10	7	1	3	10	20	20	5	20	20	10	10	10
КЧ	<i>Vaccinium uliginosum</i> subsp. <i>microphyllum</i>	3	1	10	10	2	5	5	7	5	5	3	1	2	3	5	10
КЧ	<i>V. vitis-idaea</i>	r	r	+	+	1	+	+	3	3	3	7	3	3	2	5	5
Т	<i>Equisetum arvense</i>	.	+	10	10	+	1	10	+	+	5	+	+	+	+	+	1
Л	<i>Cladonia arbuscula</i>	+	+	1	1	5	5	10	5	10	10	10	10	15	20	20	20
Л	<i>C. rangiferina</i>	r	r	1	+	5	5	5	5	10	10	2	10	7	15	15	15
Л	<i>Bryocaulon divergens</i>	2	1	1	1	8	5	3	5	3	3	5	5	3	10	10	5
Л	<i>Alectoria nigricans</i>	+	+	+	+	2	2	2	+	+	+	1	+	+	1	1	+
Л	<i>Bryoria nitidula</i>	1	+	+	+	2	2	+	+	1	+	2	+	+	2	+	+
Л	<i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+	1	+	1	1	1
Л	<i>Flavocetraria cucullata</i>	+	+	1	1	+	+	+	1	+	+	1	+	+	1	+	+
Л	<i>Peltigera aphthosa</i>	+	1	1	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Л	<i>Sphaerophorus globosus</i>	r	r	r	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Л	<i>Stereocaulon alpinum</i>	+	+	+	+	+	+	+	r	r	r	r	r	r	r	r	r
Л	<i>Thamnolia vermicularis</i>	+	+	+	1	+	1	+	+	+	+	2	+	+	1	1	1
Л	<i>Cetraria islandica</i> subsp. <i>crispiformis</i>	+	+	+	+	+	1	1	1	1	+	+	+	+	3	1	1
Л	<i>Cladonia amaurocraea</i>	r	r	+	+	1	+	+	1	1	+	.	1	+	2	1	+
Л	<i>Ochrolechia androgyna</i>	r	r	.	+	+	+	r	+	+	+	r	r	r	+	+	+
Л	<i>O. frigida</i>	+	+	+	+	+	+	.	+	+	r	r	r	r	+	+	+
Л	<i>Peltigera membranacea</i>	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	.	+	+	.	+	+
Л	<i>Peltigera polydactylon</i>	+	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+	+	+	.	r	+
Л	<i>Lecanora epibryon</i>	r	r	+	+	r	r	r	r	.	.	r	.	r	r	.	.
Л	<i>Cladonia chlorophaea</i>	r	r	r	r	.	+	r	.	.	.	+	+	.	.	.	r
Л	<i>Pertusaria bryontha</i>	.	r	+	r	r	r	.	.	.	.	.	r	.	.	r	+
М	<i>Ditrichum flexicaule</i>	.	1	+	+	.	+	+	.	+	+	+	+	+	.	+	+
Т	<i>Poa alpigena</i>	+	1	+	1	.	+	+	+	+	r	.	.	.	.	.	.
М	<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	.	r	+	.	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Т	<i>Equisetum pratense</i>	+	+	1	+	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
М	<i>Pleurozium schreberi</i>	.	.	.	+	1	5	5	2	1	1	+	1	1	1	1	2
Л	<i>Cladonia uncialis</i>	.	.	.	r	r	r	r	+	+	+	.	+	+	+	+	+
Л	<i>Peltigera scabrosa</i>	.	.	.	.	+	1	+	+	+	+	r	r	r	+	+	+
П	<i>Sphenobolus minutus</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Л	<i>Cladonia stellaris</i>	.	.	.	.	+	1	3	+	+	r	r	r	.	.	+	r
Т	<i>Luzula multiflora</i> subsp. <i>frigida</i>	r	.	.	.	+	+	+	+	+	r	+	+	r	.	+	r
Т	<i>Calamagrostis lapponica</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	5	1	+	5	+	10	10
М	<i>Aulacomnium palustre</i>	.	.	.	.	.	1	1	10	20	20	1	3	1	3	1	5
М	<i>Dicranum majus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3	3	3	2	2
Прочие виды																	
М	<i>Pohlia nutans</i>	r	r	+	r	.	r	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.
М	<i>Dicranum spadiceum</i>	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Мониторинговая площадка		M6			M5			M9			M12			M11			
T	<i>Silene acaulis</i>	.	r	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Orthothecium strictum</i>	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.
M	<i>Stereodon subimponens</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Abietinella abietina</i>	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Poa arctica</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Carex bicolor</i>	.	.	.	.	+	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Solorina crocea</i>	.	.	.	.	+	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Cladonia pleurota</i>	.	.	.	.	+	+	r	r	.	.	r	.	.	.	.	.
T	<i>Pyrola grandiflora</i>	.	.	.	.	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Bartsia alpina</i>	.	.	.	r	.	r	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Cladonia coccifera</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	r	r	.	+	+
T	<i>Festuca rubra</i>	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.
M	<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Distichium inclinatum</i>	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Bryum rutilans</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.	.	.	.	.	+	.
M	<i>Catoscopium nigratum</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Peltigera leucophlebia</i>	+	.	.	+	.	r	+	r	r	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Dicranum scoparium</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.
M	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	.	.	.	.	.	.	.	3	3	5	.	.	.	.	.	+
M	<i>Cinclidium subrotundum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Stereocaulon paschale</i>	.	r	+	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	r	r	.
M	<i>Dicranella subulata</i>	1	+	.	.	.	+	.	+	1	.	.	.	.	.	.	r
M	<i>Warnstorfia sarmentosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	3	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Dicranum laevidens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.	.	.	.
M	<i>Calliergon giganteum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Straminergon stramineum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Oncophorus wahlenbergii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>O. virens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Polytrichum juniperinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.	.	.
M	<i>Sanionia uncinata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Scorpidium revolvens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Sphagnum squarrosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Stereodon holmenii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Drepanocladus polygamus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
M	<i>Distichium capillaceum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	+	.
T	<i>Draba norvegica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	r	.	.	.
JL	<i>Cetraria islandica</i> subsp. <i>islandica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	r	.	.	.
JL	<i>Megaspora verrucosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	r	.	.	.	.
M	<i>Bryum</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.
II	<i>Anthelia juratzkana</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	r	.	.	.	3	1	+
M	<i>Sphagnum fimbriatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+
M	<i>S. angustifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
M	<i>Dicranum acutifolium</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
M	<i>Myurella julacea</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	+	+
M	<i>Kiaeria glacialis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.
JL	<i>Peltigera didactyla</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.
M	<i>Meesia uliginosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+
M	<i>Dicranum groenlandicum</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Corallorrhiza trifida</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Splachnum vasculosum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Peltigera venosa</i>	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Dichodontium pellucidum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Cladonia crispata</i> s. l.	.	r	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
M	<i>Didymodon rigidulus</i>	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Caloplaca cerina</i>	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Pertusaria dactylina</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
JL	<i>Cladonia cornuta</i> subsp. <i>cornuta</i>	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
II	<i>Gymnomitrium corallioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Draba alpina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.
T	<i>Juncus triglumis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.
T	<i>Sagina intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.

Мониторинговая площадка	М6	М5	М9	М12	М11
т <i>Pedicularis labradorica</i> г . .	. . . .
л <i>Stereocaulon rivulorum</i> г . .	. . . .
т <i>Campanula rotundifolia</i> г .	. . . .
м <i>Bryoerythrophyllum recurvirostrum</i> г .	. . . .
л <i>Peltigera rufescens</i> г .	. . . .
л <i>Pertusaria oculata</i> г .	. . . .
л <i>Imadophylla ericetorum</i>	г . . .
т <i>Eriophorum vaginatum</i> г
м <i>Sphagnum balticum</i> +
м <i>Pohlia prolifera</i> г

Примечание. Сокращения: отм – отмирающие особи; здесь и Табл. П2и П3жизненные формы: кк – кустарник, кч – кустарничек, т – трава, м – мох, п – печеночник, л – лишайник.

