

Видовой состав и парцеллярная структура растительности на верховом болоте южной Карелии

© О.И. Гаврилова¹, А.В. Кабонен¹, А.В. Грязькин²

Species composition and parcellar structure of vegetation in the sphagnous bog of South Karelia

O.I. Gavrilova, A.V. Kabonen, A.V. Gryazkin (Petrozavodsk State University; Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov)

New materials on the species composition and yield of berries on a raised bog are presented. The purpose of the study is to establish the species composition and structure of vegetation on a raised bog and to assess the yield of berries. The object of the study is a raised bog with pine trees in the Prionezhsky Central Forestry of Karelia. The total area of the bog is 16 hectares. The dominant tree species is the Scots pine. The European spruce and the marsh willow are represented by single specimens. Dwarf birch was taken into account by the value of the projective cover in the composition of the living ground cover. The species composition and yield of berries were determined by the method of accounting sites. At the object of research, 6 species of shrubs, 4 species of sphagnums, 2 species of lichens were revealed. In addition, there are hare sedge, marsh fescue and cuckoo flax. The entire territory of the swamp was divided into 7 parcels, differing in the species composition of plants, the value of occurrence and projective cover. The allocated parcels are not equal in terms of their area. The two main parcels, the black waterberry-sphagnum and the myrtle-sphagnum, occupy more than 50 % of the total area of the bog. It has been established that the yield of black waterberry is significantly higher than that of cranberry, at 469 and 248 kg/ha, respectively. The maximum yield of cranberry was observed in the black waterberry-sphagnum parcel, exceeding 37 g/m², while the minimum yield was observed in the sedge-sphagnum parcel. Cranberries were not detected in the water-blueberry parcel. The water-birch parcel has the highest yield of waterberries, while the water-myrtle-sphagnum and water-sedge-sphagnum parcels do not have any waterberries. These results can be used to assess the yield of berries in similar ecosystems and to update forest management regulations.

Keywords: Karelia, high-moor bog, parcel structure, species composition, and berry yield

Видовой состав и парцеллярная структура растительности на верховом болоте южной Карелии

О.И. Гаврилова, А.В. Кабонен, А.В. Грязькин

Представлены новые материалы по видовому составу растительности и урожайности ягод на верховом болоте. Объект исследования — болото верхового типа с сосной в Прионежском центральном лесничестве Карелии. Общая площадь болота — 16 га. В составе древесных пород доминирует сосна обыкновенная. Ель европейская, ива болотная представлены единичными экземплярами. Береза карликовая учитывалась по величине проективного покрытия в составе живого напочвенного покрова. Видовой состав и урожайность ягод определены методом учетных площадок. На объекте исследования выявлено 6 видов кустарничков, 4 вида сфагнумов, 2 вида лишайников. Кроме этого, встречаются осока заячья, пушица болотная и кукушкин лен. Вся территория болота была разделена на 7 парцелл, различающихся видовым составом растений, величиной встречаемости и проективного покрытия. Выделенные парцеллы не равноценны по занимаемой площади. Две основные парцеллы — водянико-сфагновая и миртово-сфагновая занимают более 50 % общей площади болота. Установлено, что урожайность водяники черной существенно выше урожайности клюквы: 469 и 248 кг/га соответственно. Максимальная урожайность клюквы установлена в водянико-сфагновой парцелле — более 37 г/м², а минимальная — в осоко-сфагновой. В составе водянико-голубичной парцеллы клюква отсутствовала. Урожайность водяники максимальных значений достигает в водянико-березовой парцелле, а в составе двух парцелл — миртово-сфагновой и осоко-сфагновой водяника не выявлена. Полученные результаты могут быть использованы при обновлении лесных планов и лесохозяйственных регламентов, при оценке урожайности ягод в аналогичных экосистемах, а также при обновлении нормативной документации по лесопользованию. Цель исследования — установление видового состава и структуры растительности на верховом болоте с оценкой урожайности ягод.

Ключевые слова: Карелия, верховое болото, парцеллярная структура, растительность, видовой состав, урожайность ягод

Гаврилова Ольга Ивановна — профессор кафедры технологии лесного комплекса и ландшафтной архитектуры, д-р с-х. наук

E-mail: ogavril@mail.ru

Кабонен Алексей Валерьевич — доцент кафедры технологии лесного комплекса и ландшафтной архитектуры, канд. с-х. наук

E-mail: alexkabonen@mail.ru

Грязькин Анатолий Васильевич — профессор кафедры лесоводства, д-р биол. наук

E-mail: lesovod@bk.ru

¹Петрозаводский государственный университет

185960, Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

E-mail: ogavril@mail.ru

Телефон: 8-981-401-69-23

²Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С.М. Кирова
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, литер У
E-mail: lesovod@bk.ru
Телефон: 8–921–657–33–55

Введение

Верховые болота в лесном фонде России – важнейший элемент структуры переувлажненных ландшафтов. Научных публикаций по изучению болотных экосистем большое количество [1–5, 7–9, 16, 19, 20]. В большинстве работ анализируется видовой состав растительности болот и мощность торфяной залежи [3, 4, 8, 12, 33, 35]. Структурная организация этих экосистем исследована в меньшей степени [7, 9].

