

СООБЩЕНИЯ

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
МЕЗОТРОФНЫХ ТРАВЯНО-СФАГНОВЫХ БОЛОТ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ© 2019 г. С. И. Грабовик¹, Л. В. Канцерова^{1,*}, С. А. Кутенков¹¹ Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, г. Петрозаводск, 185910, Россия

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

Поступила в редакцию 07.05.2019 г.

После доработки 14.05.2019 г.

Принята к публикации 16.05.2019 г.

Исследования проводились на территории Киндасовского лесо-болотного научного стационара Карельского научного центра РАН, в подзоне средней тайги в заказнике Койву-Ламбасуо. В статье представлены результаты 4-летних исследований постмелиоративной динамики видового состава и структуры растительного покрова в пространственно-временном аспекте, который позволил проследить ход сукцессий на примере мезотрофного травяно-сфагнового болотного массива (аапа болото). Под влиянием осушения и сукцессий растительного покрова на аапа болотах отмечается изменение видового состава растительного покрова, снижение его биоразнообразия и выравнивание микрорельефа.

Растительный покров осушенных болот имеет сложную структуру, которая зависит от ряда факторов: от типа болотного массива, видового состава растительных сообществ, интенсивности и давности осушения. Здесь важную роль играет экологическая пластичность видов растений, слагающих фитоценозы, а также конкурентная способность видов, внедряющихся после осушения. Наиболее чутко реагируют на осушение гипергидрофильные виды, такие как *Carex chordorrhiza* Ehrh., *C. limosa* L., *Sphagnum subsecundum* Nees, которые требовательны к постоянному наличию грунтовых вод, полностью исчезнувших с болотного участка в первые годы после осушения. Сукцессионный процесс идет в сторону мезофитизации фитоценозов по сравнению с исходными. Анализ наших данных свидетельствует о том, что спустя 47 лет после осушения болота растительный покров не достигает устойчивого состояния, а находится на стадиях сукцессий, что требует дальнейших наблюдений за его динамикой.

Ключевые слова: постмелиоративная динамика, растительный покров, аапа болота, Карелия

DOI: 10.1134/S000681361906005X

Одним из наиболее распространенных способов трансформации болотных экосистем таежной зоны является лесоосушительная мелиорация, в результате которой происходит изменение гидрологического режима болотных массивов. Все это приводит к изменениям состава и структуры растительного покрова на осушенных болотах, которые происходят с различной скоростью в зависимости от типов болот, интенсивности осушения, а также их географического положения.

Изменению растительности болот и заболоченных лесов под влиянием осушения посвящено достаточно много работ как у нас в стране, так и за рубежом (Sarasto, 1957; Eliseeva, 1964; Bush, Abolin', 1968; Laine et al., 1995; Neshataev, 1986). Анализ литерату-

ры показывает, что большая часть материалов об изменении растительного покрова болот и заболоченных лесов получена на основе однократных учетов, проведенных через достаточно большой период после осушения. При этом динамика напочвенного покрова рассматривается в сравнительно немногих работах, в основном на болотах Европейской части России (Nitsenko, 1951; Yurkovskaya, 1963; Guzlina, 1963); в Западной Сибири (Eliseeva, 1964; Platonov, 1967), основное же внимание уделяется реакции на осушение древесного яруса или его формированию на открытых болотах.

Гораздо меньше данных, полученных на постоянных пробных площадях путем повторных исследований в первые 5–10–15 лет после осушения, которые позволяют полнее раскрыть механизмы влияния осушения не только на древесный ярус, но и на напочвенный покров и экологические условия произрастания (Grabovik, 1989; Kuznetsov, Grabovik, 2010).

Болота на территории Карелии занимают 3.6 млн га, из них на долю травяно-сфагново-гипновых (карельские кольцевые аапа болота) приходится 0.9 млн га. Значительная их часть в южной и средней Карелии была осушена в 60–70 годы прошлого века для целей лесного и сельского хозяйства (Medvedeva, 1989; Orlov, 1991; Sakovets et al., 2000).

В связи с этим целью данной работы явилось представление результатов 47-летних исследований постмелиоративной динамики видового состава и структуры растительного покрова в пространственно-временном аспекте на примере травяно-сфагнового болотного массива Койвусуо.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Комплексные научно-исследовательские работы по изучению структуры и динамики болот и заболоченных лесов в естественном состоянии и под влиянием мелиорации проводятся с 1970 года на территории Киндасовского лесо-болотного научного стационара Карельского научного центра РАН, в подзоне средней тайги в заказнике Койву-Ламбасуо (61°48' с.ш., 33°35' в.д.). 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.

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 в период 1969–1974 гг. часть болот была осушена.

Исследования динамики видового состава и структуры растительного покрова выполнялись апробированными и модифицированными методами (Grabovik, 1989). Таксономия сосудистых растений приводится по С.К. Черепанову (Cherepanov, 1995) с учетом более поздней работы А.В. Кравченко (Kravchenko, 2007), мхов по М.С. Игнатову и др. (Ignatov et al., 2006).