Таблица П2. Видовой состав и проективное покрытие видов (%) по годам на мониторинговых площадках в кустарничково-лишайниковых тундрах

Мониторинговая площадка	М3			М4			М2		
Координаты с. ш.	68 17 30.7			68 17 24.8			68 17 31.5		
в. д.	54 29 52.7			54 30 13.1			54 29 51.6		
Дата	15.07.1999	16.07.2014	23.07.2020	17.07.1999	15.07.2014	23.07.2020	14.07.1999	26.07.2014	26.07.2020
Проективное покрытие (%), общее	>99	100	100	93	99	100	100	100	100
кустарники	8	15	15	25	30	30	3	1	1
кустарнички	20	30	30	30	30	30	15	20	25
травы	4	5	7	4	5	5	1	10	10
мхи	4	5	5	2	5	5	1	1	3
лишайники	65	65	55	35	40	40	80	80	80
Число видов, общее	53	53	57	55	60	67	29	33	35
кустарники	3	3	3	2	2	2	2	2	2
кустарнички	7	7	7	6	7	8	5	5	5
травы	6	7	6	8	8	9	5	7	6
мхи	7	10	12	7	11	14	5	6	7
лишайники	30	26	29	32	32	34	12	13	15
Дифференцирующая комбинация видов (д. к. в.) асс. <i>Loiseleurio-Diapensietum</i>									
п <i>Gymnomitrium coralloides</i>	3	2	+	. .	1	+	. . .	. . .	. . .
м <i>Racomitrium lanuginosum</i>	+	+	+	+	+	+	. . .	. . .	. . .
кч <i>Diapensia lapponica</i>	г	г	г	. .	. .	г	. . .	. . .	. . .
Д. к. в. субасс. <i>L.-D.salicetosum nummulariae</i> в восточноевропейских тундрах									
л <i>Bryocaulon divergens</i>	10	10	3	10	10	5	+	1	1
л <i>Bryoria nitidula</i>	3	1	+	3	3	1	+	+	.
кч <i>Salix nummularia</i>	г	г	+	+	+	+	. . .	. . .	. . .
т <i>Luzula confusa</i>	г	. .	. .	г	г	+	. . .	. . .	. . .
м <i>Pogonatum urnigerum</i>	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	г	. . .	. . .	. . .
Д. к. в. асс. <i>Cladonietum rangiferino-arbusculae</i>									
л <i>Cladonia arbuscula</i>	20	25	25	10	20	20	40	40	40
л <i>C. rangiferina</i>	20	15	15	8	10	10	30	30	30
Преферентные характерные виды (х. в.) класса <i>Loiseleurio procumbentis-Vaccinietea</i> и союза <i>Loiseleurio-Arctostaphyilion</i>									
кч <i>Arctous alpina</i>	+	3	3	3	5	2	+	+	+
л <i>Flavocetraria nivalis</i>	2	2	2	1	+	+	г	г	г
л <i>Alectoria ochroleuca</i>	3	5	5	+	3	3	г	г	г
л <i>Solorina crocea</i>	+	+	+	+	+	+	. . .	. . .	. . .
л <i>Cladonia verticillata</i>	+	+	+	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
т <i>Hierochloë alpina</i>	. . .	. . .	. . .	1	3	+	. . .	. . .	. . .
м <i>Polytrichum piliferum</i>	. . .	. . .	г	+	. .	+	. . .	. . .	. . .
л <i>Cetraria aculeata</i>	. . .	. . .	. . .	. . .	г	г	. . .	. . .	. . .
Х. в. класса <i>Cariciarctisibiricae-Hylocomieteaalaskanica</i> class. prov., пор. <i>Caricetalia arctisibiricae-lugentis</i> ord. prov. и союза <i>Dryado octopetalae-Caricion arctisibiricae</i>									

Мониторинговая площадка	М3			М4			М2		
кк <i>Salix glauca</i>	2	4	5	+	+	1	2	+	+
т <i>Carex bigelowii</i> subsp. <i>arctisibirica</i>	1	2	2	+	2	+	1	1	2
м <i>Hylocomium splendens</i>	3	2	2	1	1	1	.	.	г
м <i>Aulacomnium turgidum</i>	1	3	3	1	1	2	+	+	+
п <i>Ptilidium ciliare</i>	+	+	+	+	+	+	г	г	г
т <i>Eriophorum vaginatum</i>	.	г	г	.	.	.	+	1	1
м <i>Rhytidium rugosum</i>	.	+	+	.	1	+	.	.	.
т <i>Pedicularis lapponica</i>	г	г	.	.	г	г	.	.	.
кк <i>Salix lanata</i>	г	г	г	.	.	.	.	.	.
л <i>Psoroma hypnorum</i>	г	.	.	г	.	г	.	.	.
кч <i>Dryas octopetala</i> subsp. <i>subincisa</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.
л <i>Nephroma expallidum</i>	г	.	.	.	.	.	.	.	.
Преперентные х. в. класса <i>Oxycocco-Sphagnetea</i> и союза <i>Rubo chamaemori-Dicranion elongati</i>									
кч <i>Ledum palustre</i> subsp. <i>decumbens</i>	2	15	15	7	10	10	4	5	5
т <i>Rubus chamaemorus</i>	+	+	+	1	+	+	+	5	5
м <i>Dicranum elongatum</i>	+	1	1	+	.	1	1	1	3
м <i>Polytrichum strictum</i>	+	+	+	.	+	.	+	г	+
Виды, имеющие в восточноевропейских тундрах близкие показатели верности в классах <i>Loiseleurio procumbentis-Vaccinietae</i> , <i>Carici arctisibiricae-Hylocomietae alaskani</i> и <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>									
кк <i>Betula nana</i>	6	10	10	25	30	30	1	1	1
кч <i>Empetrum hermaphroditum</i>	12	7	7	20	10	10	7	10	12
кч <i>Vaccinium vitis-idaea</i>	5	2	2	1	+	+	3	+	+
кч <i>V. uliginosum</i> subsp. <i>microphyllum</i>	+	2	2	1	+	5	+	5	5
т <i>Calamagrostis lapponica</i>	2	3	5	+	+	1	+	+	+
т <i>Equisetum arvense</i>	.	+	+	+	+	2	+	1	+
л <i>Alectoria nigricans</i>	2	1	1	3	3	3	+	+	+
л <i>Cetraria islandica</i> subsp. <i>crispiformis</i>	+	1	+	3	1	+	+	+	+
л <i>Cladonia gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+
л <i>C. amaurocraea</i>	+	1	+	2	1	+	.	+	+
л <i>C. stellaris</i>	2	2	2	+	+	+	5	3	2
л <i>Flavocetraria cucullata</i>	+	+	+	1	+	+	+	+	+
л <i>Thamnolia vermicularis</i>	+	+	+	1	+	+	1	+	+
л <i>Peltigera aphthosa</i>	1	1	1	+	+	+	.	.	+
л <i>P. scabrosa</i>	+	+	+	+	+	г	.	.	+
л <i>Sphaerophorus globosus</i>	+	+	+	+	+	+	.	.	г
т <i>Festuca ovina</i>	г	г	+	+	+	+	.	.	.
л <i>Cladonia coccifera</i>	г	г	г	г	г	+	.	.	.
л <i>C. uncialis</i>	г	г	г	г	г	г	.	.	.
л <i>Ochrolechia androgyna</i>	+	+	г	г	г	г	.	.	.
л <i>Stereocaulon alpinum</i>	г	.	г	+	+	г	.	.	.
л <i>Peltigera polydactylon</i>	+	+	+	+	+	+	.	.	.
л <i>Ochrolechia frigida</i>	г	.	г	г	г	г	.	.	.
л <i>Peltigera membranacea</i>	.	г	г	+	+	+	.	.	.
м <i>Pleurozium schreberi</i>	.	.	+	+	+	+	.	+	+
п <i>Sphenolobus minutus</i>	.	+	+	.	.	.	+	+	+
Прочие виды									
л <i>Baeomyces carneus</i>	г	.	.	+	+	+	.	.	.
л <i>Peltigera didactyla</i>	г	.	.	г	г	г	.	.	.
л <i>P. malacea</i>	.	.	.	+	+	г	.	.	.
л <i>Stereocaulon glareosum</i>	.	.	.	г	г	г	.	.	.
м <i>Dicranum scoparium</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.
м <i>Ditrichum flexicaule</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.
м <i>Stereodon bambergeri</i>	.	.	.	.	г	+	.	.	.
т <i>Carex rariflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1
л <i>Peltigera leucophlebia</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.
м <i>Polytrichum hyperboreum</i>	.	.	+	.	.	+	.	.	.
т <i>Pedicularis labradorica</i>	.	.	.	.	.	.	.	г	.
л <i>Cladonia crispata</i> s. l.	г	.	г	г	.	.	.	.	.
л <i>C. subfurcata</i>	.	г	г	.	.	.	.	.	.

