

УДК 551.481.2 + 631.427 (470.22)

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

О. Л. КУЗНЕЦОВ¹, В. И. САКОВЕЦ²

¹ Институт биологии Карельского научного центра РАН

² Институт леса Карельского научного центра РАН

Приводятся результаты 35-летних стационарных исследований структуры и динамики естественных и мелиорированных экосистем болот и заболоченных лесов южной Карелии на стационаре «Киндасово» (Пряжинский район). Осушительная мелиорация, изменяющая водный режим экосистем болот и заболоченных лесов, приводит к резкой перестройке их структуры и функционирования, изменению углеродного баланса. Постмелиоративные сукцессии направлены в сторону мезофитизации растительного покрова, формирования на открытых болотах производных облесенных, а в дальнейшем и лесных, более продуктивных сообществ. Лесоосушительная мелиорация обуславливает снижение фитоценоотического разнообразия в районах ее массового проведения.

Для повышения продуктивности древостоев на мелиорированных землях и снижения негативных последствий осушения лесных земель разработан комплекс лесохозяйственных мероприятий и предложен ряд рекомендаций по ведению лесного хозяйства на данной категории объектов.

O. L. KUZNETSOV, V. I. SAKOVETS. RESULTS OF MULTIDISCIPLINARY STUDIES OF MIRE AND PALUDIFIED FOREST ECOSYSTEMS IN PERMANENT SAMPLE PLOTS IN SOUTHERN KARELIA

Results of 35 years of permanent-plot studies of the structure and dynamics of ecosystems of virgin and drained mires and paludified forests carried out in the Kindasovo research station (Pryazha District, southern Karelia) are reported. Drainage, which changes the water regime in mire and paludified forest ecosystems, results in a dramatic transformation of their structure and function, in changes in the carbon balance. The tendency in post-drainage successions is towards a mesophytic plant cover, formation of secondary treed, and then of more productive forest communities in place of open mires. Forest drainage leads to a decline in the diversity of plant communities in areas where it is used on a large scope.

A set of silvicultural measures has been developed and a number of forestry guidelines have been suggested to raise the productivity of tree stands in drained lands and to reduce the negative consequences of forest drainage.

Ключевые слова: болота, заболоченные леса, стационарные исследования, мониторинг экосистем, гидролесомелиорация, углеродный баланс, сукцессии растительности, растительные ресурсы, использование болот, лесохозяйственные мероприятия.

Введение

Комплексные биогеоэкологические исследования различных типов экосистем развернулись в 60-е годы прошлого века в рамках международных программ МБП и «Человек и биосфера». В это же время в СССР началась широкомасштабная лесная и сельскохозяйственная мелиорация, направленная на повышение продуктивности земель. Болота и заболоченные леса занимают треть территории Карелии, поэтому в республике также активно развернулись мелиоративные работы. Для грамотного планирования и проведения мелиорации требовались специальные исследования и разработка научных основ рационального использования и охраны лесоболотных экосистем региона.

С целью выполнения комплексных стационарных исследований экосистем болот и заболоченных лесов в Карельском филиале АН СССР в 1970 г. по инициативе чл.-кор. АН СССР Н. И. Пьявченко был создан Киндасовский лесоболотный стационар, расположенный в Пряжинском районе на левом берегу р. Шуи (61°48' с. ш., 33°35' в. д.). Здесь на территории площадью около 7000 га представлены основные типы болот и заболоченных лесов южной Карелии. В начале 70-х годов в южной части стационара была проведена лесоосушительная мелиорация, а северная – сохранена в естественном состоянии. Для размещения сотрудников и выполнения работ у леспромхоза были приобретены три старых двухквартирных дома 1954 г. постройки, позднее построены лабораторное здание, баня, а также завезены жилые вагончики.

С 1970 г. на стационаре под научным руководством Н. И. Пьявченко сотрудниками ряда лабораторий Института биологии (ИБ) и леса (ИЛ) и Отдела водных проблем Карельского филиала АН СССР были начаты по единой программе комплексные исследования. Их основной целью было познание внутренних связей и взаимодействия основных компонентов биогеоценозов болот и заболоченных лесов, определяющих интенсивность их материально-энергетического обмена и динамики в естественном состоянии и под влиянием осушения. При этом ставились и прикладные задачи – обоснование ряда лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности заболоченных лесов, разработки режимов использования биологических ресурсов.