Основные таксационные показатели древостоя определялись методами, применяемыми в лесной таксации (Anuchin, 1982).

В пределах изучаемых болотных комплексов выбирали наиболее типичные для них участки (по форме микрорельефа и растительному покрову) – постоянные пробные площади (ППП), на которых в последующие годы вели постоянные наблюдения. Размеры ППП (от 50 до 150 м²) зависели от сложности структуры болотного комплекса и величины отдельных элементов микрорельефа. Всего было заложено 11 пробных площадей, на которых выполняли геоботанические описания, отбирались образцы торфа на ботанический состав и степень разложения. Горизонтальная структура раститель-

ного покрова исследовалась методом крупномасштабного картирования. Наблюдения за динамикой видового состава растительного покрова вели на постоянных метровых площадках (ПМП), расположенных в пределах изучаемого болотного комплекса. Для оценки положения сообществ в осях экологических факторов использованы двухфакторные экологические ряды В.Д. Лопатина (Lopatin, 1983) для болотной растительности. В качестве меры сходства сообществ применен коэффициент Сьеренсена–Чекановского (K_s), учитывающий проективное покрытие видов. Данный коэффициент использован как для сравнения площадок между собой, так и во временном ряду для каждой отдельной метровой площадки.

Болотный массив Койвусуо, площадью 40 га, относится к южнокарельскому варианту аапа болот и имеет торфяную залежь мощностью около 1.5 м. Пробная площадь, заложена в центральной части болотного массива, в кочковато-топяном комплексе *Sphagneta magellanici* + *Herbeta*, который занимал 27% от площади массива.

Болото осушено в 1971 г., расстояние между осушительными каналами 100 м, в настоящее время каналы заросли травянистой растительностью.

До осушения при геоботаническом описании во флористическом составе участка отмечено 20 видов: деревьев – 2, кустарничков – 4, трав – 8, мхов – 6. Отдельные сосны и березы, высотой 1–2 м, приурочены к повышениям. Для более детального изучения горизонтальной структуры растительного покрова в центральной части участка было сделано крупномасштабное картирование. Кочки занимали 36%, их растительный покров был представлен фитоценозами *Andromeda polifolia*–*Carex lasiocarpa*–*Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*. Сообщества мочажин *Carex lasiocarpa*–*Sphagnum subsecundum* и *Carex limosa*–*Menyanthes trifoliata* занимали 64% (табл. 1). Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса повышенный 80%, мхов – 100%, понижений, соответственно, 65 и 55%.

Мониторинг изменений растительного покрова вели на постоянных метровых площадках размером 1 × 1 м, в центральной части массива, в пределах участка кочковато-топяного комплекса *Sphagneta magellanici* + *Herbeta*. Всего, на различном удалении от мелиоративных каналов и в условиях разных элементов микрорельефа заложено 13 метровых площадок. В первые годы после осушения на ПМП проективное покрытие видов (%) травяно-кустарничкового и мохового ярусов оценивалось с периодичностью 1–2 года, реже до 7 лет. Первые наблюдения сделаны в год проведения гидро-мелиорации болотного массива.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Растительный покров осушенных болот имеет сложную структуру, которая зависит от ряда факторов: от типа болотного массива, видового состава растительных сообществ, интенсивности и давности осушения. На разных типах болот изменение структуры растительных сообществ происходит неодинаково. Здесь важную роль играет экологическая пластичность видов растений, слагающих фитоценозы, а также конкурентная способность видов, внедряющихся после осушения.

Динамика видового состава растительного покрова центральной части аапа болота

Активные изменения растительного покрова в пределах отдельных метровых площадок наблюдались с момента проведения мелиорации в течение 13 лет (до 1984 г.), когда значение K_s между 6-летними срезами растительности составляло по площадкам в среднем 0.3–0.6, затем произошла относительная стабилизация растительности с K_s 0.6–0.9 за 6 лет. При этом наблюдалось и общее выравнивание состава растительности по участку, среднее значение K_s между метровыми площадками в первые 15 лет составляло 0.4, в последние годы – 0.5–0.7.

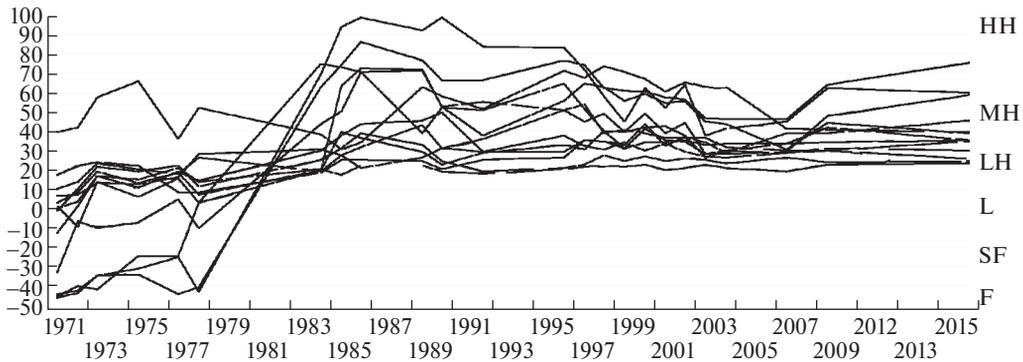


Рис. 1. Изменение положения растительности постоянных метровых площадок в экологическом ряду условий увлажнения (Лопатин, 1983).

