

МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОСУШЕННОМ МЕЗОТРОФНОМ ТРАВЯНО-СФАГНОВОМ БОЛОТЕ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

© 2021 г. С. И. Грабовик^{1,*}, Л. В. Канцерова^{1,**}

¹ Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, 185910, Россия

*e-mail: svetagrab@yandex.ru

**e-mail: Kancerova.L@mail.ru

Поступила в редакцию 26.06.2020 г.

После доработки 13.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

На территории Южной Карелии в подзоне средней тайги на лесоболотном научном стационаре Карельского НЦ РАН “Киндасово” в заказнике Койву-Ламбасуо ведется многолетний мониторинг растительности болот. В данной работе представлены результаты 36-летних исследований постмелиоративной динамики видового состава и структуры растительного покрова мезотрофного травяно-сфагнового болота “Близкое” (61°45'10.28"с.ш., 33°28'12.73"в.д.). Под влиянием осушения и сукцессий растительного покрова отмечается изменение видового состава растительного покрова, снижение его биоразнообразия в 30 метрах от мелиоративного канала и увеличение видового разнообразия на середине межканальной полосы. На середине межканальной полосы изменения в видовом составе происходят значительно медленнее, чем в 30 метрах от канала, так как удлинился период доминирования гигромезофильных и гигрофильных видов, но при дальнейшем действии осушения происходит уменьшение степени покрытия мезотрофного болотного разнотравья. С помощью бестрендового анализа выделено четыре периода увлажнения, каждый из которых обладает характерным для этого периода растительным покровом. Через 36 лет после осушения на месте мезотрофного травяно-сфагнового кочковато-топяного комплекса сформировался березово-травяной фитоценоз.

Ключевые слова: постмелиоративная динамика, растительный покров, травяно-сфагновое болото, ординация, Карелия

DOI: 10.31857/S0006813621040050

Болота имеют огромное значение, являясь резервуарами углерода, органических веществ, и пресной воды (P'yavchenko, 1985).

В республике Карелия болота занимают 3.63 млн га (21%), а заболоченные леса — 1.83 млн га (10.6%) (P'yavchenko, Kolomytsev, 1980). В связи с высокой заболоченностью, в Карелии в середине XX столетия были развернуты гидромелиоративные работы, которые существенно изменяли естественные ландшафты. Возросшее антропогенное влияние на болота приводит к нежелательным последствиям в состоянии естественных экосистем, которых можно избежать только при знании объективных законов внутренней организации и взаимосвязей этих систем с факторами среды. Результаты гидромелиорации могут быть положительными лишь при научно обоснованном прогнозе трансформации заболоченных лесов и болот, а это требует детального изучения растительности и продуктивности фитоценозов в

процессе естественных и антропогенных смен растительного покрова разных типов болот.

Вопросы антропогенной динамики растительности болот довольно широко освещаются как в нашей стране, так и за рубежом. Подробный литературный обзор был сделан нами в работах Kuznetsov, Grabovik, 2010; Grabovik et al., 2019.

По мнению Б.С. Маслова “основой мелиоративных исследований должны вновь стать мелиоративно-болотные стационары в разных природно-хозяйственных регионах в сочетании с математическим и физическим моделированием” (Maslov, 2008: 68).

Целью данной работы явилось представление результатов 36-летних исследований постмелиоративной динамики видового состава и структуры растительного покрова в пространственно-временном аспекте на примере мезотрофного травяно-сфагнового болотного массива “Близкое”.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На территории Киндасовского лесо-болотного научного стационара Карельского научного центра РАН в 1970 г. были начаты комплексные научно-исследовательские работы по изучению структуры и динамики болот и заболоченных лесов в естественном состоянии и под влиянием мелиорации. В задачи исследования не входило измерение уровня грунтовых вод (УГВ) в течение вегетационного периода. УГВ на исследованных болотах был измерен только до осушения.

В климатическом отношении территория стационара характеризуется следующими средними многолетними данными: продолжительность вегетационного периода – 148 дней, температура воздуха за вегетационный период – 11.7°C, количество атмосферных осадков за год 565 мм, за вегетационный период – 316 мм (Chesnokov, 1979).

На территории стационара наиболее распространены четыре типа болотных массивов: сфагновый грядово-мочажинный олиготрофный, травяно-сфагновый мезотрофный, травяно-сфагново-гипновый (карельские кольцевые аапа болота) и мезотрофный сфагновый лесной (Elina et al., 1984). Значительная их часть до 1969 г. была в естественном состоянии, затем с 1969 по 1974 г. часть болот была осушена (рис. 1).

Стационарные исследования проводили в два этапа. На первом этапе основное внимание уделяли изучению растительности естественных (неосушенных) болот. На основании анализа аэрофотоснимков устанавливали соотношение растительных комплексов на болотах (Galkina, 1969). На выделенных по аэрофотоснимкам болотных комплексах выбирали наиболее типичные для них участки (по форме микрорельефа и растительному покрову) – пробные площади (ПП), на которых в последующие годы вели постоянные наблюдения. Всего было заложено 11 ПП (площадь от 0.3 до 0.5 га), здесь выполнялись геоботанические описания, отбирались образцы торфа на ботанический состав и степень разложения, а также измерялся УГВ на коврах, мочажинах, кочках и грядах до осушения.

Горизонтальная структура растительного покрова изучалась методом крупномасштабного картирования (Elina et al., 1984) на постоянных пробных площадях (ППП), размеры которых (от 50 до 150 м²) зависели от сложности структуры болотного комплекса и величины отдельных элементов микрорельефа. Площадь исследуемой ПП болотного массива “Близкое” составляет 0.5 га (рис. 1), а площадь ППП – 150 м² (рис. 2).

Второй этап начался в первое десятилетие после осушения и характеризовался детализацией ранее выполненных исследований, внимание акцентировалось на динамике растительного покрова, структуре и биологической продуктивно-



Рис. 1. Схема болотных массивов стационара “Киндасово” (Elina, 1977).

Типы болотных массивов: I – сфагновый грядово-мочажинный олиготрофный; II – мезотрофный травяно-сфагновый; III – мезотрофный сфагновый лесной; IV – южнокарельский вариант кольцевого аапа типа. 7 – болотный массив “Близкое”, ■ – пробная площадь.

Fig. 1. Scheme of mire ecosystems of the “Kindasovo” Experimental Research Station (Elina, 1977).

Types of mires: I – ombrotrophic ridge-hollow bog; II – mesotrophic herb-Sphagnum; III – mesotrophic Sphagnum-forest mire; IV – aapa mire. 7 – mire ecosystem “Blizkoye”, ■ – sample plot.

сти комплексов. Исследования динамики видового состава и структуры растительного покрова выполнялись апробированными и модифицированными методами (Grabovik, 1989, Grabovik et al., 2019). Наблюдения за динамикой видового состава растительного покрова вели на постоянных метровых площадках (1 м²) (ПМП) (рис. 2), расположенных в пределах ПП изучаемого болотного комплекса.