Очень большой объем исследований выполнен на стационаре в 70–80-е годы, когда были заложены многочисленные постоянные пробные площади и организованы многолетние исследования по структуре и динамике естественных и осушенных экосистем болот и заболоченных лесов, а также модельных популяций отдельных видов растений, проведены обширные метеорологические и гидрологические

наблюдения. С 1976 г. исследования проводились в рамках нескольких тем ИБ и ИЛ под руководством Г. А. Елиной, Л. С. Козловской, В. М. Медведевой. В течение последних 20 лет на стационаре изучаются динамика и функционирование экосистем мелиорированных и естественных болотных и лесных экосистем и влияние лесоосушительной мелиорации на окружающую среду под руководством В. И. Саковца и О. Л. Кузнецова.

Основные направления исследований на стационаре:

- водный и тепловой режим болот и болотных водосборов (В. А. Чесноков, Е. Д. Орлов),
- растительный покров, структура, биологическая продуктивность, естественная и постмелиоративная динамика болотных экосистем (Г. А. Елина, О. Л. Кузнецов, В. К. Антипин, С. И. Грабовик, Т. А. Максимова),
- динамика растительности и ландшафтов в голоцене (Г. А. Елина),
- биология, фенология и продуктивность редких, лекарственных и ягодных растений, разработка режимов их рационального использования (В. Ф. Юдина, Т. А. Максимова, Т. Ю. Дьячкова),
- изменение физиологии болотных растений под влиянием осушения (Е. В. Потаевич),
- динамика структуры и продуктивности заболоченных лесов и болот под влиянием осушения (В. М. Медведева, В. И. Саковец, В. А. Матюшкин),
- формирование молодняков различного происхождения на осушенных болотах и разработка способов их искусственного облесения (И. В. Ионин, В. Н. Гаврилов),
- почвенные беспозвоночные, микрофлора и альгофлора, их роль в трансформации и круговороте органического вещества болотных почв (Л. С. Козловская, Л. М. Загуральская, Н. И. Германова, Г. С. Антипина, Р. А. Егорова),
- круговорот углерода в осушенных лесоболотных и болотных экосистемах (Н. И. Пьявченко, В. И. Саковец, Н. И. Германова, Е. И. Икконен).

Основные результаты исследований

Характеристика природных условий стационара. Стационарные исследования были развернуты на территории площадью около 7000 га на левом берегу р. Шуи, которая представляет собой участок озерной равнины (с отметками 80–95 м н. у. м.) в сочетании с отдельными моренными холмами и грядами с отметками до 120 м н. у. м., расположенными на выходах коренных протерозойских пород. На территории имеются проявления неотектонических нарушений пород и выходы напорных грунтовых вод. Рельеф довольно расчлененный, со значительным количеством понижений, занятых болотами. В растительном покрове преобладают среднетаежные леса (63%),

представленные как коренными сосновыми и еловыми, так и производными березняками и осинниками. Значительные площади лесов заболочены, здесь отмечается широкий спектр их типов. Более трети (37%) занимают болота, представленные 4 типами массивов, характерных для южной Карелии (рис. 1), общая заболоченность территории стационара – 52% (Елина, 1977; Елина и др., 2005). Северная часть стационара, включающая основную болотную систему, находящуюся в естественном состоянии, в 1976 г. была взята под охрану Постановлением Совета Министров Карельской АССР в ранге болотного заказника «Койву-ламбасу» (площадь 1800 га).

Комплексное изучение территории стационара как модельного полигона сопровождалось созданием серии крупномасштабных карт (1 : 25 000): геолого-геоморфологической (Г. Ц. Лак), почвенной (Н. В. Егорова), расти-

тельности, как современной, так и палеорастительности для разных периодов голоцена (Елина, 1981; Елина и др., 2005). Был изучен состав флоры сосудистых растений, которая включает 380 видов (О. Л. Кузнецов), и листостебельных мхов, представленных 173 видами (Бойчук, 2005). В настоящее время на стационаре продолжают мониторинговые исследования динамики естественных и осушенных болот и заболоченных лесов в рамках ряда программ ОБН РАН, проектов РФФИ и международных проектов. Так, например, наличие материалов детальных наземных исследований позволило использовать эту территорию как модельную при разработке методики дешифровки растительности болот по космическим снимкам (Елина и др., 2005; Токарев, 2005).