Мониторинговая площадка	М3			М4			М2		
л <i>C. pleurota</i>	.	г	.	.	г	.	.	.	.
л <i>C. chlorophaea</i>	.	.	г	.	г	+	.	.	г
п <i>Anthelia juratzkana</i>	.	+
л <i>Pertusaria bryontha</i>	г	.	.	г	.	.	.	.	.
л <i>P. dactylina</i>	.	.	г	.	.	.	.	.	.
л <i>P. oculata</i>	.	.	.	г	.	г	.	.	.
т <i>Poa alpigena</i>	.	.	.	г	.	г	.	.	.
л <i>Lobaria linita</i>	г	.	.	.	.
л <i>Baeomyces placophyllus</i>	+	.	.	.
л <i>Pertusaria panyrga</i>	г	.	.	.

Таблица ПЗ. Видовой состав и проективное покрытие видов (%) по годам на мониторинговых площадках в заболоченных сообществах

Мониторинговая площадка	М10			М8			М7				М1		
Координаты с. ш.	68 17 37.2			68 17 38.6			68 17 38.5				68 17 33.9		
в. д.	54 30 44.0			54 30 14.6			54 29 59.8				54 29 46.9		
Дата	26.07.1999	18.07.2014	24.07.2020	25.07.1999	17.07.2014	25.07.2020	25.07.1999	17.07.2014	02.08.2017	23.07.2020	14.07.1999	26.07.2014	25.07.2020
Проективное покрытие (%), общее	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
кустарники	10	10	10	3	3	5	1	1	1	2	1	1	2
кустарнички	25	25	25	30	30	30	30	30	35	45	40	40	40
травы	8	10	13	10	35	30	40	60	60	45	30	45	60
мхи	30	35	40	30	30	30	55	55	55	55	50	50	60
лишайники	50	50	45	60	50	50	20	15	10	10	15	15	15
Число видов, общее	39	47	47	39	43	47	45	45	47	54	35	39	45
кустарники	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	2	1	1
кустарнички	5	5	5	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6
травы	5	5	4	5	7	5	7	6	4	6	3	6	6
мхи	10	16	18	8	11	13	12	14	16	18	9	11	16
лишайники	18	20	19	18	17	21	19	17	19	21	15	15	16
Дифференцирующая комбинация видов (д. к. в.) асс. <i>Pleurozium schreberi</i> - <i>Eriophoretum vaginatum</i>													
м <i>Pleurozium schreberi</i>	1	1	1	+	+	+	+	+	1	1	+	+	+
м <i>Aulacomnium palustre</i>	10	5	1	7	10	10	20	15	5	5	.	.	+
м <i>Polytrichum jensenii</i>	+	+	+	3	+	+	1	+	+	+	.	.	+
т <i>Eriophorum vaginatum</i>	.	.	.	+	1	1	10	10	15	15	10	20	30
Д. к. в. субасс. <i>L.-D.shagnetosum lenenses</i>													
м <i>Aulacomnium turgidum C.a.-H.a.</i>	+	2	2	+	2	2	5	2	3	3	10	10	10
т <i>Carex bigelowii</i> subsp. <i>arctisibirica C.a.-H.a.</i>	.	+	.	+	5	2	+	+	+	+	.	+	+
м <i>Sphagnum lenense O.-S.</i>	.	1	2	.	.	.	.	.	5	5	5	5	5
т <i>Carex rariflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	5	1
Преферентные характерные виды (х. в.) класса <i>Oxycocco-Sphagnetea</i> и союза <i>Oxycocco microcarpi</i> - <i>Empetrium hermaphroditum</i>													
кч <i>Ledum palustre</i> subsp. <i>decumbens</i>	10	10	10	15	20	20	15	15	5	7	8	10	10
м <i>Sphagnum russowii</i>	.	2	2	.	2	2	10	10	10	10	.	.	5
м <i>S. aongstroemii</i>	.	1	1	.	+	1	.	+	1	3	.	1	2
кч <i>Andromeda polifolia</i> subsp. <i>pumila</i>	.	.	.	г	г	г	.	.	.	г	5	+	+
м <i>Polytrichum strictum</i>	.	.	+	.	+	+	1	+	+	+	.	.	.
т <i>Pinguicula villosa</i>	.	.	.	.	г	.	г	.	.	.	.	г	г
Преферентных. в. союза <i>Rubochamaemori</i> - <i>Dicranionelongati</i>													
т <i>Rubus chamaemorus</i>	7	10	10	7	25	25	30	50	45	30	20	20	30
м <i>Dicranum elongatum</i>	+	+	+	+	.	+	2	1	1	1	.	г	+
Х. в. класса <i>Cariciarctisibiricae</i> - <i>Hylocomieteaalaskani</i> class. prov., пор. <i>Caricetalia arctisibiricae-lugentis</i> ord. prov. и союза <i>Dryado octopetalae</i> - <i>Caricion arctisibiricae</i>													
м <i>Hylocomium splendens</i>	1	5	5	+	+	+	+	1	1	1	+	1	+
кк <i>Salix glauca</i>	.	.	.	2	3	5	+	+	+	+	+	.	.
м <i>Rhytidium rugosum</i>	.	.	г	.	.	.	2	2	2	2	.	.	.
т <i>Pedicularis lapponica</i>	.	.	.	г	г	.	+	+	.	г	.	.	.
т <i>Luzula arcuata</i>	.	.	.	.	.	.	г	г	г	г	.	.	.