В диссертационной работе В.К. Антипина [2] представлена структура болотных экосистем для всей территории южной Карелии. Основной акцент автор делает на лесохозяйственном эффекте, получаемом от осушения верховых болот. Отмечается дискуссионность этого вида деятельности в лесном фонде.

О.В. Галанина [4] в диссертационном исследовании представила материалы по результатам обследования сфагновых болот, расположенных на юго-западе таежной области. Кроме этого, были выявлены специфические черты растительного покрова болот с использованием картографических материалов [1, 2, 4, 15].

Н.П. Косых и др. [11, 12] были выявлены особенности распределения запасов растительного покрова плоскобугристых болот северной тайги Западной Сибири. Отмечается, что чистая первичная продукция экосистем плоскобугристого болота составляет от 3,0 до 4,5 т/га/год в зависимости от видового состава растительного сообщества при запасе живой фитомассы 14,8 т/га. На плоских буграх отношение надземной продукции кустарничков к подземной составляет 1:4, в мочажинах преобладают подземные органы осоки и пушицы. Максимальный вклад подземной продукции наблюдался в мезотрофных мочажинах и составлял 70 % от общей продукции и создавался в основном подземными органами осоки и пушицы. Общая первичная продукция на буграх составляла 4,1 т/га/год, в олиготрофных мочажинах – 3,0 т/га/год, в отдельных случаях достигала максимальной величины –

8,5 т/га/год. Доминирующая роль мхов в продукции экосистемы сохранялась только в олиготрофных мочажинах, на буграх преобладали лишайники, видовое разнообразие которых превосходит остальные группы растений. Отмечается, что при равных условиях в мочажинах запасы фитомассы и годичная продукция растут с увеличением трофности почвы.

Растительность болот способна накапливать тяжелые металлы, на что указывают Д.В. Московченко и Э.И. Валева [18].

Почвенные ресурсы болот, запасы питательных веществ представлены лишь в единичных публикациях [11, 16, 25]. Имеются работы по оценке запасов углерода в растительном покрове верховых болот [28, 34].

В.И. Саковец и В.Н. Гаврилов [19] отмечают, что около 40 % территории Карелии занято болотами, из которых более половины в 60–70-е годы было осушено. На таких болотах предпринимались лесовосстановительные работы, включая меры содействия естественному возобновлению. Авторы выявили противоречивость полученных данных о взаимосвязи естественного возобновления со степенью осушения и типом болот. На это в свое время указывал и А. Peltonen [31].

Н.Н. Гончарова [5] в своей диссертации приводит данные, что общее количество видов, выявленных на болотах юго-запада Республики Коми, составляет 102 по сосудистым растениям и 40 – по мохообразным.

Г.А. Елина с соавт. [7] провели детальный анализ структурно-функциональной организации болотных экосистем на примере республики Карелия. Показано, что растительные формации на болотах различаются в зависимости от типов болот, их размеров и видового состава сообществ, расположенных по периметру болот.

Исследования Г.А. Елиной и др. были продолжены О.Л. Кузнецовым [13, 14], который сформулировал основные направления развития карельской школы болотоведения и исследовал структуру и динамику растительного покрова болотных экосистем республи-

ки; сведения о видовом составе и запасах ягодных и лекарственных растений приведены в коллективной монографии [18].

Р. Мооге Tim с соавт. [36] измеряли надземную биомассу на верховых болотах, низинных болотах и бедных торфяниках на территории Канады. Средняя надземная фитомасса, по данным авторов, на верховом болоте составляет 587 г/м². Надземная биомасса сосудистых растений была выше там, где уровень грунтовых вод был ниже.

J.J. Nijr с соавт. [30] указывают на то, что продолжительные засухи оказывают влияние на мощность торфяной залежи. Рассматривается влияние осадков на ингибирование процессов разложения торфа.

K.J. Muggau с соавт. [29] изучали влияние режима освещенности на динамику роста и продуктивность растительности болотных экосистем. Установлено, что на открытом месте при полной освещенности происходит ингибирование роста мхов, а на искусственно затененных участках прирост фитомассы увеличился в 2 раза по сравнению с контролем.

A.M. Line с соавт. [28] отмечают зависимость процессов роста и развития болотной растительности от уровня грунтовых вод. Показано, что увеличение биомассы и скорости обмена CO₂ у сфагновых мхов зависит от водного режима.