Структура, функционирование и динамика болотных экосистем. Исследования естественных болотных экосистем стационара показали высокое разнообразие их флоры и растительных сообществ, а также сложность структуры на разных уровнях организации. Развитие микрорельефа обуславливает широкое распространение комплексных болотных участков (фаций), элементы которых заняты различающимися по составу и продуктивности сообществами. По запасам фитомассы и биологической продуктивности болотные сообщества таежной зоны значительно уступают хвойным суходольным лесам (Елина, Кузнецов, 1977; Козловская и др., 1978; Антипин, 1980; Елина и др., 1984). В круговороте органического вещества на открытых верховых болотах велика роль сфагновых мхов, они составляют от 25 до 50% запасов фитомассы и годичной продукции. На переходных травяно-сфагновых болотах основными продуцентами являются также сфагновые мхи и травы, поэтому на болотах, по сравнению с лесами, значительно выше доля годичной продукции от общих запасов фитомассы (табл. 1).

Круговорот органического вещества на болотах незамкнутый, часть неразложившихся растительных остатков и продуктов их разложения, в связи со слабой аэрацией и высокой влажностью корнеобитаемого слоя, накапливается в виде торфа, что обуславливает вывод из круговорота на века значительных объемов углерода. Болота являются при этом постоянными поставщиками углекислого газа и метана в атмосферу (Икконен, Курец, 2000). Это одна из важнейших биосферных функций болот, приобретающая особую роль в настоящее время в связи с усилением антропогенных выбросов углерода в атмосферу.

Многолетние наблюдения за составом растительных сообществ, а также модельными популяциями ряда видов болотных растений, их сезонным развитием показали высокую устойчивость их структуры. При этом наблюдаются значительные флуктуации обилия и продуктивности популяций отдельных видов растений, а

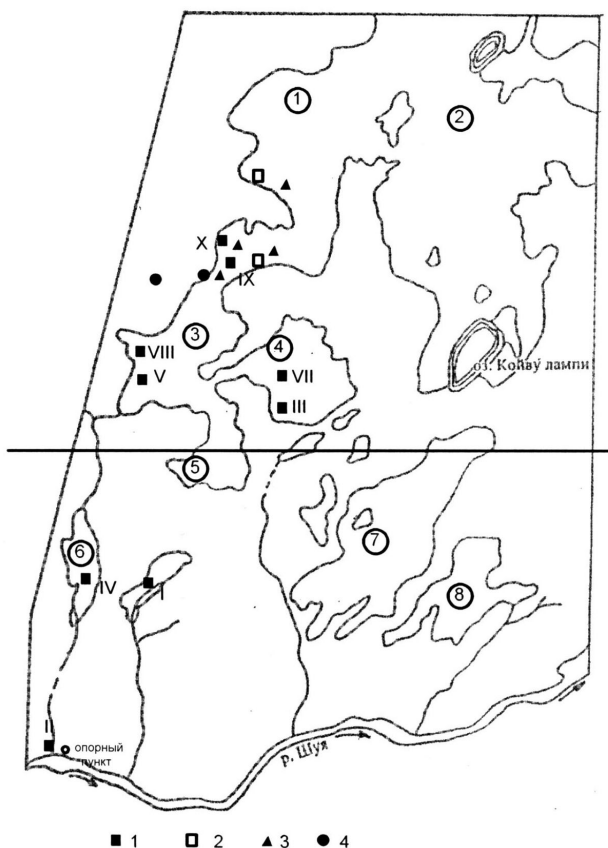


Рис. 1. Картограмма болот стационара

Типы болотных массивов: олиготрофный сфагновый грядово-мочажинный (4 – Риттосуо, 2 – Мустусуо); мезотрофный травяно-сфагновый (6 – Близкое, 7 – Деловое); евтрофно-мезотрофный кочковато-мочажинный (южнокарельский аапа – 3 – Койвусуо, 1 – Неназванное); мезотрофный древесно-моховой (5 – Райское, 8 – Березовое). Постоянные пробные площади: 1 – изучение биологической продуктивности и динамики растительности (I–X); 2 – изучение динамики растительности; 3 – мониторинг продуктивности ценопопуляций ягодных и лекарственных растений; 4 – мониторинг состояния ценопопуляций редких видов. Жирной линией показана южная граница болотного заказника «Койву-ламбасу»

Таблица 1. Оценка фитомассы, прироста, опада и истинного прироста болот стационара