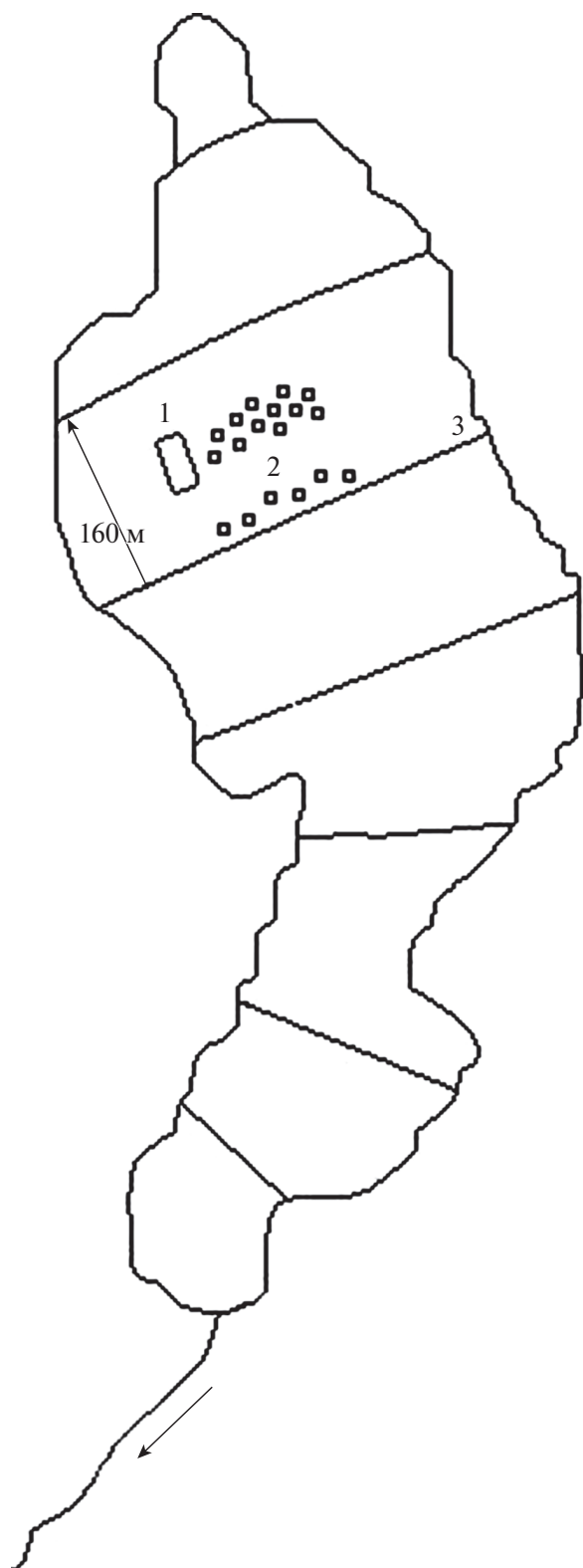


Рис. 2. Схема размещения участков на болоте “Близкое”.

1 – постоянная пробная площадка; 2 – постоянные метровые площадки; 3 – мелиоративные каналы.

Fig. 2. Scheme of plots location in the mire “Blizkoye”.

1 – permanent sample plot; 2 – 1-m² permanent sample plots; 3 – meliorative channels.

Названия сосудистых растений и мхов приводятся по сводкам (Czerepanov, 1995; Ignatov et al., 2006, 2017; Kravchenko, 2007; Ignatov, Milyutina, 2007). Основные таксационные показатели древостоя определялись методами, применяемыми в лесной таксации (Anuchin, 1982).

В работе используются эколого-ценотические группы (ЭЦГ) видов (Kuznetsov, 2005), выделенные эмпирически для болот Карелии по их отношению к условиям увлажнения, проточности, освещенности и трофности местообитаний, а также сопряженности в сообществах (Kuznetsov, 2002).

Для установления степени сходства видового состава растительных сообществ 1971 года (контроль) с растительными сообществами других лет (с 1972 по 2007 г.) использовали коэффициент Жаккара (K) (Vasilevich, 1969), который вычисляли по формуле:

$$K = \frac{c}{a + b - c} \times 100\%,$$

где a – число видов в сообществах 1971 года, b – число видов в сообществах других лет, c – число общих видов в сообществах a и b .

Для установления экологических особенностей выделенных сообществ и определения их положения в экологическом пространстве был использован бестрендовый анализ соответствия (Detrended correspondence analysis, или DCA ординация), реализованный Hill, Gauch (1980) в прикладном пакете для обработки геоботанических данных DECORANA. В качестве анализируемого параметра использовался показатель проективного покрытия видов (в %) для растительных сообществ ПМП. Нагрузки на оси в ординации рассчитаны с использованием коэффициента Сьеренсена.

Мезотрофный травяно-сфагновый болотный массив “Близкое”, площадью 10 га, глубиной торфяной залежи около 1 метра. До осушения центральная часть болота была занята мезотрофным травяно-сфагновым кочковато-топяным комплексом, в котором кочки занимали 30%, мочажины – 70%. В понижениях в течение вегетационного периода УГВ колебался от 0 до +5 см, а на повышениях – 15–25 см ниже поверхности сфагнового ковра. Для более детального изучения горизонтальной структуры растительного покрова в центральной части участка было сделано крупномасштабное картирование. Кочки были заняты кустарничково-осоково-сфагновыми сообществами, с единичными низкими (до 2 м) *Betula pubescens* и *Pinus sylvestris*. В неглубоких мочажинах до осушения были сообщества ассоциации *Carex lasiocarpa* – *Menyanthes trifoliata* и *Carex lasiocarpa* – *Sphagnum subsecundum*. Видовое богатство болотного участка до осушения было невелико и

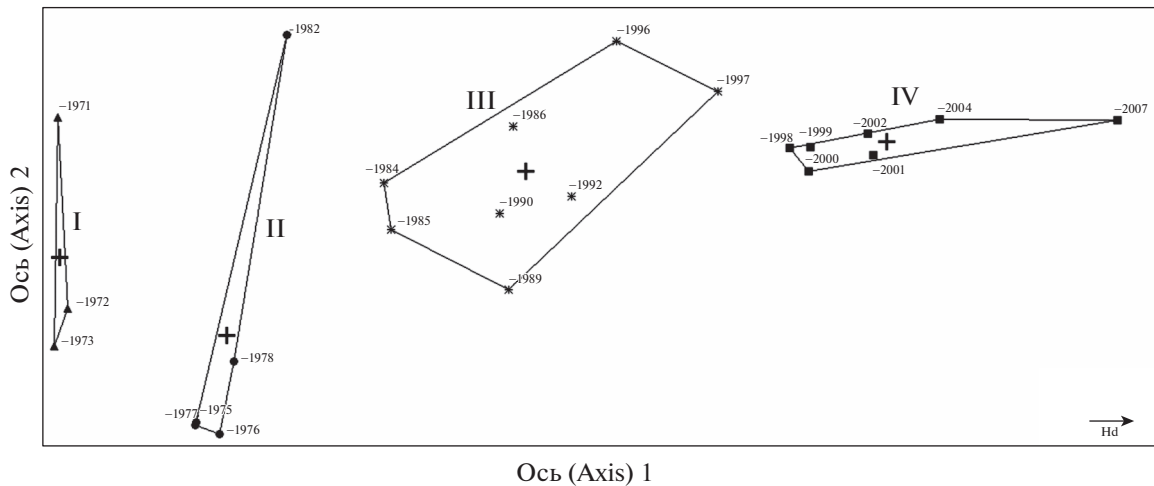


Рис. 3. Ординационная диаграмма растительных сообществ на постоянных метровых площадках, расположенных в 30 метрах от мелиоративного канала в разные годы исследования.