Е.Д. Лапшина и В.В. Руденко [15] установили видовой состав напочвенных лишайников сосново-кустарничково-сфагновых сообществ верховых болот. По мнению авторов, такие виды как *Cladonia deformis*, *C. fimbriata* и *C. portentosa* более требовательны к тепловому режиму болот.

П.А. Игнашов [10], рассматривая группу сфагновых верховых болот, отмечает, что основное питание на эти болота поступает с атмосферными осадками, поэтому в растительном покрове преобладают омбротрофные ассоциации: *Pinus sylvestris*–*Chamaedaphne calyculata*–*Sphagnum angustifolium*, *Chamaedaphne calyculata*–*Sphagnum fuscum*, *Eriophorum vaginatum*–

Sphagnum balticum, *Scheuchzeria palustris*–*Sphagnum majus* и др.

В отдельных публикациях представлены методы оценки видового состава и продуктивности растительных формаций болотных экосистем [6, 20]. Запасы фитомассы подземной части растений на болотах оценивал В. Wallen [37].

Публикации 80-х годов прошлого столетия посвящены вопросам эколого-биологических особенностей и продуктивности растений, а также изучению биохимического состава лекарственных и ягодных растений лесов и болот Карелии [23, 24].

Из обзора опубликованных работ следует, что интерес к растительным ресурсам болот проявлялся в основном в прошлые десятилетия (70-е и 80-е годы прошлого века), одновременно с масштабными работами по осушительной мелиорации.

Во многих публикациях отмечается, что бореальные сфагновые болота отличаются высоким разнообразием растительных комплексов. Болота представляют собой образец сложного саморазвивающегося паразитического ландшафта. Здесь смежные активно взаимодействующие растительные комплексы обладают общностью происхождения и развития с практически независимым от внешних условий материально-энергетическим циклом. Исследование таких комплексов, не подвергнувшихся антропогенному воздействию, в настоящее время является актуальной задачей. Клюква, голубика, вороника, обильно произрастающие на них, традиционно употребляются местным населением в пищу, а также служат источником доходов.

Цель исследования – установление видового состава и структуры растительности на верховом болоте с оценкой урожайности ягод на верховом болоте Республики Карелия.

Объект и методика исследований

Объект исследования – верховое болото, типичное для юга Карелии, не затронутое хозяйственным воздействием. Болото располо-

жено в кв. 140 (выдел 12) Петрозаводского участкового лесничества (Прионежское центральное лесничество) (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение объекта исследования

Площадь болота, по материалам лесоустройства, – 16 га; оно вытянуто с запада на восток узкой полосой шириной 70–130 м, по всему периметру – стена леса из древостоев смешанного состава.

Учёт компонентов фитоценоза проводили на круговых площадках по 10 м² [6, 18]. Их закладывали по маршрутному ходу через каждые 25 м по всей длине болота. На площадках определяли встречаемость и проективное покрытие каждого вида растений. Приемлемая точность измерений достигалась необходимым количеством учётных площадок, а именно 38 [20, 37]. Парцеллярная структура болотной экосистемы устанавливалась по преобладающим видам кустарничков и мхов с присвоением бинарного названия. Преобладание вида устанавли-

вали с учетом величины встречаемости и проективного покрытия. При этом микропарцеллы (площадью менее 100 м²) не выделялись.

Отдельно определяли урожайность клюквы и водяники. С этой целью на каждой выделенной парцелле закладывали по три учетные площадки размером 1×1 м (рис. 2), на которых собирали все ягоды, взвешивали и устанавливали их количество и массу в пересчете на 1 га.



Рис. 2. Учетная площадка для определения урожайности водяники и клюквы

Результаты и их обсуждение

В составе древесной растительности на объекте исследования выявлены четыре древесные породы: береза карликовая (*Betula nana* L.), ива черничная (*Salix myrtilloides* L.), ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Преобладает сосна обыкновенная, которая представлена множеством поколений разной высоты и возраста (рис. 3).



Рис. 3. Сосна на верховом болоте представлена деревьями разных поколений

На объекте исследования сосна является доминантой и эдификатором. Другие два вида древесных пород представлены единичными экземплярами и не оказывают существенного влияния на состояние и структуру живого напочвенного покрова. По количеству растений сосна занимает первое место и представлена более 310 экз./га. Численность ели и ивы представлена 18 и 6 экз./га соответственно. Для березы карликовой определена величина проективного покрытия, которая составляет 7,6 %.

В составе живого напочвенного покрова выделено 14 видов кустарничков и мхов (табл. 1), из них на сфагновые мхи приходится 4, на кустарнички – 6, на лишайники – 2, остальные растения представлены осокой, пушицей и кукушкиным льном.