Примечания. Микрорельеф и ступени увлажнения: НН – высокие кочки, МН – средние кочки, ЛН – низкие кочки, L – ковры, SF – маловлажные мочажины, F – влажные мочажины.

Fig. 1. Change of the position of the permanent sample plot's vegetation in the moisture ecological series (Lopatin, 1983).

Notes. Microtopography and moisture levels: НН – high hummocks, МН – middle hummocks, ЛН – low hummocks, L – lawns, SF – slightly wet flarks, F – wet flarks.

По отношению к фактору увлажнения растительность от соответствующей коврам и влажным мочажинам, преобладающей на начальном этапе, в течение 13 лет сменилась на характерную для низких и средних кочек (рис. 1). В это же время произошли и значительные изменения по отношению к фактору трофности. Изначально широкий спектр сообществ – от мезоевтрофных до мезоолиготрофных, сузился до олиготрофного типа (рис. 2). Наибольшие изменения видового состава наблюдались на изначально более сырых и богатых питанием метровых площадках. В дальнейшем положение сообществ в осях экологических факторов практически не изменялось.

В отношении реакции отдельных видов на осушение (рис. 3) можно выделить шесть групп растений: 1) быстро (в течение 5 лет) исчезнувшие на участке: *Menyanthes trifoliata* L., *Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *Sphagnum subsecundum* – виды, характерные для богатых низинных мочажин; 2) с постепенно снизившимся покрытием: *Eriophorum angustifolium* Honck., *Andromeda polifolia* L., *Carex lasiocarpa* Ehrh.; 3) остающиеся относительно стабильными: *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; 4) с возросшим, а затем снизившимся покрытием: *Betula nana* L., *Polytrichum strictum* Brid., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw.; 5) с противоположной предыдущим видам динамикой, с провалом в средней части периода наблюдения: *Sphagnum fuscum* (Schimp.) Н. Klinggr. и *S. magellanicum* Brid¹; 6) с увеличившимся покрытием: *Oxycoccus palustris* Pers., *Vaccinium vitis-idaea* L., *V. uliginosum* L., *Eriophorum vaginatum* L., *S. angustifolium* (С.Е.О. Jensen ex Russow) С.Е.О. Jensen. Покрытие последнего вида сначала снизилось, но затем значительно возросло, достигнув максимума среди всех видов за весь период наблюдения.

Таким образом, среди видов-эдификаторов растительного покрова на изменения гидрологического режима в первую очередь отреагировали виды, требовательные к

¹ Согласно последним молекулярным и морфологическим исследованиям *Sphagnum magellanicum* встречается только в Южной Америке, в Голарктике широко распространенный вид, который ранее мы обозначали как *S. magellanicum*, теперь следует называть *S. divinum* Flatberg et Hassel (Hasseel et al., 2018). В статье мы используем прежнее название, согласно М.С. Игнатову с соавторами (Ignatov et al., 2006), поскольку это название использовано в названии фитоценоза.

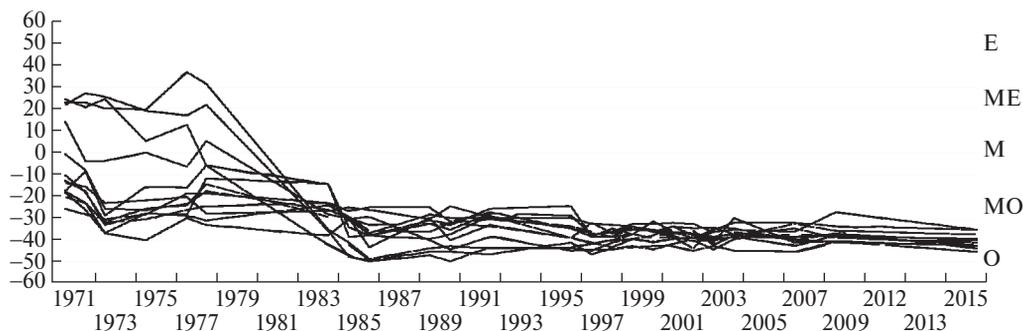


Рис. 2. Изменение положения растительности постоянных метровых площадок в экологическом ряду типов питания (Лопатин, 1983).

Примечания. Тип питания: Е – евтрофный, МЕ – мезоевтрофный, М – мезотрофный, МО – мезоолиготрофный, О – олиготрофный.

Fig. 2. Change of the position of the permanent sample plot's vegetation in the nutrition types ecological series (Lopatin, 1983).

Notes. Nutrition type: E – eutrophic, ME – mesoeutrophic, M – mesotrophic, MO – mesooligotrophic, O – oligotrophic.