Мониторинговая площадка		M10			M8			M7				M1		
л	<i>Nephroma expallidum</i>	.	.	.	.	.	.	.	г	+	г	.	.	.
Константные виды синтаксонов														
м	<i>Sphagnum balticum</i>	15	20	20	15	15	15	10	20	20	20	30	30	40
Преферентные х. в. класса <i>Loiseleurio procumbentis-Vaccinieta</i> и союза <i>Loiseleurio-Arctostaphyilion</i>														
кч	<i>Arctous alpina</i>	2	1	1	+	+	+	1	+	+	+	г	г	г
л	<i>Flavocetraria nivalis</i>	3	5	5	г	г	г	.	г	+	+	.	г	г
л	<i>Alectoria ochroleuca</i>	.	+	+	г	г	г	.	.	.	.	.	.	.
т	<i>Hierochloë alpina</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
м	<i>Polytrichum piliferum</i>	г	г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Виды, имеющие в восточноевропейских тундрах близкие показатели верности в классах <i>Loiseleurio procumbentis-Vaccinieta</i> , <i>Carici arctisibiricae-Hylocomieta alaskani</i> и <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>														
кк	<i>Betula nana</i>	10	10	10	1	+	+	+	+	1	2	1	1	2
кч	<i>Empetrum hermaphroditum</i>	10	10	10	3	1	2	15	15	20	25	20	20	20
кч	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2	2	2	2	2	2	+	+	10	10	3	10	10
кч	<i>V. uliginosum</i> subsp. <i>microphyllum</i>	2	2	3	10	7	7	1	+	+	5	1	+	1
л	<i>Cladonia arbuscula</i>	10	15	15	25	30	30	3	5	3	3	10	10	10
л	<i>C. rangiferina</i>	10	15	15	25	15	20	5	5	3	3	5	5	5
л	<i>C. gracilis</i> subsp. <i>elongata</i>	3	3	1	1	1	1	2	1	+	+	+	+	+
л	<i>C. amaurocraea</i>	3	3	1	1	1	+	3	1	1	1	+	+	+
л	<i>Cetraria islandica</i> subsp. <i>crispiformis</i>	3	3	2	5	2	2	3	2	+	+	+	+	+
л	<i>Flavocetraria cucullata</i>	1	1	1	1	+	+	+	+	1	1	+	+	+
л	<i>Thamnia vermicularis</i>	1	+	+	1	+	+	2	1	1	1	1	+	+
л	<i>Peltigera scabrosa</i>	г	г	.	+	+	+	+	+	+	+	1	1	1
л	<i>Bryocaulon divergens</i>	4	3	1	+	1	+	+	1	+	+	+	.	.
п	<i>Sphenolobus minutus</i>	+	+	+	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+
м	<i>Dicranum laevidens</i>	1	+	5	3	2	2	.	.	.	.	3	+	+
л	<i>Cladonia uncialis</i>	3	1	1	+	.	+	г	.	.	г	.	.	.
л	<i>C. stellaris</i>	+	+	+	г	г	+	.	.	.	.	.	+	+
л	<i>Bryoria nitidula</i>	+	+	+	г	.	г	.	.	+	+	.	.	.
л	<i>Alectoria nigricans</i>	2	+	+	г	г	г	.	.	.	.	.	г	.
т	<i>Calamagrostis lapponica</i>	+	+	2	1	5	2	.	.	.	.	.	.	.
л	<i>Sphaerophorus globosus</i>	+	.	+	г	.	г	г	.	.	.	.	.	.
л	<i>Peltigera aphthosa</i>	.	.	.	+	+	+	1	1	1	1	1	+	1
л	<i>P. membranacea</i>	.	.	.	.	+	+	+	1	1	1	+	+	+
л	<i>Nephroma arcticum</i>	.	.	.	.	г	г	.	+	+	+	.	г	г
Прочие виды														
т	<i>Carex rotundata</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
л	<i>Cladonia coccifera</i>	г	г	г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
л	<i>C. squamosa</i>	г	г	г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
м	<i>Straminergon stramineum</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
л	<i>Imadophylla ericetorum</i>	.	г	г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
м	<i>Dicranum majus</i>	.	.	.	.	1	1	.	.	+	+	.	.	.
т	<i>Equisetum arvense</i>	.	.	.	.	г	1	.	.	.	.	.	.	.
м	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	.	1	1	.	.	+	5	5	5	5	.	.	+
кк	<i>Salix lanata</i>	.	.	.	.	.	.	.	г	+	+	.	.	.
т	<i>Luzula wahlenbergii</i>	.	.	.	.	.	.	г	г	.	г	.	.	.
л	<i>Stereocaulon alpinum</i>	.	.	.	.	.	.	г	г	+	.	.	.	.
м	<i>Dicranum groenlandicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.
л	<i>Peltigera leucophlebia</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	г	.	.	.
л	<i>Omphalina umbellifera</i>	.	.	.	.	.	г	.	.	г	г	.	.	.
л	<i>Cladonia crispata</i> s. l.	.	.	.	.	.	.	г	.	+	.	.	.	.
м	<i>Polytrichum hyperboreum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	+	+
л	<i>Cladonia cornuta</i> subsp. <i>cornuta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	г	.	г	г
п	<i>Ptilidium ciliare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+
м	<i>Sphagnum capillifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
т	<i>Pedicularis labradorica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	г	г
л	<i>Cladonia pleurota</i>	г	г	.	.	.	.	г	.	.	.	г	.	.
л	<i>Ochrolechia androgyna</i>	.	+	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
л	<i>Peltigera polydactylon</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+
л	<i>Dactylina arctica</i>	.	.	.	г	.	.	.	.	.	г	.	.	.
л	<i>Ochrolechia frigida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	г	.	.

Мониторинговая площадка	M10	M8	M7	M1
л <i>Peltigera malacea</i>	.	.	.	+
т <i>Poa alpigena</i>	r	.	.	.
м <i>Pohlia nutans</i>	.	r	r	.
м <i>Sphagnum squarrosum</i>	.	.	+	.
л <i>Ochrolechia inaequatula</i>	.	.	.	r
л <i>Cladonia subfurcata</i>	.	.	.	r
л <i>C. chlorophaea</i>
л <i>C. subulata</i>
л <i>C. bellidiflora</i>	.	.	.	r
л <i>C. cyanipes</i>	.	.	.	r

Таблица П4. Пределы и среднее значение СТС (см) на разных элементах нанорельефа на площадках с зональными редкоивовыми осоково-кустарничково-моховыми тундрами в динамике

Год обследования	1999					2014					2020				
	М6	М5	М9	М11	М12	М6	М5	М9	М11	М12	М6	М5	М9	М11	М12
№ площадки															
Дата	24.07.99	25.07.99	26.07.99	27.07.99	16.07.00	13.07.14	14.07.14	18.07.14	19.07.14	19.07.14	22.07.20	22.07.20	25.07.20	24.07.20	24.07.20
Ровные участки дернины с <i>Dryas</i>	<u>61-67</u> 63	-	-	-	-	<u>88-89</u> 89	-	-	-	-	<u>104-106</u> 105	-	-	-	-
Валики	-	<u>24-38</u> 29	<u>25-49</u> 39	<u>26-52</u> 40	-	-	<u>22-30</u> 27	<u>25-33</u> 28	<u>23-41</u> 29	<u>20-29</u> 24	-	-	<u>80-101</u> 92	<u>77-101</u> 89	<u>106-111</u> 108
Ложбинки с мхами и <i>Salix</i> spp.	<u>22-25</u> 23	<u>22-32</u> 27	<u>23-48</u> 38	<u>27-30</u> 29	-	<u>22-28</u> 27	<u>26-38</u> 37	<u>19-26</u> 25	<u>23-25</u> 24	<u>17-22</u> 20	<u>70-87</u> 81	<u>99-109</u> 105	<u>25-76</u> 54	<u>33-45</u> 39	<u>37-53</u> 45
Пятна обнаженного суглинка	<u>79-86</u> 82	<u>82-83</u> 82	-	-	<u>92-96</u> 94	>110	-	-	-	>95	>120	-	-	-	<u>103-125</u> 115
Пятна с корочками	-	<u>73-83</u> 78	<u>83-92</u> 88	<u>80-86</u> 83	-	-	>95	>95	>95	-	-	-	<u>80-103</u> 92	<u>90-94</u> 92	-
Пятна с кустистыми кладониями	-	<u>63-72</u> 66	<u>65-78</u> 71	<u>53-71</u> 62	-	-	<u>66-80</u> 71	<u>45-65</u> 54	<u>51-62</u> 58	<u>63-69</u> 66	-	<u>106-115</u> 112	<u>105-115</u> 111	<u>106-110</u> 107	<u>108-111</u> 110