Таблица 1

Характеристика живого напочвенного покрова на сфагновом болоте

Виды растений	Встречаемость, %	Проективное покрытие, %
Багульник болотный – <i>Rhododendron tomentosum</i> Harmaja	35	4,1
Водяника черная – <i>Empetrum nigrum</i> L.	35	15,5
Голубика обыкновенная – <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	82	16,1
Кладония альпийская – <i>Cladonia alpestris</i> L.	12	1,2
Кладония рангиферина – <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) Weber.	12	0,4
Клюква обыкновенная – <i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	82	12,4
Кукушкин лен – <i>Polytrichum commune</i> Hedw.,	18	1,3
Мирт болотный – <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	76	18,1
Осока заячья – <i>Carex leporina</i> L.	12	4,7
Подбел многолистный – <i>Andromeda polifolia</i> L.	88	8,4
Пушица влагалищная – <i>Eriophorum vaginatum</i> L.	88	19,8
Сфагnum бурый – <i>Sphagnum fuscum</i> (Schimp.) H. Klinggr.	53	15,3
Сфагnum болотный – <i>Sphagnum palustre</i> L.	94	19,2
Сфагnum магелланский – <i>Sphagnum magellanicum</i> Brid.	53	10,2
Сфагnum центральный – <i>Sphagnum centrale</i> C.E.O. Jensen,	35	8,1
Итого кустарничков	-	74,6
Итого сфагnumов	-	52,8
Всего	-	154,3

По величине проективного покрытия из состава кустарничков преобладают мирт болотный, водяника черная и голубика обыкновенная (от 16 до 20 %), из сфагновых мхов – сфагnum болотный (более 21 %).

В ходе исследований выявлены различия в видовом составе растений по всей длине маршрутного хода. На каждой учетной площадке по двум преобладающим видам в составе живого напочвенного покрова

указывали название парцеллы. При этом все они даны без учета древесных пород. Исключением является береза карликовая, так как она произрастает в одном ярусе с живым напочвенным покровом. По итогам учетных работ выделено всего 7 типов парцелл (табл. 2). По занимаемой площади преобладают водянико-сфагnumовая и мирново-сфагnumовая парцеллы: соответственно 28,3 и 23 % от общей площади болота.

Таблица 2

Парцеллярная структура верхового болота

Номер парцеллы	Название парцеллы	Доля парцеллы в общей площади болота, %
1	Водянико-сфагnumовая	28,3
2	Мирново-сфагnumовая	23,0
3	Водянико-голубичная	19,7
4	Пушицево-сфагnumовая	12,1
5	Осоково-сфагnumовая	7,9
6	Андромедово-сфагnumовая	4,8
7	Водянико-берёзовая	4,2
	Итого	100,0

По названию выделенных парцелл можно судить о преобладании сфагnumовых мхов в пяти случаях из семи. Доминирование сфагnumов в составе живого напочвенного покрова видно и по величине проективного покрытия (см. табл. 1). При этом выделены и особые участки: один с большим участием подбела многолистного (андромеды), второй – с миртом болотным (кассандрой болотной). Парцеллы с доминированием этих видов на верховых болотах встречаются нечасто. Установлено, что пушицево-сфагnumовые и мирново-сфагnumовые синузии суммарно занимают более половины болота (51,3 %). При этом в пределах таких мегапарцелл имеются вкрапления других участков с большим числом подбела или карликовой березы.

На всех выделенных парцеллах определена урожайность *Empetrum nigrum* L. и *Oxycoccus palustris* Pers. Определить такие же показатели для голубики не позволили сроки проведения работ.

Усредненные данные по урожайности клюквы и водяники представлены в таблице 3.

Размер ягод клюквы варьирует в весьма широких пределах – от 6 до 13 мм. Средняя масса одной ягоды 0,15–0,46 г. Средняя масса 100 ягод составляет $46,9 \pm 1,1$ г.

По итогам учетных работ средней урожайной ягод клюквы составил 24,8 г/м², урожайность водяники оказалась существенно выше – 46,9 г/м², то есть условия для роста и развития *Empetrum nigrum* L. на данном верховом болоте оказались более благоприятными, чем для *Oxycoccus palustris* Pers.

Таблица 3
Средние значения массы и количество ягод на выделенных парцеллах

Парцеллы	Масса ягод, г/м ²		Количество ягод, шт./м ²	
	Клюква	Водяника	Клюква	Водяника
Водянико-сфагновая	37,3	82,6	81	241
Миртово-сфагновая	27,3	-	63	-
Водянико-голубичная	-	62,9	-	230
Пушицево-сфагновая	29,9	48,0	28	210
Осоково-сфагновая	16,3	-	20	-
Андромедо-сфагновая	30,3	33,2	68	196
Водянико-берёзовая	32,4	91,7	91	335
Среднее значение	24,8 ± 0,9	46,9 ± 2,0	51,1 ± 2,4	173 ± 5,3

Заключение

На верховом болоте площадью 16 га было выделено семь парцелл с преобладанием водяники, кассандры, осоки, подбела, пушицы и сфагнума. Парцеллярная структура болотной экосистемы оказалась неоднородной по размерам. Две основные парцеллы занимают 51,3% общей площади болота. При этом выделены участки, доля которых в общей площади болота составляет лишь 4%. Микропарцеллы с кукушкиным льном, лишайниками

не выделялись в связи со слабой их представленностью в данной экосистеме.