Тип местообитания, № пробной площади	Фитомасса		Прирост		Опад		Истинный прирост	
	ц/га	балл	ц/га	балл	ц/га	балл	ц/га	балл
Заболоченные леса								
I	1200	6	79	5	54	5	15	4
II	451	5	70	5	62	5	8	3
Лесные и облесенные болота								
IX	470	5	75	5	62	5	13	4
IV	290	5	100	6	89	6	11	4
VIII	230	4	83	6	70	5	13	4
Олиготрофные болота								
VII	158	4	60	4	51	5	9	3
III	117	3	44	4	36	4	8	3
Мезотрофные болота								
X	171	4	69	5	66	5	6	3
V	100	3	39	3	36	4	3	3

Примечание. Местоположение пробных площадей см. на рис. 1. Баллы даны по: Родин, Базилевич, 1965.

также колебания сроков наступления основных фенофаз в зависимости от климатических условий вегетационного периода (Максимова, Юдина, 1993; Юдина, Максимова, 1993). Так, линейный прирост некоторых видов сфагновых мхов колеблется в разные годы в 3–8 раз (рис. 2), а их годовая продукция – в 4–5 раз (Грабовик, 2002, 2003). Меньше такие колебания у кочковых видов (*Sphagnum fuscum*, *S. papillosum*). Прирост и годовая продукция гипогидрофильных видов (*Sphagnum majus*, *S. balticum*, *S. obtusum*), обитающих в мочажинах и топях, значительно выше, чем у кочковых, что свидетельствует о более быстром круговороте органического вещества в топяных местообитаниях. Это необходимо учитывать при моделировании динамики болотных экосистем, в том числе и при изменении климата. Изучение особенностей размножения сфагновых мхов показало, что сфагновые мхи различаются между собой по степени эффективности вегетативного и полового размножения. Имеются различия в размножении у каждого вида в разных экологических условиях. Установлено наличие двух типов реакции сфагновых мхов: изменение количества особей на единице площади в результате образования боковых побегов и увеличения густоты расположения пучков ветвей (Грабовик, 1998б).

Изучение сезонного развития около 30 видов растений в течение 25 лет позволило получить уникальные данные по связи наступления основных фенофаз и их продолжительности с суммами эффективных температур (Юдина, Максимова, 1993). Так, вариации сроков начала цветения морошки за годы наблюдений составили 30 дней (10 мая в 1989 и 9 июня в 1976 г.), средняя дата приходится на 18 мая. Для наступления этой фенофазы необходима сумма эффективных температур в среднем 112 °С. Массовое созревание ягод отмечалось в разные годы в интервале 8–30 июля, в среднем 18 июля, для его наступления необходима сумма температур в среднем 620 °С. Продолжительность разных фенофаз (феноамплитуды) у каждого вида растений сильно варьирует

по годам, в зависимости от климатических условий. Эти данные важны для оценки изменений климата по фенологическим показателям.

Многолетние наблюдения за урожайностью ягод клюквы в различных растительных сообществах показали ее большие колебания по годам (рис. 3), что обусловлено комплексом климатических факторов как осени предшествующего года, когда происходит формирование генеративных почек, так и вегетационного периода в год плодоношения (Клюква в Карелии, 1986; Юдина, Максимова, 2005а). По количеству заложившихся осенью генеративных почек делается довольно точный прогноз урожая клюквы на следующий год. Колебания урожайности морошки еще больше, часто бывают совершенно безъягодные года, здесь велика роль весенних заморозков, нередко случающихся в период цветения морошки (Юдина, Максимова, 2005б). Опыты по внесению минеральных удобрений на естественное осоково-сфагновое болото для повышения урожайности клюквы дали отрицательный результат. Под воздействием удобрений разрослись осоки и пушицы, которые затенили клюкву, и ее плодоношение снизилось. Только через 20 лет сообщество вернулось в состояние, близкое к исходному (Максимова, Юдина, 1999).