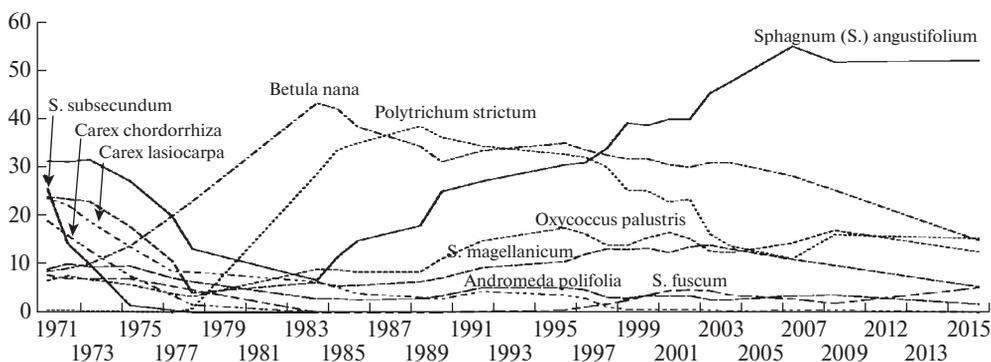


Рис. 3. Изменение проективных покрытий (%) основных видов растений на мелиорированном участке (усредненные значения по всем постоянным метровым площадкам, сглаженные за три года).

Fig. 3. Change of the percent cover (%) of major plant species in the drained site (3-year smoothed values averaged across all permanent sample plots).

постоянному наличию грунтовых вод, полностью исчезнув с болотного участка. Положительным образом быстрее других на понижение уровня грунтовых вод и улучшение аэрации корнеобитаемого слоя среагировали *Betula nana* и *Polytrichum strictum*, достигнув в течение 10–14 лет 40% покрытия и, затем, около 20 лет доминирующие на участке. У данных видов не только возросло покрытие на кочках, ими также были заселены бывшие топкие мочажины с отмершим *Sphagnum subsecundum*. Их развитие, наряду с понижением уровня воды, на некоторое время подавило рост сфагновых мхов. Формирование древесного яруса, в свою очередь, привело к снижению покрытия *Betula nana*. Через 30 лет после осушения выраженным эдификатором напочвенного покрова стал *Sphagnum angustifolium*, распространившийся по всем ПМП. *Betula*

nana так же отмечается во всех ПМП, при этом ее жизненность и общее покрытие постепенно снижаются.

*Сукцессии растительного покрова
в пространственно-временном аспекте*

В это же время на болотном участке происходило переформирование кочковато-топяного болотного комплекса *Sphagneta magellanici* + *Herbeta* и развитие древостоя.

Так, через 5 лет после осушения на месте прежнего кочковато-топяного комплекса сформировался кочковато-равнинный *Mixtofruticuleto*—*Sphagneta angustifolii*+*Herbeta*. Растительный покров кочек образовали фитоценозы *Betulanana*+*Andromeda polifolia*—*Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*, а ковров — фитоценоз *Carex lasiocarpa*—*Menyanthes trifoliata* (табл.). Из растительного покрова исчезли гипергигрофильные виды *Carex limosa*, *C. rostrata* Stoces, *C. chordorrhiza*, *S. subsecundum*. Доминантные виды остались те же, но изменились их жизненность и проективное покрытие.

Через 13 лет после осушения на месте кочковато-равнинного *Mixtofruticuleto*—*Sphagneta angustifolii*+*Herbeta* сформировался кочковато-равнинный комплекс *Betuleta nanae*+*Herbeta*. Растительный покров кочек представлен фитоценозами *Betula nana*—*Sphagnum angustifolium* + *S. magellanicum*, а ковров — *Carex lasiocarpa*—*S. angustifolium* (табл.). На кочках *Betula nana* усиленно разрастается в связи с улучшением аэрации корнеобитаемого слоя. Ухудшение водного режима и освещения на кочках снижают жизненность и проективное покрытие сфагновых мхов, начинается их деградация. Зеленые мхи, а именно *Dicranum polysetum* Sw. и *Polytrichum strictum* полностью заселяют участки с мертвым *Sphagnum subsecundum*, в это время поселяется и *Polytrichastrum longisetum* (Sw. ex Brid.) G.L. Sm. В это же время здесь началось поселение сосны. Общее число стволов составляет до 1103 экз./га, в том числе сосны 937, березы — 166 экз./га (Grabovik, 2007).

Через 35 и 47 лет после осушения сформировался сосняк ерниково-сфагновый с мозаичной структурой, обусловленной размерами клонов *Betula nana*, с редким (относительная полнота 0.36) древесным ярусом из сосны (средняя высота до 6 метров, средний диаметр 8 см) (табл.) Состав древостоя 10С₃₅ +Б. Общее количество стволов 1663 экз./га, в том числе сосны 1292 экз./га, березы 371 экз./га. В последние годы появились всходы ели до 540 экз./га и сосны — 70 экз./га высотой до 0.7 м. В напочвенном покрове отмечается снижение жизненности и проективного покрытия *Betula nana* (15%) и *Andromeda polifolia* (10%).