По нашему мнению, и по мнению авторов многочисленных публикаций, верховые болота не пригодны для ведения классического лесного хозяйства. Сфагновые болота являются источником недревесной продукции леса. С другой стороны – это характерный элемент лесных ландшафтов Карелии. В этой связи подобные объекты требуют соответствующих мер охраны и защиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алексеева, Р.Н. Флора и торфяные залежи болота типа аапа Вадчарты (бассейн реки Печора) / Р.Н. Алексеева, Н.Н. Гончарова // Ботан. журн. – 2006. – Т. 91, № 10. – С. 1499–1509.
- Антипин, В.К. Структура болотных массивов Южной Карелии (на примере болотных массивов Шуйской равнины) / В.К. Антипин : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск : ПетрГУ, 1984. – 19 с.
- Благовещенский, И.В. Структура растительного покрова, систематический, географический и эколого-биологический анализ флоры болотных экосистем центральной части Приволжской возвышенности / И.В. Благовещенский : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Ульяновск, 2006. – 34 с.
- Галанина, О.В. Растительность сфагновых болот и ее картографирование на юго-западе таежной области / О.В. Галанина : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург : БИН, 2004, 18 с.
- Гончарова, Н.Н. Флора и растительность болот Юго-Запада Республики Коми / Н.Н. Гончарова : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2007. – 21 с.
- Грязькин, А.В. Влияние метода на точность и достоверность результатов исследования / А.В. Грязькин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 1999. – Вып. 4. – С. 12–18.
- Елина, Г.А. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии / Г.А. Елина, О.Л. Кузнецов, А.Н. Максимов – Л. : Наука, 1984. – 128 с.

- Ефремов, С.П. Лихенофлора олиготрофного болотного массива Томской области / С.П. Ефремов, Н.М. Ковалева // Сибирский ботанический журнал. – 2001. – Т. 3, № 2. – С. 78–82.
- Ивченко, Т.Г. Хорология болотных комплексов и ее отображение на геоботанических картах (на примере Ильменского государственного заповедника, Южный Урал) / Т.Г. Ивченко : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2005. – 25 с.
- Игнашов, П.А. Разнообразие типов малых болот среднетаежной Карелии / П.А. Игнашов // Болота Северной Евразии: биосферные функции, разнообразие и управление : Материалы международного симпозиума, 25–28 сентября 2023 г., Петрозаводск, КарНЦ РАН. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2023. – С. 40–41.
- Косых, Н.П. Чистая первичная продукция болот Севера Западной Сибири / Н.П. Косых // Биология и биосфера. – 2005. – № 5. – С. 228–231.
- Косых, Н.П. Растительность и растительное вещество плоскобугристых торфяников / Н.П. Косых, Н.П. Мироньчева-Токарева, Е.В. Михайлова, Л.Г. Колесниченко // Почвы и окружающая среда. – 2019. – Т. 2, № 1. – С. 1–12. – DOI: 10.31251/pos.v2i155.
- Кузнецов, О.Л. Структура и динамика растительного покрова болотных экосистем Карелии / О.Л. Кузнецов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Петрозаводск, 2006. – 53 с.
- Кузнецов, О.Л. Основные направления и результаты исследований карельской научной школы болотоведения / О.Л. Кузнецов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2023. – № 3. – С. 47–75. – DOI: 10.17076/eo1771.
- Лапшина, Е.Д. Лишайники олиготрофных болот лесной зоны Западной Сибири / Е.Д. Лапшина, В.В. Руденко // Проблемы сохранения биоразнообразия Южной Сибири. – 1997. – № 4. – С. 85–87.
- Московченко, Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д.В. Московченко // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 63–67.
- Московченко, Д.В. Содержание тяжёлых металлов в лишайниках на Севере Западной Сибири / Д.В. Московченко, Э.И. Валеева // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 11. – С. 162–172.
- Ресурсы ягодных и лекарственных растений и методы их изучения / Науч. ред. В.Д. Лопатин, Н.М. Щербаков. – Петрозаводск : Карел. фил. АН СССР. – 1975. – 160 с.
- Саковец, В.И. Лесообразовательные процессы на осушенных болотах Карелии / В.И. Саковец, В.Н. Гаврилов. – Петрозаводск : КарНЦ РАН. – 1994. – 102 с.
- Способ учета подроста. Пат. 2084129 РФ / А.В. Грязькин. МКИ С 6 А 01 G 23/00. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Опуб. 20.07.97. Бюл. № 20.
- Филиппов, И.В. Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья / И.В. Филиппов, Е.Д. Лапшина // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2008. – № 1. – С. 115–124.
- Храмов, А.А. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васогажья / А.А. Храмов, В.И. Валуйский. – Новосибирск : Наука, 1977. – 222 с.
- Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот / Отв. ред. В.Д. Лопатин. – Петрозаводск : Карел. фил. АН СССР. – 1982. – 209 с.
- Экология, продуктивность и биохимический состав лекарственных и ягодных растений лесов и болот Карелии / Науч. ред. В.Д. Лопатин, Н.М. Щербаков. – Петрозаводск : Карел. фил. АН СССР. – 1979. – 167 с.
- IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources A framework for international classification. FAO, Rome. – 2006. – No 103. – 144 p.