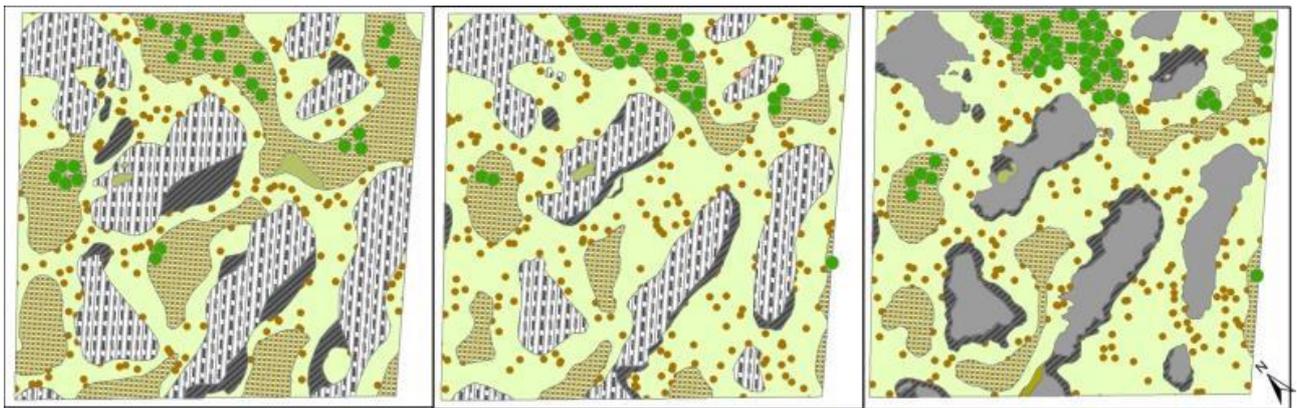
Примечание. Здесь и Табл. П5 и П6 над чертой – пределы, под чертой – среднее значение.

Таблица П5. Пределы и среднее значение СТС (см) на разных элементах нанорельефа на площадках с кустарничково-лишайниковыми тундрами в динамике

Год обследования	1999		2014		2020	
	М3	М4	М3	М4	М3	М4
№ площадки						
Дата	15.07.99	16.07.14	23.07.20	17.07.99	15.07.14	23.07.20
Кустарничково-лишайниковая дернина	<u>18-22</u> 20	<u>62-76</u> 70	<u>23-57</u> 34	<u>72-79</u> 76	<u>93-104</u> 103	<u>102-115</u> 108
Западины с мхами	-	<u>56-62</u> 59	<u>23-38</u> 29	<u>25-66</u> 54	<u>71-103</u> 87	<u>96-108</u> 108
Пятна	<u>31-62</u> 53	<u>76-83</u> 80	<u>43-89</u> 74	<u>67-83</u> 77	<u>87-111</u> 103	<u>111-113</u> 112

Таблица П6. Пределы и среднее значение СТС (см) на разных элементах нанорельефа на площадках с пушицевыми кочкарниками и сообществами торфяников в динамике

Год обследования	1999			2014			2020		
	М7	М8	М10	М7	М8	М10	М7	М8	М10
№ площадки									
Дата	25.07.99	25.07.99	26.07.99	17.07.14	17.07.14	18.07.14	23.07.20	25.07.20	24.07.20
Полигоны и участки с кустарничково-лишайниковым покровом	<u>30-49</u> 33	<u>26-30</u> 28	<u>22-31</u> 26	<u>27-40</u> 33	<u>23-29</u> 26	<u>26-29</u> 27	<u>77-86</u> 81	<u>70-93</u> 83	<u>36-41</u> 38
Западины, трещины с мхами и кустарниками, морошково-багульниково-сфагновый покров	<u>20-25</u> 22	<u>20-27</u> 25	<u>20-27</u> 24	<u>20-23</u> 22	<u>20-26</u> 24	<u>23-24</u> 24	<u>35-45</u> 40	<u>37-56</u> 45	<u>25-36</u> 35
Кочка <i>Eriophorum vaginatum</i>	<u>31-34</u> 32	-	-	<u>37-49</u> 42	-	-	<u>67-75</u> 71	<u>43-65</u> 50	-



а

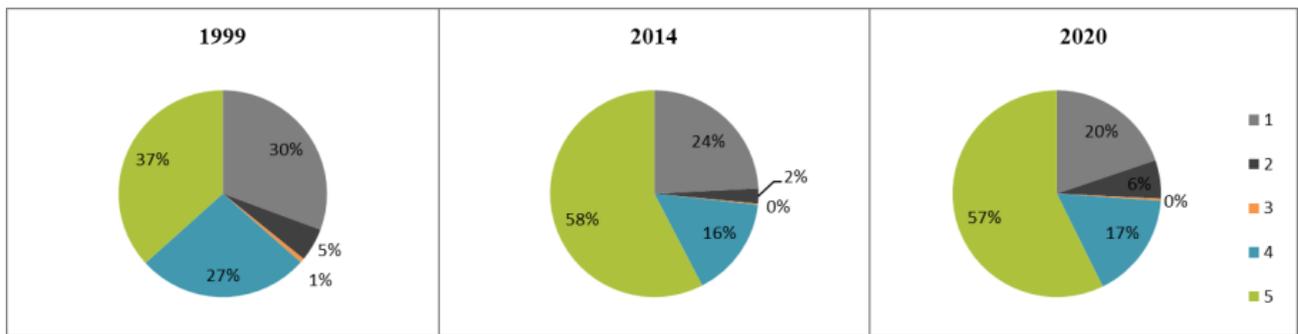
б

в

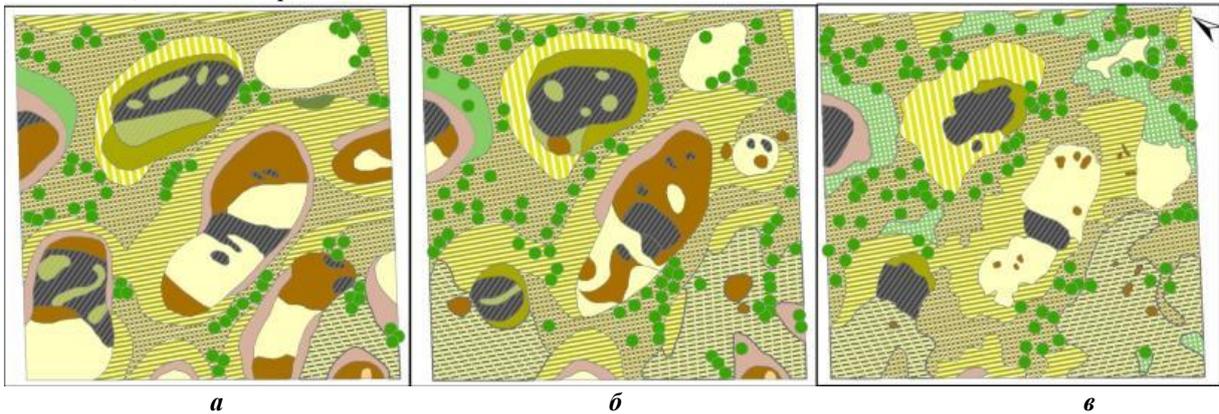
П. Рисунок 1. Горизонтальная структура растительности на площадке М6 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.