Происходит дальнейшее сглаживание микрорельефа и расселение *Sphagnum angustifolium* по бывшим топким мочажинам, отмечается не только изменение видового состава участка, встречаемости, проективного покрытия ряда видов. Наблюдается ослабление фитоценотической роли *Carex lasiocarpa*, уменьшение ее жизненности, высота ее падает до 30—40 см, она не цветет и не плодоносит, это свидетельствует о застойном режиме увлажнения и значительном снижении уровня грунтовых вод (УГВ) до —25—30 см ниже поверхности, что также подтверждается и исчезновением *Menyanthes trifoliata*. Изменения состава флоры участка направлены в сторону полного исчезновения или снижения жизненности гигрофильных трав и мхов, снизились жизненность и обилие большинства болотных видов кустарничков и трав и только *Andromeda polifolia* и особенно *Betula nana* обильно разрослись после осушения. В микроценозах с разреженным ерником, занятых дернинками *Polytrichum strictum* и *Polytrichastrum longisetum*, от которых микрорельеф становится мелкокочковатым, поселяются небольшие клоны *Vaccinium uliginosum* и *V. vitis-idaea*. В это же время отмечается появление елового подроста.

Таблица 1. Изменение структуры растительного покрова кочкато-топяного комплекса *Sphagnum magellanicum* + *Herbeta* под влиянием осушения.
Table 1. Dynamics of plant cover structure of hummock-hollow complex *Sphagnum magellanicum* + *Herbeta* under influence drainage

№	Сообщества/Communities	Микроре- льеф/ Microrelief	После осушения/After drainage											
			До осушения/ Before drainage		через 5 лет/ after 5 years		через 13 лет/ after 13 years		через 35/ after 35 years		через 47/ after 47 years			
			УГВ, см WT, sm	S, %	УГВ, см WT, sm	S, %	УГВ, см WT, sm	S, %	УГВ, см WT, sm	S, %	УГВ, см WT, sm	S, %		
1	<i>Andromeda polifolia</i> – <i>Carex lasiocarpa</i> – <i>Sphagnum magellanicum</i> + <i>S. angustifolium</i>	Кочки/ Hummock	20–30	36	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
2	<i>Betula nana</i> + <i>A. polifolia</i> – <i>S. magellanicum</i> + <i>S. angustifolium</i>	Кочки/ Hummock	–	–	15–20	33	–	–	–	–	–	–	–	
3	<i>B. nana</i> – <i>S. angustifolium</i> + <i>S. magellanicum</i>	Кочки/ Hummock	–	–	–	–	30–35	50	–	–	–	–	–	
4	<i>Carex lasiocarpa</i> – <i>S. subsecundum</i>	Мочажины/ Hollow	10–12	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
5	<i>Carex limosa</i> – <i>Menyanthes trifoliata</i>	Мочажины/ Hummock	2–3	46	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
6	<i>C. lasiocarpa</i> – <i>M. trifoliata</i>	Ковры/ Carpet	–	–	5–10	67	–	–	–	–	–	–	–	
7	<i>C. lasiocarpa</i> – <i>S. angustifolium</i>	Ковры/ Carpet	–	–	–	–	25–30	50	–	–	–	–	–	
8	<i>Pinus sylvestris</i> – <i>Betula nana</i> – <i>S. angustifolium</i>	Ковры/ Carpet	–	–	–	–	–	–	35–40	100	–	35–40	100	

УГВ – уровень грунтовых вод ниже поверхности сфагнового покрова / WT – water table below the *Sphagnum* cover surface.
S – площадь, занимаемая сообществами / area occupied by the communities.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наши данные согласуются с исследованиями Т.К. Юрковской (Yurkovskaya, 1963), которая в Карелии изучала изменение растительного покрова под влиянием осушения безлесных травяно-сфагновых переходных болот и сосняков сфагновых с давностью осушения 30–50 лет. При интенсивном осушении травяно-сфагновых переходных болот доминантами травяно-кустарничкового и мохового ярусов в сформировавшихся производных лесных сообществах стали лесные растения и лесные мхи. При более слабой степени осушения изменения, происшедшие в напочвенном покрове, незначительны, исчезают лишь самые гидрофильные болотные растения, увеличивается обилие болотных кустарничков, лесные растения встречаются единично на приствольных повышениях. Изменения напочвенного покрова зависят не только от степени осушения, но и от давности осушения. Так, исследования Т.К. Юрковской показали, что на переходных травяно-сфагновых болотах через 3 года после осушения видовой состав не только не изменился, но сохранились почти те же количественные соотношения. Изменяется лишь ценотическая роль отдельных видов осок.

Финские исследователи (Laine et al., 1995) изучали изменения напочвенного покрова в сосняках сфагновых с давностью осушения от 3 до 55 лет. Они отмечают, что в первые годы после осушения исчезают гидрофильные осоки (*Carex lasiocarpa* и *C. rostrata*), покрытие болотных кустарничков снижается с возрастанием сомкнутости древесного яруса, участие сфагновых мхов с уменьшением освещенности происходит в следующем порядке *Sphagnum fuscum* > *S. magellanicum* > *S. russowii* Warnst.