26. Kosykh N.P. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems / N.P. Kosykh, N.G. Koronatova, N.B. Naumova, A.A. Titlyanova // *Wetlands ecology and management*. – 2008. – Vol. 16, no 2. – P. 139–153. – DOI: 10.1007/s11273-007-9061-7.
27. Line, A.M. Growth and ecophysiology of sphagnum in the process of succession of swamps / A.M. Line, E. Juurola, T. Hayek, E.S. Tuittila // *Oecologia*. – 2011. – no 167 (4):11. – P. 15–25. – DOI: 10.1007/s00442-011-2039-4.
28. Moore, T.R. Plant biomass, production, CO₂ exchange in an ombrotrophic bog / T.R. Moore, J.L. Bubier, S.E. Frothingham // *J. Ecol.* – 2002. – V. 90. – P. 2520.
29. Murray, K.J., Photoinhibition as a control on photosynthesis and production of Sphagnum mosses / K.J. Murray, J.D. Tenhunen, R.S. Nowak // *Oecologia*. – 1993. – Vol. 96, no 2. – P. 200–207. – DOI: 10.1007/BF0031773321.
30. Nijp, J.J. Can frequent precipitation moderate the impact of drought on peatmos uptake in northern peatlands? / J.J. Nijp, J. Limpens, K. Metselaar // *New Phytol.* – 2014. – Vol. 203, no 1. – P. 70–80. – DOI: 10.1111/nph.1279222.
31. Peltonen, A. Meltsien undistaminen turvemäille kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella vuosien 1978–1979 investointilokset / A. Peltonen // *Folia Forest.* – 1986. – 679 p. Undistening of melts on peatlands in the six southernmost district forest boards 1978–1979 invest in Inti results (англ.).
32. Reader, R.J. The relationship between net primary production and accumulation for a peatland in Southeastern Manitoba / R.J. Reader, J.M. Stewart // *Ecology*. – 1972. – Vol. 53, no 6. – P. 1024–1037. – DOI: 10.2307/193541523.
33. Reimann, C., Chemical elements in the environment / C. Reimann, P. Caritat // *Factsheets for the geochemists and environmental scientists*. – Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag. – 1998. – 398 p.
34. Saarinen, T. Vascular plants as input of carbon in boreal sedge fens: control of production and partitioning of biomass / T. Saarinen. – Helsinki, 1999. – 66 p.
35. Santesson, R. Lichenforming and lichenicolous fungi of Fennoscandia / R. Santesson, R. Moberg, A. Nordin. – Uppsala, 2004. – 359 p.
36. Wallen B. Methods for studying below-ground production in mire ecosystems / B. Wallen // *Suo*. – 1992. – Vol. 43, no 4–5. – P. 155–162.

REFERENCES

1. Alekseeva R.N., Goncharova N.N. Flora and peat deposits of the Vaadcharta type of swamp (Pechora River basin). *Botanical Magazine [Botanicheskii zhurnal]*, 2006, no. 10, pp. 1499–1509. (In Russian).
2. Antipin V.K. Structure of the Swampy Massifs of Southern Karelia (on the Example of the Swampy Massifs of the Shuya Plain). Extended abstract of candidate's thesis for biological sciences. Petrozavodsk, PetrSU, 1984, 19 p. (In Russian).
3. Blagoveshchensky I.V. Structure of the vegetation cover, systematic, geographical and ecological-biological analysis of the flora of the marsh ecosystems of the central part of the Volga Upland. Extended abstract of doctor's thesis for biol. sciences. Ulyanovsk, 2006, 34 p. (In Russian).
4. Galanina O.V. Vegetation of the sphagnum bogs and its mapping in the south-west of the taiga region. Extended abstract of candidate's thesis for biol. sciences. Saint Petersburg, BIN, 2004, 18 p. (In Russian).
5. Goncharova N.N. Flora and vegetation of the swamps of the South-West of the Komi Republic. Extended abstract of candidate's thesis for biol. sciences. Petrozavodsk, 2007, 21 p. (In Russian).
6. Gryazkin A.V. Influence of the method on the accuracy and reliability of research results. *Izvestiya of the St. Petersburg Forestry Academy [Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii]*, 1999, pp. 12–18. (In Russian).