Легенда к картам с горизонтальной структурой на П. Рис. 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 14, 15:

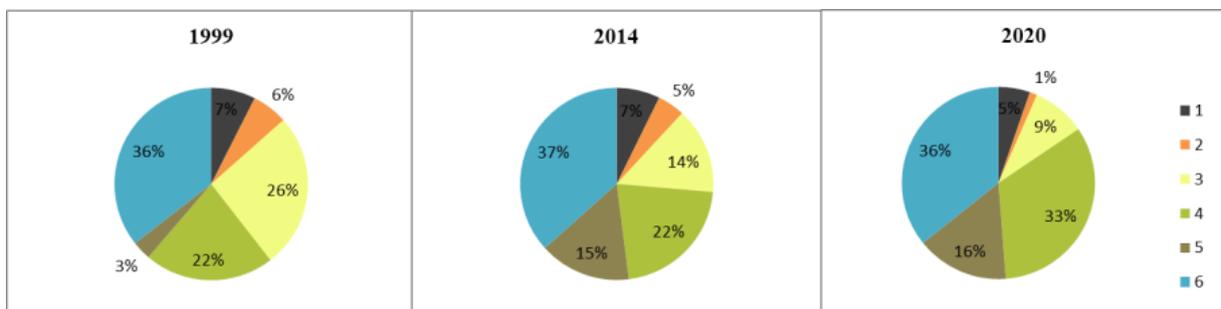
Пятна грунта	
	голые с ровной поверхностью
	голые с ноздреватым нанорельефом
	голые с ноздреватым нанорельефом и камнями
	заросшие криптогамными корочками и мелкими цветковыми
	заросшие кустарничками <i>Salix reticulata</i> и <i>Dryas octopetala</i>
	заросшие мхами (<i>Ptilidium</i> , <i>Hylocomium</i> , <i>Aulacomnium</i> , <i>Tomentypnum</i> , <i>Hypnum</i>)
	заросшие лишайниками, преимущественно темноокрашенными (<i>Bryocaulon divergens</i>)
	заросшие лишайниками, преимущественно светлоокрашенными (кустистыми <i>Cladonia</i>)
	заросшие осокой и травами поверх мхов
	заросшие кустарничками (<i>Empetrum hermaphroditum</i> , <i>Ledum</i>)
	подушка <i>Silene acaulis</i>
Валики	
	со светлоокрашенными кладониями и кустарничками (<i>Empetrum</i> , <i>Vaccinium</i> , <i>Arctous</i>), с <i>Betula nana</i>
	кустарничково-осоково-моховые, с <i>Salix hastata</i>
	кустарничково-лишайниковая микрогруппировка на стенках валика и подошве
Ложбинки / западинки / трещины	
	сырые, с водой
	с гигрофильными мхами (<i>Sphagnum</i> , <i>Aulacomnium palustre</i>), заболоченные
	с мхами, перекрытыми кустарниками (<i>Salix</i> , <i>Betula</i>) и кустарничками (<i>Ledum</i> , <i>Vaccinium</i>)
	травяно (осоково)-моховые микрогруппировки
	кустарнички (<i>Empetrum</i> , <i>Arctous</i> , <i>Vaccinium</i>) в молодых трещинках
	кустарничково-зеленомошные микрогруппировки
	кустарничково-моршково-моховые микрогруппировки
	кустарничково-лишайниковые с <i>Betula nana</i>
Ровные участки дернины	
	травяно (моршково, осоково)-кустарничково-лишайниковая
	осоково-дриадово-моховая
	кустарничково-лишайниковая с <i>Betula nana</i> (стланик)
	кустарничково-моршково-моховая
	/ ● ивы <i>Salix glauca</i> и <i>S. lanata</i>
	кочки <i>Eriophorum vaginatum</i>
	отмершие кочки <i>Eriophorum vaginatum</i>



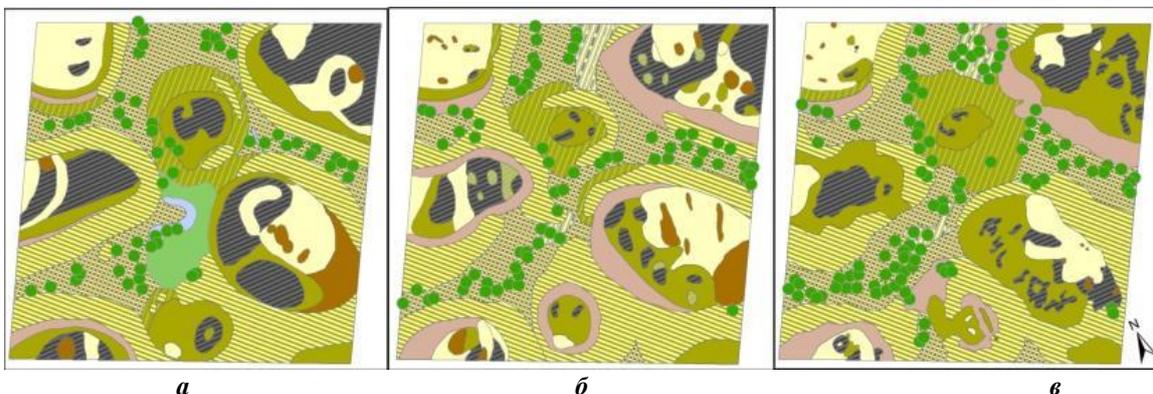
П. Рисунок 2. Соотношение микрогруппировок в растительном покрове площадки М6 в динамике: 1-3 – пятна: 1 – голого суглинка, 2 – с криптогамными корочками и мелкими цветковыми, 3 – заросшие мхами и кустарничками; 4 – западины моховые и ивово-моховые; 5 – кустарничково (*Dryas octopetala* subsp. *subincisa*, *Salix reticulata*)-моховая дернина.



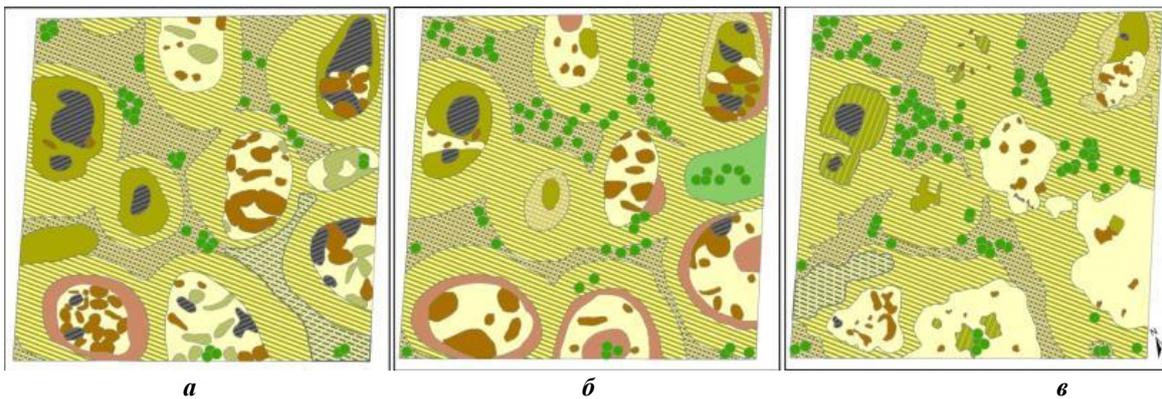
П. Рисунок 3. Горизонтальная структура растительности на площадке М5 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