Исследования, проведенные В.Н. Федорчуком (Fedorchuk et al., 2005), на осушенных болотах северо-запада Европейской части России, показали, что стадии относительной стабилизации растительного покрова обычно наступают не ранее 20–25 лет после мелиорации.

Финские исследователи L. Kheikurainen (1983) и J. Laine (1989) указывают, что в Ленинградской области в результате осушения болот и заболоченных лесов в течение 20–90 лет формируются леса различного типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ динамики видового состава и структуры растительного покрова мезотрофного травяно-сфагнового болота в пространственно-временном аспекте позволил проследить ход сукцессий, 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 происходит выравнивание микрорельефа.

На аапа болотах отмечается не только изменение видового состава растительного покрова, но и снижение его биоразнообразия. Наиболее чутко реагируют на осушение гипергидрофильные виды, такие как *Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *Sphagnum subsecundum*, которые требовательны к постоянному наличию грунтовых вод, полностью исчезнув с болотного участка в первые годы после осушения. Растительный покров осушенных болот имеет сложную структуру, которая зависит от ряда факторов: от типа болотного массива, видового состава растительных сообществ, интенсивности и давности осушения.

Важную роль играет экологическая пластичность видов растений, слагающих фитоценозы, а также конкурентная способность видов, внедряющихся после осушения. Сукцессионный процесс идет в сторону мезофитизации фитоценозов по сравнению с исходными.

Анализ наших данных по постмелиоративной динамике видового состава и структуры растительности свидетельствует о том, что спустя 47 лет после осушения растительный покров не достиг устойчивого состояния, а находится на стадиях сукцессий, что делает оправданным дальнейшее наблюдение за его динамикой

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории болотных экосистем Института биологии КарНЦ РАН О.Л. Кузнецову за консультации и рекомендации при написании статьи, Н.В. Стойкиной за определение мхов, Е.Л. Талбонен и сотруднику Института леса КарНЦ РАН В.А. Ананьеву за помощь в полевых исследованиях.

Работа выполнена по Госзаданию ИБ КарНЦРАН № 0218-2019-0078

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Anuchin] Анучин Н.П. 1982. Лесная таксация. М. 552 с.
- [Bush, Abolin'] Буш К.К., Аболинь А.А. 1968. Строение и изменение растительного покрова важнейших типов леса под влиянием осушения. — В кн.: Вопросы гидроресурсоведения. Рига. С. 71–126.
- [Cherepanov] Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 992 с.
- [Eiina et al.] Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Максимов А.И. 1984. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л. 128 с.
- [Eliseeva] Елисеева В.М. 1964. К вопросу об изменении естественной растительности под влиянием осушения. — Изв. Томск. Отд. Всесоюз. Ботан. об-ва. 5: 85–87.
- [Grabovik] Грабовик С.И. 1989. Динамика растительного покрова болотных массивов мезотрофного травяно-сфагнового типа под влиянием осушения. — Бот. журн. 74 (12): 1757–1768.
- [Grabovik] Грабовик С.И. 2007. Постмелиоративная динамика биологической продуктивности мезотрофных травяно-сфагновых болот южной Карелии. — Бот. журн. 92 (5): 670–680.
- [Guzlena] Гузлена А.Д. 1963. Изменения растительного покрова низинного болота Бейбежи под влиянием осушения и освоения. — Уч. зап. Тарт. гос. ун-та. 145(7): 298–305.
- Hassel K., Kyrkjeeide M.O., Yousefi N., Prestø T., Stenøien H.K., Show J.A., Elatberg K.I. 2018. *Sphagnum divinum* (sp. nov.) and *S. medium* Limpr. and their relationship to *S. magellanicum* Brid. — Journal of Bryology. 40(3): 197–222. <https://doi.org/10.1080/03736687.2018.1474424>
- Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. — Arctoa. 15: 1–130.
- [Kravchenko] Кравченко А.В. 2007. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск. 403 с.
- [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.
- Laine J. 1989. Metsaojitettujen soiden luokittelu (English summary: Classification of peatlands drained for forestry). — Suo. 40: 37–51.
- Laine J., Vasander H., Laiho R. 1995. Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. — J. Appl. Ecol. 32: 785–802.
- [Loratin] Лопатин В.Д. 1983. Экологические ряды растительности болот. — В кн: Структура растительности и ресурсы болот Карелии. Петрозаводск. С. 5–38.
- [Medvedeva] Медведева В.М. 1989. Формирование лесов на осушенных землях среднетаежной подзоны. Петрозаводск. 168 с.
- [Neshataev] Нешатаев В.Ю. 1986. Изменение растительности травяно-сфагновых сосняков под влиянием осушения. — Бот. журн. 71 (4): 429–440.
- [Nitsenko] Ниценко А.А. 1951. Наблюдения над изменениями растительного покрова под влиянием осушения. — Бот. журн. 36 (34): 349–355.
- [Orlov] Орлов Е.Д. 1991. Грунтовое водное питание на объектах лесосоушения в Карелии. Л. 164 с.
- [Platonov] Платонов Г.М. 1967. Смена растительности болот под влиянием осушения. — Взаимоотношения леса и болота. М. С. 128–140.