Римские цифры – периоды увлажнения.

Fig. 3. Ordination chart of plant communities in permanent 1-m² sample plots located 30 m from the ditch in different years.

Roman numerals – drainage periods.

включало 29 видов: из них деревья – 2, кустарнички – 5, травы – 16 и мхи – 6.

В 1970 г. болото было осушено редкой сетью открытых каналов через 160 метров. В настоящее время каналы заросли травянистой растительностью. Мониторинг изменений растительного покрова велся на постоянных метровых площадках (ПМП) 1 × 1 м, заложенных на коврах и мочажинах на разном удалении от мелиоративных каналов (в более интенсивно осушенной части болотного участка, в 30-ти метровой полосе от канала, а также на середине межканальной полосы. Всего заложено 18 ПМП (рис. 2). Первые наблюдения сделаны в год проведения гидромелиорации болотного массива (контроль).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика видового состава растительного покрова в 30-метровой полосе вдоль мелиоративного канала

Бестрендовый анализ соответствия был проведен для растительных сообществ ПМП в 30-метровой полосе. Ординационная диаграмма (рис. 3) демонстрирует наличие четко выраженного хронологического градиента (с 1971 по 2007 годы исследования), который в растительных сообществах соответствует градиенту увлажнения от более влажных местообитаний к менее влажным. Анализ показал высокую нагрузку на ось 1, которая объясняет 76% изменчивости. Вдоль градиента нами выделено четыре группы (скопления) растительных сообществ, характеризующиеся степенью увлажнения за разные годы исследова-

ния. На ось 2 приходится очень низкая нагрузка, всего 1%.

В первую (I) группу (период осушения с 1971 по 1973 год) входят кустарничково-осоково-травяно-моховые сообщества мезоолиготрофных, гидрофильных водно-болотных видов сосудистых растений и мхов. За данный период осушения исчезли виды эколого-ценотических групп, таких как *Scheuchzeria palustris* и *Carex livida* (табл. 1), которые характерны для сильно обводненных застойных мочажин: *Carex chordorrhiza*, *C. canescens*, *C. limosa*, *C. livida*, и мхов *Sphagnum angustifolium*, *S. subsecundum*. Доминантными видами сообществ данного периода являются *Carex lasiocarpa* и *Menyanthes trifoliata*. Они по-прежнему сохраняют высокую константность, но проективное покрытие *C. lasiocarpa* снижается с 35 до 15%, а *Menyanthes trifoliata* увеличивается с 20 до 30%.

Во вторую (II) группу (период осушения с 1975 по 1982 год) входят кустарничково-разнотравные сообщества мезотрофных, гидрофильных болотных видов. Различные виды болотных растений реагируют на осушение неодинаково. Одни быстро отмирают (виды ЭЦГ *Chamaedaphne calyculata*), а другие испытывают явное угнетение и отмирают постепенно (виды ЭЦГ *Menyanthes trifoliata*). Встречаются виды, которые развиваются даже лучше и роль их в покрове заметно увеличивается после осушения, особенно *Calamagrostis neglecta* и *Comarum palustre* (табл. 1). Их проективное покрытие в растительных сообществах, в отличие от первых лет осушения, резко возрастает в среднем с 5–10% до 25–40%. Данные виды относятся к ЭЦГ *Carex acuta*, произрастающих в топяных местообитаниях, ежегодно заливаемых на довольно

Таблица 1. Постмелиоративная динамика видового состава растительного покрова мезотрофного травяно-сфагнового болота в 30 метрах от мелиоративного канала
Table 1. Post-drainage dynamics of the species composition of the vegetation cover of the mesotrophic herb-Sphagnum mire located 30 m from the ditch

Видовой состав (Plant species)	Периоды осушения (Drainage periods)/Годы (Years)							
	I		II		III		IV	
	1971	1973	1975	1982	1984	1997	1998	2007
Группа (Group) Chamaedaphne calyculata*								
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	IV ³	IV ⁷	IV ⁶	—	—	—	—	—
<i>Andromeda polifolia</i> L.	IV ²	III ¹	II ⁺	—	—	—	—	—
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	II ⁺	III ¹	II ⁺	—	—	—	—	—
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen	IV ⁵	—	—	—	—	—	—	—
<i>S. divinum</i> Elatberg et Hassel.	—	I ⁺	II ²	—	I ⁺	—	III ²	I ¹
Группа (Group) Scheuchzeria palustris								
<i>Carex limosa</i> L.	I ⁺	I ⁺	—	—	—	—	—	—
Группа (Group) Carex lasiocarpa								
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	V ³³	V ¹⁷	IV ⁶	IV ⁹	III ⁷	II ⁺	II ¹	—
Группа (Group) Carex livida								
<i>Carex livida</i> (Wahlenb.) Willd.	II ⁺	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sphagnum subsecundum</i> Nees	V ¹⁸	V ⁶	—	—	—	—	—	—
<i>Warnstorfia exannulata</i> (Bruch et al.) Loeske	IV ⁵	—	—	IV ³⁸	—	—	—	—
Группа (Group) Menyanthes trifoliata								
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	V ²²	V ²⁶	V ¹⁶	IV ¹¹	III ⁷	I ¹	—	—
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	V ²	IV ⁺	II ⁺	I ⁺	—	—	—	—
<i>Carex chordorrhiza</i> Ehrh.	V ⁵	II ⁺	—	—	—	—	—	—
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	IV ²	V ⁺	IV ⁺	—	—	I ²	I ⁺	—
Группа (Group) Calla palustris								
<i>Salix myrtilloides</i> L.	IV ⁵	IV ⁵	IV ²	II ¹	—	—	—	—
<i>Carex canescens</i> L.	IV ⁷	I ⁺	—	—	—	—	—	—
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ⁺
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Huebener) T.J. Kop.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	—
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber et D. Mohr	—	—	—	—	—	—	I ⁺	—
Группа (Group) Carex acuta								
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrt.) Gaertn., B. Mey. et Scherb.	V ¹⁰	V ⁵	V ³⁵	V ³³	IV ¹⁸	III ²	IV ²	—
<i>Comarum palustre</i> L.	IV ⁷	V ⁴	V ⁴	V ²³	IV ²⁹	IV ¹⁰	V ⁷	II ³
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i> (L.) Reichenb.	IV ⁺	V ⁴	V ⁴	IV ⁴	IV ⁵	III ²	IV ⁴	IV ⁺
<i>Galium palustre</i> L.	IV ³	V ⁺	III ⁺	V ¹	III ⁺	V ²	IV ²	I ⁺
<i>Thyselium palustre</i> (L.) Rafin.	IV ⁺	IV ⁺	IV ⁺	III ⁺	III ¹	I ⁺	II ⁺	—
Группа (Group) Saxifraga hirculus								
<i>Epilobium palustre</i> L.	—	—	—	—	III ¹	—	—	—
Группа лесных видов (Group of forest species)								
<i>Rubus idaeus</i> L.	—	—	—	—	—	—	II ⁵	II ²⁰
<i>Angelica sylvestris</i> L.	—	—	—	—	—	I ⁺	II ¹	—
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	—	—	—	—	—	I ²	IV ¹⁴	V ⁹