7. Elina G.A., Kuznetsov O.L., Maksimov A.I. Structural and functional organization and dynamics of the marsh ecosystems of Karelia. Leningrad, Nauka, 1984, 128 p. (In Russian).
8. Efremov S.P., Kovaleva N.M. Lichen flora of the oligotrophic swamp massif of the Tomsk region. *Siberian Botanical Journal [Sibirskiy botanicheskii zhurnal]*, 2001, vol. 3, no. 2, pp. 78–82. (In Russian).
9. Ivchenko T.G. Chorology of bog complexes and its representation on geobotanical maps (using the example of the Ilmensky State Nature Reserve, Southern Urals): Extended abstract of candidate's thesis for biol. sciences. Ekaterinburg, 2005, 25 p. (In Russian).
10. Ignashov P.A. Diversity of small bog types in the middle taiga of Karelia. *Bogs of Northern Eurasia: biosphere functions, diversity and management. Proceedings of the international symposium, September 25–28, 2023, Petrozavodsk, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences [Bolota Severnoy Yevrazii: biosfernyye funktsii, raznoobraziye i upravleniye. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma, 25–28 sentyabrya 2023 g., Petrozavodsk, KarNTS RAN]*. Petrozavodsk, Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2023, pp. 40–41. (In Russian).
11. Kosykh N.P. Net primary production of the North-Western Siberia swamps. *Biology and biosphere [Biologiya i biosfera]*. Tomsk, Publishing house of ChNTI, 2005, pp. 228–231.
12. Kosykh N.P., Mironicheva-Tokareva N.P., Mikhailova E.V., Kolesnichenko L.G. Vegetation and plant community of flat-bumpy peatlands. *Soil and environment [Pochvy i okruzhayushchaya sreda]*, 2019, vol. 2, no. 1. pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v2i1.55>. (In Russian).
13. Kuznetsov O.L. Structure and Dynamics of the Vegetation Cover of the Karelian Marsh Ecosystems. Extended abstract of doctor's thesis for biol. sciences. Petrozavodsk, 2006, 53 p. (In Russian).
14. Kuznetsov O.L. The main directions and results of research of the Karelian scientific school of marsh studies. *Izvestiya of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences [Trudy' Karel'skogo nauchnogo centra RAN]*, 2023, no. 3. pp. 47–75. DOI: 10.17076/eco1771. (In Russian).
15. Lapshina E.D., Rudenko V.V. Lichens of oligotrophic marshes of the forest zone of Western Siberia. *Problems of biodiversity conservation in Southern Siberia [Problemy' soxraneniya bioraznoobraziya Yuzhnoj Sibiri]*, 1997, pp. 85–87. (In Russian).
16. Moskovchenko D.V. Biogeochemical Features of the Upper Bogs of Western Siberia. *Geography and Natural Resources [Geografiya i prirodny'e resursy]*, 2006, no. 1, pp. 63–67. (In Russian).
17. Moskovchenko D.V., Valeeva E.I. Content of Heavy Metals in Lichens in the North of Western Siberia. *Bulletin of Ecology, Forestry, and Landscape Science [Vestnik e'kologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya]*, 2011, no. 11, pp. 162–172. (In Russian).
18. Resources of berry and medicinal plants and methods of their study. Editors V.D. Lopatin, N.M. Shcherbakov. Petrozavodsk, Karelian branch of the USSR Academy of Sciences, 1975, 160 p. (In Russian).
19. Sakovecz V.I., Gavrilov V.N. Forest formation processes in drained swamps of Karelia. Petrozavodsk, KarNCZ RAN, 1994, 102 p. (In Russian).
20. The way accounting undergrowth. Pat. 2084129 RF. A.V. Gryazkin. MKI S 6 A 01 G 23/00. 94022328/13; application 10.06.94; published. 20.07.97. Bulletin no. 20. (In Russian).
21. Filippov I.V., Lapshina E.D. Types of marsh micro-landscapes of the lake-marsh systems of the Middle Ob region. *Environmental dynamics and global climate change [Dinamika okruzhayushhej sredy' i global'ny'e izmeneniya klimata]*, 2008, vol. 1, pp. 115–124. (In Russian).
22. Hramov A.A., Valuczkiy V.I. Forest and marsh phytocenoses of the Eastern Vasyuganye. Novosibirsk, Nauka, 1977, 222 p. (In Russian).
23. Ecological and biological features and productivity of swamp plants. Ed. by V.D. Lopatin. Petrozavodsk, Karel. phil. USSR Academy of Sciences, 1982, 209 p. (In Russian).