[Sakovets et al.] Саковец В.И., Германова Н.И., Матюшкин В.А. 2000. Экологические аспекты гидролесомелиорации в Карелии. Петрозаводск. 155 с.

Sarasto Ju. 1957. Metsan kasvattamiseksi ojiteeujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen eteläpuoliskossa. — Acta Forestation Fennica. 65 (7): 1–108.

[Fedorchuk et al.] Федорчук В.Н., Нешатаев В.Ю., Кузнецова М.Л. 2005. Лесные экосистемы северо-западных районов России — В кн.: Типология, динамика, хозяйственные особенности. Санкт-Петербург. 382 с.

[Kheikurainen] Хейкурайнен Л. 1983. Болота. Москва. 40 с.

[Yurkovskaya] Юрковская Т.К. 1963. Изменение растительного покрова переходных болот южной Карелии под влиянием осушения. — Учен. зап. Тарт. ун-та. 145 (7): 337–345.

DRAINAGE EFFECT ON THE PLANT COVER DEVELOPMENT IN SOUTH KARELIAN MESOTROPHIC HERB-SPHAGNUM MIRES

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

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

[#] e-mail: Kancerova.L@mail.ru

The paper summarizes the results of 47 years of research into the spatial and temporal dimensions of the post-drainage development of the species composition and structure of the plant cover for the case of a mesotrophic herb-Sphagnum mire massif (aapa mire). Surveys were carried out in Kindasovsky Forest and Mire Research Station of the Karelian Research Centre RAS situated in middle taiga within the Koivu-Lambasuo nature reserve (61°48' N, 33°35' E). The evolution of the species composition and plant cover structure was studied by well-tested and modified techniques. The main quality characteristics of the tree stand were determined by the methods common in forest valuation. The position of the communities with respect to the axes of ecological factors was determined by V.D. Lopatin's two-factor ecological series for mire vegetation. Similarity of the communities was measured by Sørensen-Chekanovsky index (Ks), in which species' percent cover is taken into account. This index was used both to compare plots against one another and across the time series for each permanent sample plot.

Analysis of the data has shown that it was the species demanding constant presence of groundwater that were the first to respond to the change in the hydrological regime among the keystone species forming the plant cover. They disappeared from the mire site completely. The first species to benefit from the lowered groundwater level and improved air supply to the root layer were *Betula nana* and *Polytrichum strictum*, which expanded to a 40% coverage within 10–14 years and then dominated in the site for around 20 years. These species not only enlarged their share on hummocks but also occupied what used to be wet hollows, where *Sphagnum subsecundum* had died back. Their development, coupled with water table lowering, had a temporary inhibiting effect on the growth of Sphagnum mosses. In turn, the tree layer formation reduced the percent cover of *Betula nana*. Thirty years after drainage, the keystone species in the ground cover was *Sphagnum angustifolium*, which by then occurred in all the permanent sample plots. *Betula nana* was also present in all permanent sample plots, but its vitality and coverage were declining.

Through a detailed analysis of the spatio-temporal dynamics of the species composition and plant cover structure in a mesotrophic herb-Sphagnum mire we have traced the course of the successions seen as generalized time series. These series model the vector of the drainage-induced replacements of plant communities over time. Drainage and plant cover successions cause the microtopography to level off. Not only does the species composition of the plant cover in aapa mires change, but its diversity also decreases. The most sensitive to drainage are superhydrophilic species such as *Carex chordorrhiza*, *C. limosa*, *Sphagnum subsecundum*, which require constant presence of groundwater and disappear totally from the mire site in the first years upon drainage. The plant cover of drained mires has a complex structure dependent on a number of factors: mire massif type, species composition of plant communities, drainage intensity and age. The structure of plant communities changes dif-

ferently in different types of mires. Important factors here are the ecological plasticity of the species composing the plant community and the competitive capacity of the species arriving upon drainage. The succession is towards more mesophytic communities compared to the original ones. The analysis of our data on post-drainage change in the species composition and vegetation structure suggests that 47 years after drainage the plant cover has not yet reached a steady state, but is still going through succession stages, wherefore it is advisable to continue monitoring the process.

Keywords: post-meliorative dynamics, vegetation cover, aapa mires, Karelia

ACKNOWLEDGEMENTS

The author are grateful to staff of the Laboratory of Mire Ecosystems, Institute of Biology KarRC RAS Dr. O.L. Kuznetsov for advice and recommendations on writing the article, Chief Biologist N.V. Stoikina for moss identifications, Chief Biologist E.L. Talbonen and researcher from the Forest Research Institute KarRC RAS V.A. Ananyev for help with field work.