Таблица 1. Окончание

Видовой состав (Plant species)	Периоды осушения (Drainage periods)/Годы (Years)							
	I		II		III		IV	
	1971	1973	1975	1982	1984	1997	1998	2007
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) Y.P. Fuchs	–	–	–	–	–	–	IV ²	IV ²⁰
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	–	II ⁺	II ⁺	III ⁺	I ⁺	III ¹²	V ⁹	V ⁵
<i>Geum rivale</i> L.	–	–	–	–	–	I ²	I ³	I ⁺
<i>Trientalis europaea</i> L.	–	–	–	–	–	I ¹	I ⁺	–
<i>Brachythecium rivulare</i> Bruch et al.	–	–	–	–	–	–	–	IV ⁴
<i>Polytrichum longisetum</i> Sw. ex Brid.	–	–	–	–	–	–	I ⁺	–
<i>Sciuro-hypnum curtum</i> (Lindb.) Ignatov.	–	–	–	–	–	I ¹	I ²	I ⁺
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	–	–	–	–	–	–	–	II ⁺

Примечание.*– Эколого-ценотические группы. Единично встречающиеся виды в таблицу не включены. В таблицу не вошли все годы исследования из-за достаточно большого объема материала.

Note.*– Ecological-cenotic groups. Species occurring as single individuals are not included in the Table. Not all years of the study were included in the Table due to a considerable amount of the material.

длительное время. Количество осадков за данный период было выше средней нормы (в среднем 450 мм).

Сравнение коэффициента сходства первого года осушения с последующими годами I и II периодов показало снижение сходства видового состава растительных сообществ с 74% в 1972 году до 45% в 1982 году. Это связано с тем, что в первые годы осушения резко проявляется дренажный эффект на ПМП, находящихся ближе к мелиоративному каналу и происходит смена более влаголюбивых видов на менее влаголюбивые. Ослабление фитоценотической роли болотных растений создало наиболее благоприятные условия для естественного облесения болот уже в первые 7–10 лет после осушения. В это время гигромезофильные и мезофильные виды (конкуренты всходов древесных пород) еще не получили широкого распространения. Происходит массовый занос семян *Betula pubescens*, которые попадают в благоприятную для прорастания среду. Число особей *Betula pubescens* высотой от 0.5 до 5.5 м достигает 3400 экз./га.

В третью (III) группу (период осушения с 1984 по 1997 год) входят березово-травяные сообщества мезотрофных, гигромезофильных болотных видов. Растения гигрофильные угнетаются, конкуренция с их стороны практически устраняется. В напочвенном покрове ковров и бывших мочажин за этот период осушения большинство болотных видов продолжает сохраняться, но жизнеспособность их снижается, они не цветут и не плодоносят (ЭЦГ *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex acuta*). Происходит изреживание травяного покрова, появляются виды (относящиеся к ЭЦГ лесных видов), хотя и в незначительном количе-

стве, отсутствовавшие здесь до осушения. На низких приствольных кочках в сообществах появляются *Deschampsia cespitosa*, *Polytrichum longisetum* и *Dicranum scoparium*.

Сравнение коэффициента сходства первого года осушения с последующими годами III периода показало, что коэффициент Жаккара снижается, но незначительно: с 39% в 1984 году до 35% в 1997 и число общих видов колеблется от 7 до 9.

В сформировавшемся березово-травяном фитоценозе общее число стволов составило 1850 экз./га, в том числе *Betula pubescens* 1700. Средний диаметр 5.6 см, высота – 6.9 м. Значительная часть *Betula pubescens* появилась здесь уже после осушения.

В четвертую (IV) группу (период осушения с 1998 по 2007 год) входят березово-травяные сообщества, мезотрофных, мезофильных лесо-болотных и преимущественно лесных видов.

В напочвенном покрове ковров болотные растения еще сохранились, но проективное покрытие их значительно снизилось, продолжается внедрение лесных видов (табл. 1) и в сложении напочвенного покрова они уже играют значительную роль. ЭЦГ лесных видов указывают на переменность водного режима и динамические связи болот и лесов. Доминантными видами сообществ данного периода являются *Equisetum sylvaticum*, *Deschampsia cespitosa*, *Dryopteris carthusiana*. Из сообществ исчезли *Carex lasiocarpa* и *Menyanthes trifoliata*, которые в первом периоде осушения были доминантными видами. Также исчезли *Equisetum fluviatile* и *Tyselium palustre*. В сообществах появились встречающиеся ранее 1998 г. виды мхов: *Climacium dendroides*, *Polytrichum longi-*

Таблица 2. Постмелиоративная динамика видового состава растительного покрова мезотрофного травяно-сфагнового болота на середине межканальной полосы

Table 2. Post-drainage changes of the species composition of the vegetation cover in the mesotrophic herb-Sphagnum mire in the middle of a drained row