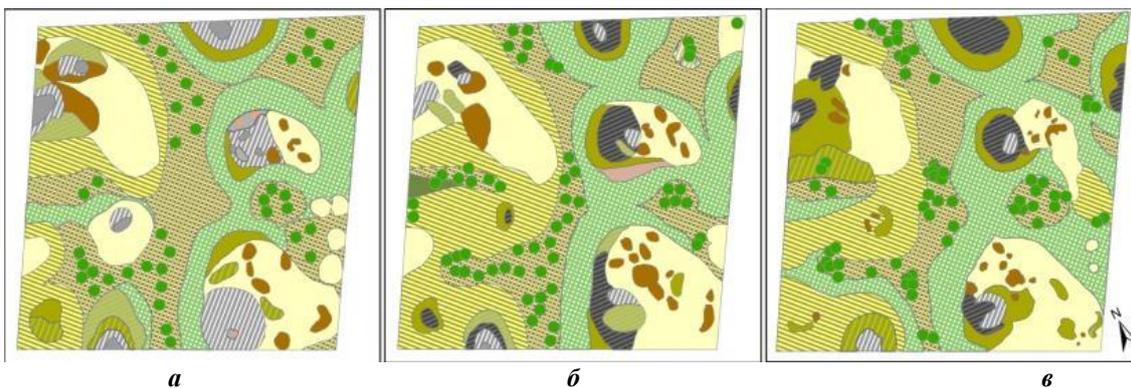
П. Рисунок 4. Соотношение микрогруппировок в растительном покрове площадки М5 в динамике: 1-3 – пятна: 1 – с криптогамными корочками и мелкими цветковыми, 2 – заросшие мхами и кустарничками, 3 – заросшие подушками светло- и темноокрашенных лишайников; 4 – валики преимущественно с кустарничково-лишайниковым покровом; 5 – осоково-кустарничково-лишайниковая дернина на ровных участках; 6 – западинки кустарничково- и ивово-моховые.



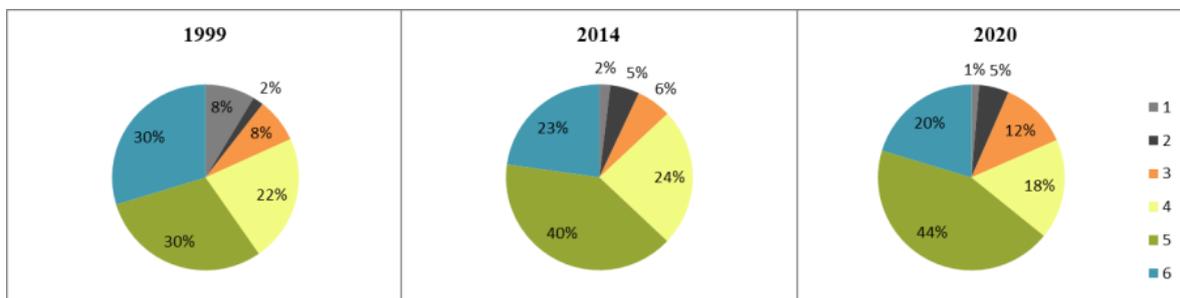
П. Рисунок 5. Горизонтальная структура растительности на площадке М9 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



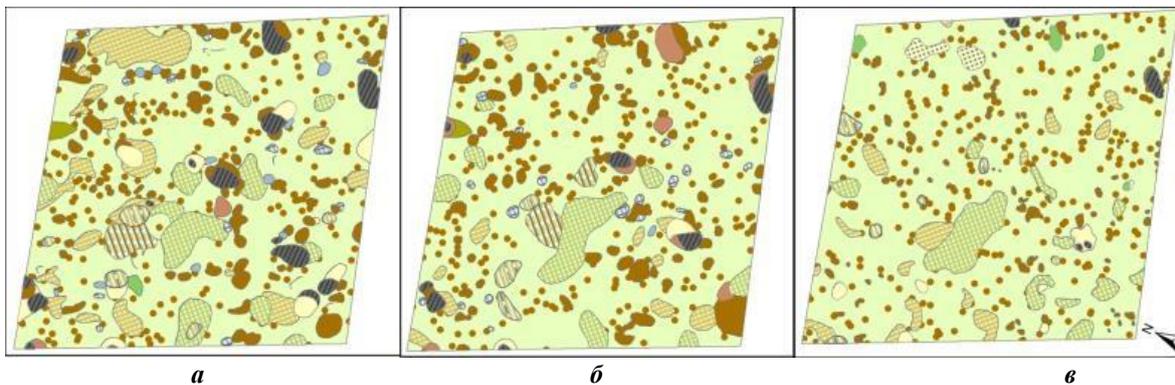
П. Рисунок 6. Горизонтальная структура растительности на площадке М11 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



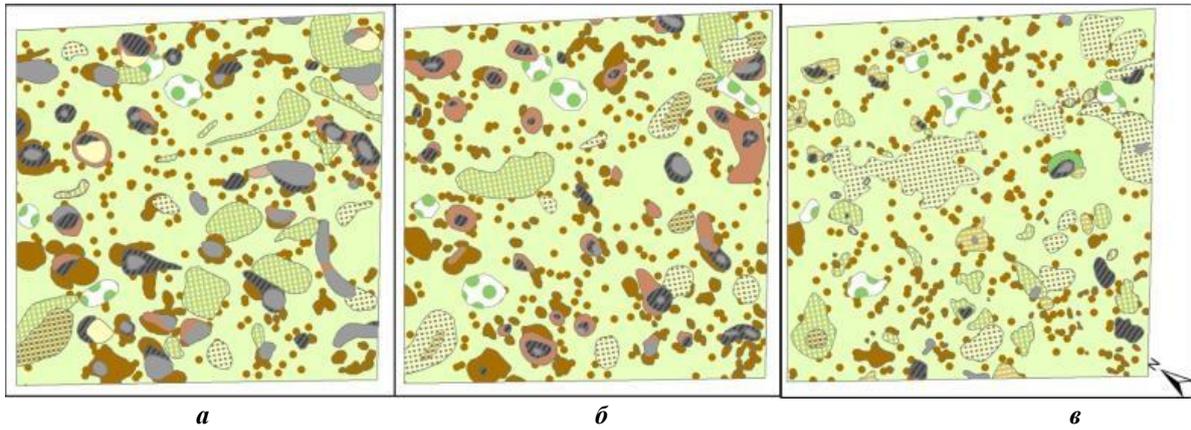
П. Рисунок 7. Горизонтальная структура растительности на площадке М12 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



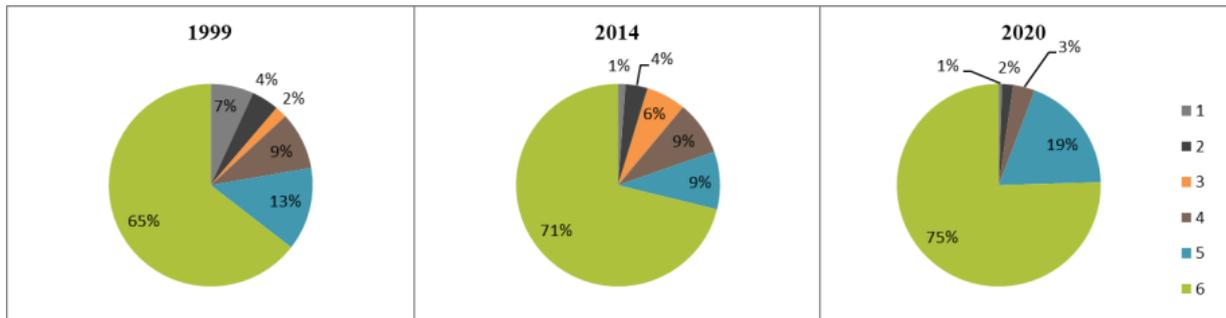
П. Рисунок 8. Соотношение микрогруппировок в растительном покрове площадки М12 в динамике: 1-3 – пятна: 1 – голого суглинка, 2 – с криптогамными корочками и мелкими цветковыми, 3 – заросшие мхами и кустарничками, 4 – заросшие подушками светло- и темноокрашенных лишайников; 5 – валики преимущественно с кустарничково-лишайниковым покровом; 6 – ложбинки кустарничково- и ивово-моховые.