REFERENCES

- Anuchin N.P. 1982. Lesnaya taksatsia [Forest assesment]. Moscow. 552 p. (In Russ.).
- Bush K.K., Abolin A.A. 1968. Structure and changes in the plant cover of major forest types upon drainage. – In: Forest Drainage Issues. Riga. P. 71–126 (In Russ.).
- Cherepanov S.K. 1995. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent countries (within the former USSR territory)]. St. Petersburg. 992 p. (In Russ.).
- Elina G.A., Kuznetsov O.L., Maksimov A.I. 1984. Strukturno-funksional'naya organizatsiya i dinamika bolotnykh ekosistem Karelii. [Structural-functional Organization and Dynamics of Mire Ecosystems of Karelia.]. L. 128 p. (In Russ.).
- Eliseeva V.M. 1964. K voprosu ob izmenenii estestvennoi rastitel'nosti pod vliyaniem osusheniya [On drainage-induced transformation of natural vegetation]. – Izvestia Tomskogo Otdeleniya Vsesoyuznogo Botanicheskogo obshchestva. 5: 85–87 (In Russ.).
- Grabovik S.I. 1989. Plant cover dynamics in mire complexes of the mesotrophic herb-Sphagnum type under the effect of drainage. – Botanicheskii Zhurnal. 74 (12): 1757–1768 (In Russ.).
- Grabovik S.I. 2007. Post-drainage dynamics of the biological productivity of mesotrophic herb-Sphagnum mires of southern Karelia. – Botanicheskii Zhurnal. 92 (5): 670–680 (In Russ.).
- Guzlena A.D. 1963. Izmeneniya rastitel'nogo pokrova nizinnogo bolota Beibezi pod vliyaniem osusheniya i osvoeniya [Changes in the plant cover of Beibezi fen induced by drainage and exploitation]. – Uchyonye zapiski Tartusovskogo gosudarstvennogo universiteta 145 (7): 298–305 (In Russ.).
- Hassel K., Kyrkjeide M.O., Yousefi N., Prestø T., Stenøien H.K., Show J.A., Elatberg K.I. 2018. *Sphagnum divinum* (sp. nov.) and *S. medium* Limpr. and their relationship to *S. magellanicum* Brid. – Journal of Bryology. 40(3): 197–222. <https://doi.org/10.1080/03736687.2018.1474424>.
- Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. – Arctoa. 15: 1–130 (In Eng.).
- Kravchenko A.V. 2007. A synopsis of the flora of Karelia. [Abstract of the flora of Karelia]. Petrozavodsk. 403 p. (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.).
- Laine J. 1989. Metsaojitettujen soiden luokittelu (English summary: Classification of peatlands drained for forestry). – Suo. 40: 37–51.
- Laine J., Vasander H., Laiho R. 1995. Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. – J. Appl. Ecol. 32: 785–802.
- 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.).
- Medvedeva V.M. 1989. Formirovanie lesov na osushennykh zemlyakh srednetaezhnoi podzony [Forest Formation in Drained Areas in the Middle Taiga Subzone]. Petrozavodsk. 168 p. (In Russ.).
- Neshataev V.J. 1986. The changes of the vegetation in grass bog moss pine forests under the influence of drainage. – Botanicheskii Zhurnal. 71 (4): 429–440 (In Russ.).

Nitsenko A.A. 1951. Monitoring of changes in the plant cover upon drainage. – *Botanicheskii Zhurnal*. 36 (34): 349–355 (In Russ.).

Orlov E.D. 1991. Gruntovoe vodnoe pitanie na ob'ektakh lesoosusheniya v Karelii [Groundwater supply in areas drained for forestry in Karelia. Leningrad]. L. 164 p. (In Russ.).

Platonov G.M. 1967. Smena rastitel'nosti bolot pod vliyaniem osusheniya [Drainage-induced vegetation change]. – In: *Vzaimootnosheniya lesa i bolota*. M. P. 128–140 (In Russ.).

Sakovets V.I., Germanova N.I., Matushkin V.A. 2000. *Ekologicheskie aspekty gidrolesomelioratsii v Karelii* [The Ecological Aspects of Forest Drainage in Karelia]. Petrozavodsk. 155 p. (In Russ.).

Sarasto Ju. 1957. Metsan kasvattamiseksi ojiteeujen soiden aluskasvillisunden rakenteesta ja kehityksesta Suomen etelapuoliskossa. – *Acta Forestation Fennica*. 65 (7): 1–108.

Fedorchuk V.N., Neshataev V.J., Kuznetsova M.L. 2005. Lesnye ekosistemy severo-zapadnykh raionov Rossii [Forest ecosystems of north-western regions of Russia]. – In: *Tipologiya, dinamika, khozyaistvennyye osobennosti*. St. Petesburg. 382 p. (In Russ.).

Kheikurainen L. 1983. *Bolota* [Mires]. Moscow. 40 p. (In Russ.).

Yurkovskaya T.K. 1963. Izmenenie rastitel'nogo pokrova perekhodnykh bolot yuzhnoi Karelii pod vliyaniem osusheniya [Changes in the plant cover of transitional mires in southern Karelia under drainage effect]. – *Uchyonye zapiski Tartusovskogo gosudarstvennogo universiteta* 145(7): 337–345 (In Russ.).