Видовой состав (Plant species)	Периоды осушения (Drainage periods)/Годы (Years)							
	I		II		III		IV	
	1971	1973	1975	1982	1984	1997	1998	2007
Группа (Group) Chamaedaphne calyculata*								
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	IV ³	III ³	IV ³	I ³	—	—	—	—
<i>Andromeda polifolia</i> L.	V ⁸	IV ⁵	IV ⁵	—	—	—	—	—
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	IV ⁴	IV ⁴	V ³	—	—	I ⁺	I ⁺	—
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen	—	—	I ¹	II ⁺	I ¹	I ⁺	—	—
<i>S. divinum</i> Elatberg et Hassel.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ¹
Группа (Group) Scheuchzeria palustris								
<i>Carex limosa</i> L.	I ⁺	I ⁺	—	—	—	—	—	—
Группа (Group) Carex lasiocarpa								
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	IV ²⁵	V ¹⁴	V ¹¹	V ¹⁶	V ³¹	III ⁵	II ⁺	—
Группа (Group) Carex livida								
<i>Carex livida</i> (Wahlenb.) Willd.	I ⁺	I ⁺	—	—	—	—	—	—
<i>Sphagnum subsecundum</i> Nees	IV ²⁹	III ⁵	III ⁵	—	—	—	—	—
<i>Warnstorfia exannulata</i> (Bruch et al.) Loeske	—	I ¹	I ¹	II ¹	—	—	—	—
Группа (Group) Menyanthes trifoliata								
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	IV ⁶	V ¹³	V ⁹	V ⁹	V ¹⁵	V ⁹	IV ⁴	II ¹
<i>Eriophorum angustifolium</i> Honck.	II ⁺	II ⁺	II ⁺	—	—	—	—	—
<i>Carex chordorrhiza</i> Ehrh.	V ²⁰	I ¹	I ⁺	I ⁺	—	—	—	—
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	—	V ¹	II ⁺	—	II ⁺	II ¹	—	—
Группа (Group) Calla palustris								
<i>Salix myrtilloides</i> L.	IV ¹³	IV ⁸	IV ⁹	IV ⁴	I ⁺	—	—	—
<i>Carex canescens</i> L.	I ⁺	II ⁺	I ²	—	—	—	III ²	—
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	—	—	—	—	—	—	I ¹	I ¹
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Huebener) T.J. Kop.	—	—	—	—	—	—	I ¹	I ¹
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber et D. Mohr	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ⁺
Группа (Group) Carex acuta								
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrt.) Gaertn., B. Mey. et Scherb.	—	IV ⁵	IV ¹¹	V ²⁷	III ¹⁸	V ⁷	V ⁷	V ⁹
<i>Comarum palustre</i> L.	V ¹¹	V ⁶	V ⁸	V ²¹	V ⁴³	V ⁶	V ⁶	IV ⁶
<i>Galium palustre</i> L.	III ³	IV ⁺	IV ⁺	V ²	III ¹	IV ⁵	III ¹	III ⁺
<i>Naumburgia thyrsoiflora</i> (L.) Reichenb.	III ⁺	V ¹	V ⁴	V ³	III ¹	IV ³	V ⁵	III ⁺
<i>Thyselium palustre</i> (L.) Rafin.	IV ⁺	IV ⁺	V ³	V ¹	IV ¹	II ⁺	III ⁺	I ⁺
Группа (Group) Saxifraga hirculus								
<i>Epilobium palustre</i> L.	II ⁺	—	—	II ⁺	III ¹	I ⁺	—	I ⁺
Группа лесных видов (Group of forest species)								
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	—	III ⁺	II ⁺	III ⁺	—	III ⁴	IV ¹	I ⁺
<i>Drepanocladus polygamus</i> (Bruch et al.) Hedenäs	—	—	II ¹	II ¹	—	—	—	—
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	—	—	—	—	—	I ¹	I ¹	I ¹

Таблица 2. Окончание

Видовой состав (Plant species)	Периоды осушения (Drainage periods)/Годы (Years)							
	I		II		III		IV	
	1971	1973	1975	1982	1984	1997	1998	2007
<i>Geum rivale</i> L.	—	—	—	—	—	III ³	—	I ⁺
<i>Angelica sylvestris</i> L.	—	—	—	—	—	I ¹	I ¹	I ¹
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	III ⁶
<i>Trientalis europaea</i> L.	—	—	—	—	—	I ²	III ²	II ⁺
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) Y.P. Fuchs	—	—	—	—	—	—	III ¹	III ⁶
<i>Sciuro-hypnum curtum</i> (Lindb.) Ignatov.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ⁺
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ⁺
<i>Brachythecium rivulare</i> Bruch et al.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	V ⁵
<i>Polytrichum longisetum</i> Sw. ex Brid.	—	—	—	—	—	—	I ⁺	I ⁺

Примечание. *— Эколого-ценотические группы. Единично встречающиеся виды в таблицу не включены. В таблицу не вошли все годы исследования из-за достаточно большого объема материала.

Note. *— Ecological-cenotic groups. Species occurring as single individuals are not included in the Table. Not all years of the study were included in the Table due to a considerable amount of the material.

setum, *Brachythecium rivulare*, *Pseudobryum cinclidioides*.

В целом произошло значительное снижение сходства видовой состава (коэффициент Жаккара снизился с 24% в 1998 г. до 10% в 2007 г.).

Следует отметить, что такие светлюбивые растения, как *Calamagrostis neglecta* и *Deschampsia cespitosa* образуют здесь злаковые сообщества, которые на открытых местах (в окнах) препятствуют лесовозобновительному процессу. А такие виды, как *Angelica sylvestris*, *Dryopteris cartusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Trientalis europaea*, *Rubus idaeus* и др., составляют группу теневыносливых видов, наибольшее распространение которых отмечается под пологом *Betula pubescens*.

За этот период осушения в составе древостоя произошли существенные изменения. Состав древостоя 9Б₃₅ 1С₅₅, относительная полнота 0.9. Общее число стволов древостоя сократилось до 1658 экз./га, в том числе *Betula pubescens* до 1516.

Растительный покров до осушения был представлен 20 видами сосудистых растений и мхов, который через 36 лет после осушения представлен 13 видами, и только три вида являются общими: *Comarum palustre*, *Galium palustre* и *Naumburgia thyrsoiflora*. Они обладают широкой экологической пластичностью, что позволяет им существовать в различных эколого-фитоценотических условиях.

Динамика видовой состава растительного покрова на середине межканальной полосы

Бестрендовый анализ соответствия также был проведен для растительных сообществ ПМП на

середине межканальной полосы (рис. 4). Здесь также значительна нагрузка на ось 1 (79%), интерпретируемая, как хронологический градиент, соответствующий градиенту увлажнения. Нагрузка на ось 2 низкая, 1%. Нами выделены четыре группы растительных сообществ, характеризующиеся степенью увлажнения за разные годы исследования.

На середине межканальной полосы (табл. 2) изменения в видовом составе происходят в том же направлении, что и в приканальной полосе, но значительно медленнее, удлинился период доминирования гигромезофильных и гигрофильных видов, но при дальнейшем действии осушения происходит уменьшение степени покрытия мезотрофного болотного разнотравья. Внедрение лесных видов здесь отмечается только с 1998 года, но доля их участия в почвенном покрове совсем незначительна.

При слабой степени осушения *Calamagrostis neglecta* сохраняет очень высокий коэффициент участия в растительном покрове, он разрастается, продуцирует мощную дернину и слой сухой ветоши 5–7 см, в результате чего облесения не наблюдается, так как происходит вымокание семян древесных пород.