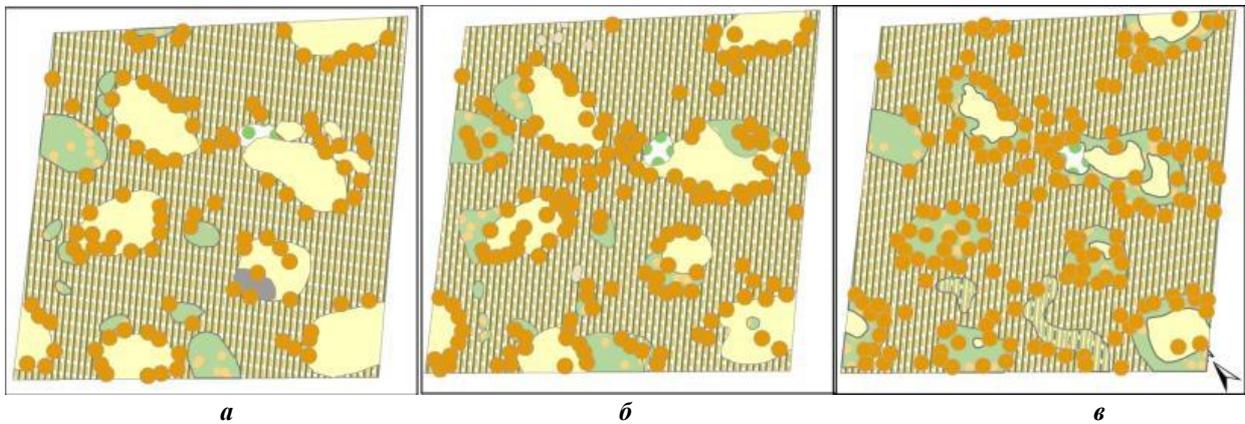
П. Рисунок 9. Горизонтальная структура растительности на площадке М3 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



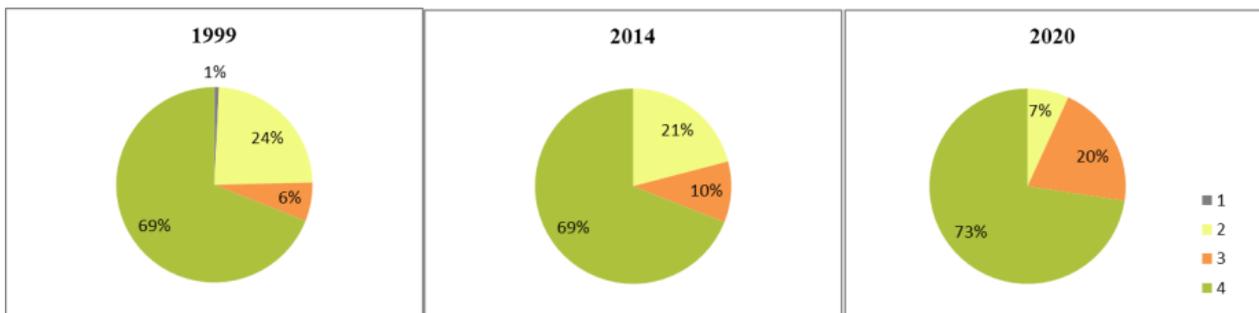
П. Рисунок 10. Горизонтальная структура растительности на площадке М4 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



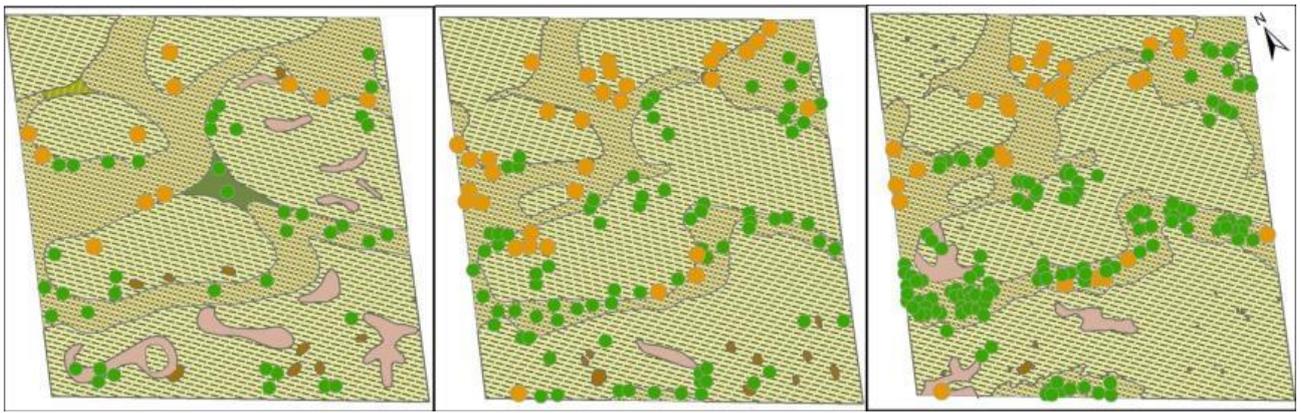
П. Рисунок 11. Соотношение микрогруппировок в растительном покрове площадки М4 в динамике: 1-4 – пятна: 1 – голого суглинка, 2 – с криптогамными корочками (печеночники, накипные лишайники, мелкие мхи), 3 – заросшие мхами и кустарничками, 4 – заросшие коричневоокрашенными лишайниками (*Bryocaulon divergens*); 5 – моховые западинки с ерником; 6 – стланиковоерниковая кустарничково-лишайниковая дернина.



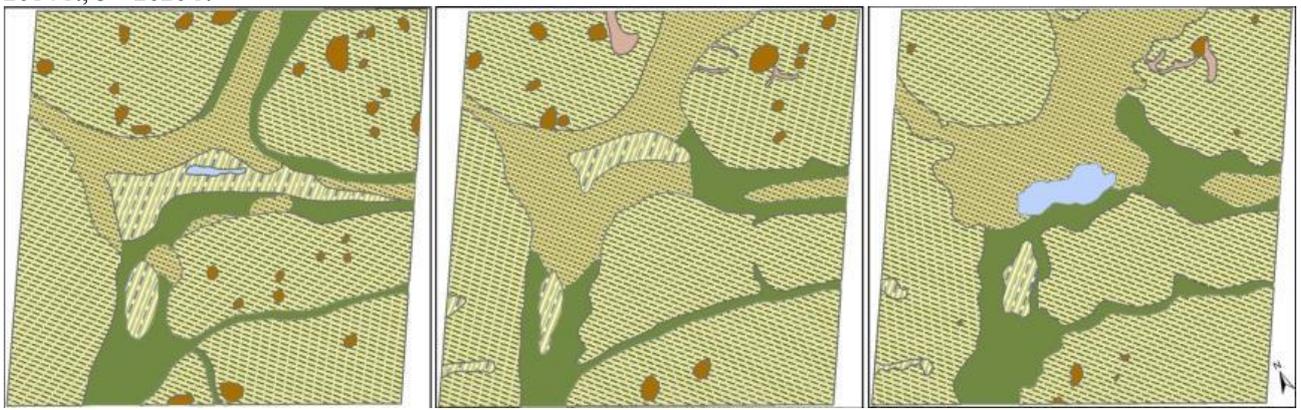
П. Рисунок 12. Горизонтальная структура растительности на площадке М7 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



П. Рисунок 13. Соотношение микрогруппировок в растительном покрове площадки М7 в динамике: 1-3 – пятна: 1 – голого суглинка, 2 – с кустарничково-лишайниковым (преимущественно кладониевым) покровом, 3 – заросшие мхами и кустарничками; 4 – кустарничково-морошково-моховая дернина.



П. Рисунок 14. Горизонтальная структура растительности на площадке М8 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.



П. Рисунок 15. Горизонтальная структура растительности на площадке М10 в динамике: *а* – 1999 г., *б* – 2014 г., *в* – 2020 г.