24. Ecology, productivity and biochemical composition of medicinal and berry plants of forests and swamps of Karelia. Editors V.D. Lopatin, N.M. Shcherbakov. Petrozavodsk, Karel. phil. USSR Academy of Sciences, 1979, 167 p. (In Russian).
25. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources A framework for international classification. FAO, Rome, 2006, no. 103, 144 p.
26. Kosykh N.P., Koronotova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems. *Wetlands ecology and management*, 2008, vol. 16, no. 2, pp. 139–153. DOI: 10.1007/s11273-007-9061-7.
27. Line A.M., Juurola E., Hayek T., Tuittila E.S. Growth and ecophysiology of sphagnum in the process of succession of swamps. *Ecology*, 2011, no. 167(4):11, pp. 15–25. DOI: 10.1007/s00442-011-2039-4.
28. Moore T.R. Bubier J.L., Frolking S.E. Plant biomass, production, CO₂ exchange in an ombrotrophic bog. *J. Ecol.*, 2002, vol. 90, p. 2520.
29. Murray K.J., Tenhunen J.D., Nowak R.S. Photoinhibition as a control on photosynthesis and production of Sphagnum mosses. *Ecology*, 1993, vol. 96, no. 2, pp. 200–207. DOI: 10.1007/BF0031773321.
30. Nijp J.J., Limpens J., Metselaar K. Can frequent precipitation moderate the impact of drought on peatmos uptake in northern peatlands? *New Phytol.*, 2014, vol. 203, no. 1, pp. 70–80. DOI: 10.1111/nph.1279222.
31. Peltonen A. Meltsien undistaminen turvemaille kuuden eteläisimmän piirimetsäalueen aluella vuosien 1978–1979 investointitulokset [Undistening of melts on peatlands in the six southernmost district forest boards 1978–1979 invest in Inti results]. *Folia Forest.*, 1986, 679 p.
32. Reader R.J., Stewart J.M. The relationship between net primary production and accumulation for a peatland in Southeastern Manitoba. *Ecology*, 1972, vol. 53, no. 6, pp. 1024–1037. DOI: 10.2307/193541523.
33. Reimann C., Caritat P. Chemical elements in the environment. Factsheets for the geochemists and environmental scientists. Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 1998, 398 p.
34. Saarinen T. Vascular plants as input of carbon in boreal sedge fens: control of production and partitioning of biomass. Helsinki, 1999, 66 p.
35. Santesson R., Moberg R., Nordin A. Lichenforming and lichenicolous fungi of Fennoscandia. Upsala, 2004, 359 p.
36. Wallen B. Methods for studying below-ground production in mire ecosystems. *Suo*, 1992, vol. 43, no. 4–5, pp. 155–162.

Статья поступила в редакцию 13.02.2026

DOI: 10.21178/2079-6080.2026.1.83
УДК 631.532/535:674.031.23:57.085.23

Клональное микроразмножение перспективных генотипов *Robinia pseudoacacia* L. для защитного лесоразведения

© О.Ю. Гусева

Clonal micropropagation of promising genotypes of *Robinia pseudoacacia* L. for protective afforestation

O.Yu. Guseva (Federal State Budgetary Institution «All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology»)

Drought, intensified by global climate change, is one of the major environmental challenges in the southern regions of Russia. Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a fast-growing and drought-tolerant species, represents a promising resource for protective afforestation and combating desertification. This study examines the *in vitro* and *ex vitro* propagation of promising *R. pseudoacacia* genotypes originating from the Republic of Kalmykia. Up to 89 % aseptic cultures were obtained using merthiolate treatment for 13 minutes. Explant morphogenesis depended on both genotype and nutrient medium composition. Shoot initiation and multiplication were most effective on BAP-containing media, with 0.75 mg/L BAP inducing up to 84 % axillary and 76 % adventitious shoots. Rooting efficiency reached 50 % on media with 0.3 mg/L IBA and increased to 78 % after repeated subculturing. Gradual acclimatization yielded a viable batch of *ex vitro* plants. The results provide an effective protocol for accelerated propagation of *R. pseudoacacia* for protective afforestation development in the steppe regions of Russia.

Key words: *Robinia pseudoacacia* L., *in vitro*, *ex vitro*, clonal micropropagation, protective afforestation

Клональное микроразмножение перспективных генотипов *Robinia pseudoacacia* L. для защитного лесоразведения

О.Ю. Гусева

В связи с глобальными изменениями климата, одной из основных экологических проблем на территориях южных регионов России является засуха. Робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.) – быстрорастущая и засухоустойчивая древесная порода, непри-