Сравнение коэффициента сходства первого года осушения с последующими годами показало снижение сходства видовой состава с 65% в 1972 г. до 19% в 2007 г. Растительный покров до осушения был представлен 17 видами сосудистых растений и мхов, который через 36 лет после осушения сократился до 22 видов, из которых 6 являются

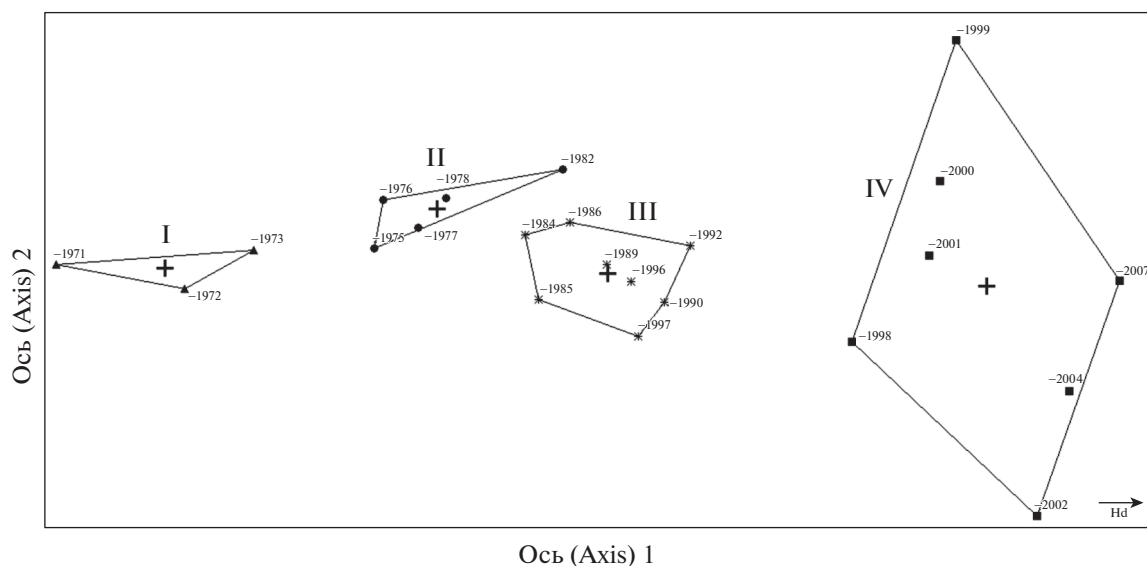


Рис. 4. Ординационная диаграмма растительных сообществ на постоянных метровых площадках, расположенных на середине межканальной полосы в разные годы исследования.

Римские цифры – периоды увлажнения.

Fig. 4. Ordination chart of plant communities in permanent 1-m² sample plots located in the middle of a drained row in different years.

Roman numerals – drainage periods.

общими: *Comarum palustre*, *Galium palustre*, *Epilobium palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Naumburgia thyrsoflora* и *Thyselium palustre*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мониторинг изменения растительного покрова на осушенном мезотрофном травяно-сфагновом болоте “Близкое” Южной Карелии позволил проследить ход сукцессий растительности, выражающийся в обобщенных временных сериях. Эти серии являются моделью, отображающей направление происходящих смен фитоценозов во времени под влиянием осушения.

Под влиянием осушения и сукцессий растительного покрова на месте мезотрофного травяно-сфагнового кочковато-топяного комплекса через 36 лет после осушения сформировался березово-травяной фитоценоз. В древесном ярусе общее число стволов составляет 1658 экз./га, в том числе *Betula pubescens* 1516 экз./га.

В напочвенном покрове виды эколого-ценологических групп *Chamaedaphne calyculata*, *Scheuchzeria palustris* и *Carex livida*, которые произрастают в сильно обводненных застойных мочажинах, чутко реагируют на изменение гидрологического режима и выпадают из растительного покрова в первый период осушения. При дальнейшем действии осушения (II и III периоды) происходит угнетение видов таких ЭЦГ, как *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex acuta*,

характеризующихся высокой степенью увлажнения. Через 30 лет (IV период) в сложении напочвенного покрова значительную роль играют виды ЭЦГ лесных видов, индицирующие переменность водного режима, а роль большинства видов в растительном покрове незначительна, так как они находятся на границах своих фитоценологических амплитуд.

Сравнение коэффициента сходства первого года осушения с последующими годами показало снижение сходства видового состава, как в 30-метровой полосе от канала (с 24% в 1998 году до 10% в 2007), так и на середине межканальной полосы (с 65% в 1972 году до 19% в 2007 году). Под влиянием осушения в 30-метровой полосе отмечается не только изменение растительного покрова, но и снижение его биоразнообразия (с 20 видов в 1972 году до 13 – в 2007), из которых только три вида являются общими: *Comarum palustre*, *Galium palustre* и *Naumburgia thyrsoflora*. На середине межканальной полосы в течение 36 лет происходит увеличение видового разнообразия с 17 до 22 видов, в сообществах на ПМП еще сохраняются болотные виды растений, а также появляются и лесные, при этом шесть видов являются общими: *Comarum palustre*, *Galium palustre*, *Epilobium palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Naumburgia thyrsoflora* и *Thyselium palustre*.

Главным экологическим фактором, обеспечивающим свыше 2/3 всей изменчивости растительности на постоянных метровых площадках, как на середине межканальной полосы, так и в

30-метровой полосе является хронологический градиент, который в растительных сообществах соответствует градиенту увлажнения от более влажных местообитаний к менее влажным. На ординационной диаграмме нами выделено четыре периода увлажнения, каждый из которых определяется характерным для этого периода растительным покровом. В первые три года осушения растительный покров был представлен кустарничково-осоково-травяно-моховыми сообществами мезоолиготрофных, гидрофильных водно-болотных видов сосудистых растений и мхов. В период осушения с 1975 по 1982 год входят кустарничково-разнотравные сообщества мезотрофных, гидрофильных болотных видов. С 1984 по 1997 год сформировался березово-травяной фитоценоз, в растительный покров которого входят мезотрофные, гигромезофильные болотные виды, а в последнее десятилетие наших исследований на постоянных метровых площадках доминируют березово-травяные сообщества мезотрофных, мезофильных лесо-болотных и преимущественно лесных видов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории болотных экосистем Института биологии КарНЦ РАН д.б.н. О.Л. Кузнецову, к.б.н. С.Р. Знаменскому за консультации и рекомендации при написании статьи, к.б.н. М.А. Бойчук за определение мхов, главному биологу Т.И. Бразовской за помощь в обработке графического материала, главным биологам Н.В. Стойкиной, Е.Л. Талбонен и сотруднику Института леса КарНЦ РАН к.с.-х. н. В.А. Ананьеву за помощь в полевых исследованиях.

Работа выполнена по Госзаданию ИБ КарНЦРАН № АААА-А19-119062590056-0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Anuchin] Анучин Н.П. 1982. Лесная таксация. М. 552 с.
- [Czerepanov] Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 992 с.
- [Chesnokov] Чесноков В.А. 1979. Изменение стока с заболоченных водосборов южной Карелии под влиянием лесосушения: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л. 25 с.
- [Elina] Елина Г.А. 1977. Типы болот Шуйской равнины. — В кн.: Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск. С. 5–19.
- [Elina et al.] Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. 1984. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л. 128 с.
- [Galkina] Галкина Е.А. 1969. Аэрометоды и их значение в развитии ландшафтного болотоведения. — В кн.: Доклады комиссии аэросъемки и фотограмметрии. Л. 6: 26–35.
- [Grabovik] Грабовик С.И. 1989. Динамика растительного покрова болотных массивов мезотрофного травяно-сфагнового типа под влиянием осушения. — Бот. журн. 74 (12): 1757–1768.
- [Grabovik et al.] Грабовик С.И., Канцерова Л.В., Куртенков С.А. 2019. Влияние осушения на динамику растительного покрова мезотрофных травяно-сфагновых болот южной Карелии. — Бот. журн. 104 (6): 888–899.
- Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А., Аболиня А.А., Акатова Т.В., Баишева Э.З., Бардунов Л.В., Барякина Е.А., Белкина О.А., Безгодов А.Г., Бойчук М.А., Черданцев В.Я., Чернядьева И.В., Дорошина Г.Я., Дьяченко А.П., Федосов В.Э., Гольдберг И.Л., Иванова Е.И., Юкониене И., Каннукене Л., Казановский С.Г., Харзинов З.Х., Курбатова Л.Е., Максимов А.И., Маматкулов У.К., Манакян В.А., Масловский О.М., Напреенко М.Г., Отнюкова Т.Н., Партыка Л.Я., Писаренко О.Ю., Попова Н.Н., Рыковский Г.Ф., Тубанова Д.Я., Железнова Г.В., Золотов В.И. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. — *Arctoa*. 15: 1–130.
- [Ignatov, Milyutina] Игнатов М.С., Милютин И.А. 2007. Ревизия рода *Sciuro-hypnum* (Brachytheciaceae, Bryophyta) в России. — *Arctoa*. 16: 63–86.
- [Ignatov et al.] Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Федосов В.Э., Иванова Е.И., Блом Х.Х., Муньос И., Беднарк-Охыра Х., Афонина О.М., Курбатова Л.Е., Чернядьева И.В., Черданцева В.Я. 2017. Флора мхов России. Т. 2. Oedipodiales — Grimmiales. М. 560 с.
- Hill M.O., Gauch H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. — *Vegetatio*. 42: 47–58.
- [Kravchenko] Кравченко А.В. 2007. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск. 403 с.
- [Kuznetsov] Кузнецов О.Л. 2002. Использование эколого-ценотических групп видов для классификации болотной растительности. — *Вестн. Томского ун-та*. 2: 111–115.
- [Kuznetsov] Кузнецов О.Л. 2005. Тополого-экологическая классификация растительности болот Карелии (омбротрофные и олиготрофные сообщества). — *Тр. КарНЦ РАН*. 8: 15–46.
- [Kuznetsov, Grabovik] Кузнецов О.Л., Грабовик С.И. 2010. Мониторинг флоры и растительности болотных экосистем. — В кн.: Мониторинг и сохранение биоразнообразия таежных экосистем Европейского Севера России. Петрозаводск. С. 19–31.
- [Lopatin] Лопатин В.Д. 1983. Экологические ряды растительности болот. — В кн.: Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск. С. 5–38.

- [Maslov] Маслов Б.С. 2008. Вопросы истории, мелиорации торфяных болот и развитие науки. — Вестн. ТГПУ. 4 (78): 64–69.
- [P'yavchenko] Пьявченко Н.И. 1985. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М. 152 с.
- [P'yavchenko, Kolomytsev] Пьявченко Н.И., Коломыцев В.А. 1980. Влияние осушительной мелиорации на лесные ландшафты Карелии. — В кн.: Болотно-лесные системы Карелии. Л. С. 52–71.
- [Vasilevich] Василевич В.И. 1969. Статистические методы в геоботанике. Л. 232 с.

MONITORING OF VEGETATION COVER CHANGE IN A DRAINED MESOTROPHIC HERB-SPHAGNUM MIRE IN SOUTHERN KARELIA

S. I. Grabovik^{a,#} and L. V. Kantserova^{a,##}

^a Institute of Biology, Karelian Research Centre RAS
Pushkinskaya Str., 11, Petrozavodsk, 185910, Russia

[#]e-mail: svetagrab@yandex.ru

^{##}e-mail: Kancerova.L@mail.ru

The forest and mire research station Kindasovo of the Karelian Research Centre RAS is situated in the middle taiga subzone and is a base for long-term monitoring of mire vegetation. This paper reports the results of 36 years of research on the post-drainage change of the species composition and structure of the vegetation cover in the mesotrophic herb-Sphagnum mire "Blizkoye" (N 61°45'10.28", E 33°28'12.73"). First of all the transformation of a mire drained for forestry purposes involves changes in the hydrological conditions, which trigger vegetation cover successions. Drainage and the ensuing vegetation cover successions in the mesotrophic herb-Sphagnum mire have caused changes in the plant species composition. Comparisons of similarity coefficients for the first year after drainage and for subsequent years revealed a reduction in the flora similarity both within a 30 m drained row from 24% in 1998 to 10% in 2007, and in the middle of a wide row (from 65% in 1972 to 19% in 2007). Because of drainage, the 30-m row experienced not only a change in the vegetation cover, but also a decline in its biodiversity (from 20 species in 1972 to 13 in 2007), with only three of the species shared: *Comarum palustre*, *Galium palustre*, and *Naumburgia thyrsiflora*. In the middle of the wide row, the species diversity has increased over the 36 years from 17 to 22 species, and communities in 1-m² sample plots have retained mire-associated plant species as well as acquired forest-dwelling species. Six of the species are shared: *Comarum palustre*, *Galium palustre*, *Epilobium palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Naumburgia thyrsiflora*, and *Thyselium palustre*.

Poor drainage in the middle of the wide row between ditches causes mire communities to be transformed rather slowly. Changes in the species composition follow the same vector as near ditches, but at a far slower rate. The dominance of hygromesophilic and hygrophilic species lasts longer, but continuing exposure to drainage leads to a decrease in the percent cover of mesotrophic wetland forbs. The penetration of forest species started only in 1998, but their contribution to the ground cover was minor.

The drained mesotrophic herb-Sphagnum hummock-water track complex has been replaced by a birch-herbs community after 36 years.

Detrended correspondence analysis was applied to detect the ecological features of plant communities in the permanent 1-m² sample plots across the study period and their positions in the ecological space. Moisture was the principal ecological factor accounting for over 2/3 of the vegetation variation in 1-m² permanent sample plots, both in the middle of the wide row and in the 30-m row. Detrended analysis revealed four moisture periods, each with its characteristic vegetation cover. The vegetation cover was made up of subshrub-sedge-herb-moss communities of mesooligotrophic, hydrophilic wetland vascular plants and mosses in the first three years after drainage. During the drainage period of 1975 to 1982, the cover was joined by subshrub-forbs communities of mesotrophic, hygrophilic mire plant species. In the period from 1984 to 1997, there formed a tree-herb community which vegetation cover comprised mesotrophic, hygromesophilic mire species, while the 1-m² permanent sample plots were already dominated by birch-herb communities with mesotrophic, mesophilic forest-mire or predominantly forest species in the last ten years of our surveys. Changes in the vegetation cover prove that the mire has been experiencing a change in hydrological conditions over these 36 years, and this very factor has been the key determinant of the species diversity and composition of the plant communities in different drainage periods.

Keywords: post-meliorative dynamics, vegetation cover, herb-Sphagnum mire, ordination, Karelia

ACKNOWLEDGEMENTS

The author are grateful to the staff of the Laboratory of Mire Ecosystems, Institute of Biology KarRC RAS Dr. O.L. Kuznetsov and researcher S.R. Znamenskiy for advice

and recommendations on writing the article, researcher M.A. Boychuk for identification of mosses, Chief Biologist T.I. Brazovskaya for graphics works, Chief Biologists N.V. Stoikina, E.L. Talbonen and researcher from the For-

est Research Institute KarRC RAS V.A. Ananyev for help with fieldwork.

The study was carried out under state assignment of the Institute of Biology KarRC RAS № AAAA-A19-119062590056-0.

REFERENCES

- Anuchin N.P. 1982. Lesnaya taksatsia [Forest assesment]. Moscow. 552 p. (In Russ.).
- Czerepanov S.K. 1995. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent countries (with-in the former USSR territory)]. St. Petersburg. 992 p. (In Russ.).
- Chesnokov V.A. 1979. Izmeneniye stoka s zabolochennykh vodosborov yuzhnoy Karelii pod vliyaniem lesoosusheniya [Change in runoff from swampy catchments of southern Karelia under the influence of forest drainage]: Abstr. ... Diss. Kand. Sci. Leningrad. 25 p. (In Russ.).
- Galkina E.A. 1969. Aerometry i ikh znacheniye v razvitiy landshaftnogo bolotovedeniya [Aerometry and their importance in the development of landscape swamp science]. – In: Reports of the aerial survey and photogrammetry commission. Leningrad. 6: 26–35 (In Russ.).
- Elina G.A. 1977. Tipy bolot Shuyskoy ravniny [Types of swamps of the Shuya plain]. – In: Stationary study of swamps and swampy forests in connection with land reclamation. Petrozavodsk. P. 5–19 (In Russ.).
- Elina G.A., Kuznetsov O.L., Maksimov A.I. 1984. Strukturno-funktsional'naya organizatsiya i dinamika bolotnykh ekosistem Karelii. [Structural-functional organization and dynamics of mire ecosystems in Karelia.]. Leningrad. 128 p. (In Russ.).
- Grabovik S.I. 1989. Plant cover dynamics in mire massifs of the mesotrophic herb-Sphagnum type upon drainage. – Botanicheskii Zhurnal. 74 (12): 1757–1768 (In Russ.).
- Grabovik S.I., Kantserova L.V., Kytkenov S.A. 2019. Drainage effect on the plant cover development in south karelian mesotrophic herb-sphagnum mires. – Botanicheskii Zhurnal. 104 (6): 888–899 (In Russ.).
- Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A., Abolina A., Akatova T.V., Baisheva E.Z., Bardunov L.V., Baryakina E.A., Belkina O.A., Bezgodov A.G., Boychuk M.A., Cherdantseva V.Ya., Czernyadjeva I.V., Doroshina G.Ya., Dyachenko A.P., Fedosov V.E., Goldberg I.L.1,2, Ivanova E.I., Jukoniene I.3, Kanukene L.4, Kazanovsky S.G., Kharzinov Z.Kh., Kurbatova L.E., Maksimov A.I., Mamatkulov U.K., Manakyan V.A., Maslovsky O.M., Napreenko M.G., Otnyukova T.N., Partyka L.Ya., Pisarenko O.Yu., Popova N.N., Rykovsky G.F., Tubanova D.Ya., Zheleznova G.V., Zolotov V.I. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. – Arctoa. 15: 1–130.
- Ignatov M.C., Milyutina I.A. 2007. Revision of the genus *Sciuro-hypnum* (Brachytheciaceae, Bryophyta) in Russia. Arctoa. – 16: 63–86 (In Russ.).
- Ignatov M.S., Ignatova Ye.A., Fedosov V.E., Ivanova Ye.I., Blom Kh.Kh., Mun'os I., Bednarek-Okhyra Kh., Afonina O.M., Kurbatova L.Ye., Chernyad'jeva I.V., Cherdantseva V.Ya. 2017 Flora of mosses of Russia. T. 2. Oedipodiales – Grimmiales. M. 560 p. (In Russ.).
- Hill M.O., Gauch H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. – Vegetatio. 42: 47–58.
- Kravchenko A.V. 2007. A compendium of Karelian flora (vascular plants). Petrozavodsk. 403 p. (In Russ.).
- Kuznetsov O.L. 2002. The use of ecological-cenotic groups of species for the classification of bog vegetation. – Vestnik Tomskogo Universiteta. 2: 111–115 (In Russ.).
- Kuznetsov O.L. 2005. Topologo-ecologicheskaya klassifikatsiya rastitelnosti bolot Karelii (ombrotrofnye i oligotrofnye soobchestva [Topological-ecological classification of the vegetation of the Karelian bogs (ombrotrophic and oligotrophic communities)]. – Trudy Karelskogo Nauchnogo Tsentra RAN. 8: 15–46 (In Russ.).
- Kuznetsov O.L., Grabovik S.I. 2010. Monitoring of the flora and vegetation of mire ecosystems. – In: Monitoring and Conservation of the Biodiversity of Boreal Ecosystem of North European Russia. Petrozavodsk. P. 19–31 (In Russ.).
- Lopatin V.D. 1983. Ekologicheskie ryady rastitel'nosti bolot [Ecological series of mire vegetation]. – In: Struktura rastitel'nosti i resursy bolot Karelii. Petrozavodsk. P. 5–38 (In Russ.).
- Maslov B.S. 2008. Voprosy istorii, melioratsii torfyanykh bolot i razvitiye nauki [Issues of history, reclamation of peat bogs and the development of science]. – In: Vestnik TGPU. 4 (78): 64–69 (In Russ.).
- P'yavchenko N.I. Torfyanyye bolota, ikh prirodnoye i khozyaystvennoye znacheniye [Peat bogs, their natural and economic value]. Moscow. 152 p. (In Russ.).
- P'yavchenko N.I., Kolomytsev V.A. 1980. Vliyaniye osushitel'noy melioratsii na lesnyye landshafty Karelii [The effect of drainage reclamation on the forest landscapes of Karelia]. – In: Swamp-forest systems of Karelia. Leningrad. P. 52–71 (In Russ.).
- Vasilevich V.I. 1969. Statistical methods in geobotany. Leningrad. 232 p. (In Russ.).