Изучено влияние различных сроков и интенсивности сбора растительного сырья ряда лекарственных растений (багульника болотного, вахты трехлистной, сабельника болотного, подбела многолистного) на регенерационную способность и устойчивость ценопопуляций, разработаны оптимальные режимы их использования (Дьячкова, 1991; Юдина и др., 1998). Получен патент на способ заготовки лекарственного сырья сабельника болотного (Юдина и др., 1997). Разработаны экспресс-методы определения ресурсов лекарственного сырья вахты трехлистной и сабельника болотного по противному покрытию (Дьячкова, Максимова, 1989; Дьячкова, 1991). Результаты стационарных исследований по продуктивности лекарственных и ягодных растений широко использованы в маршрутных работах лаборатории по

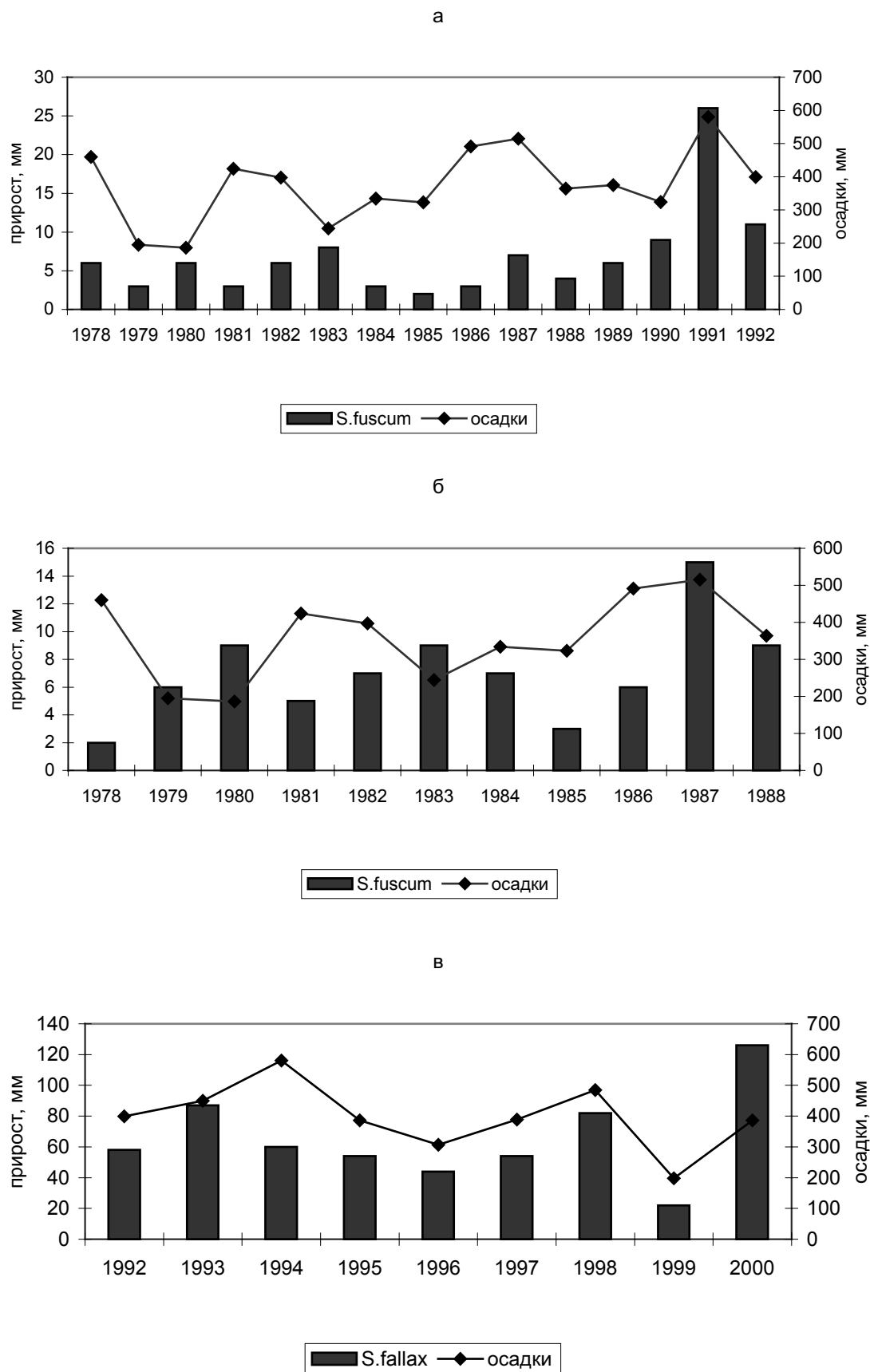


Рис. 2. Многолетняя динамика годичного прироста:

а – *Sphagnum fuscum* на грядах олиготрофного грядково-мочажинного комплекса; б – его же на кочках мезотрофного кочковато-топяного комплекса, в – *Sphagnum fallax* на коврах мезотрофного участка

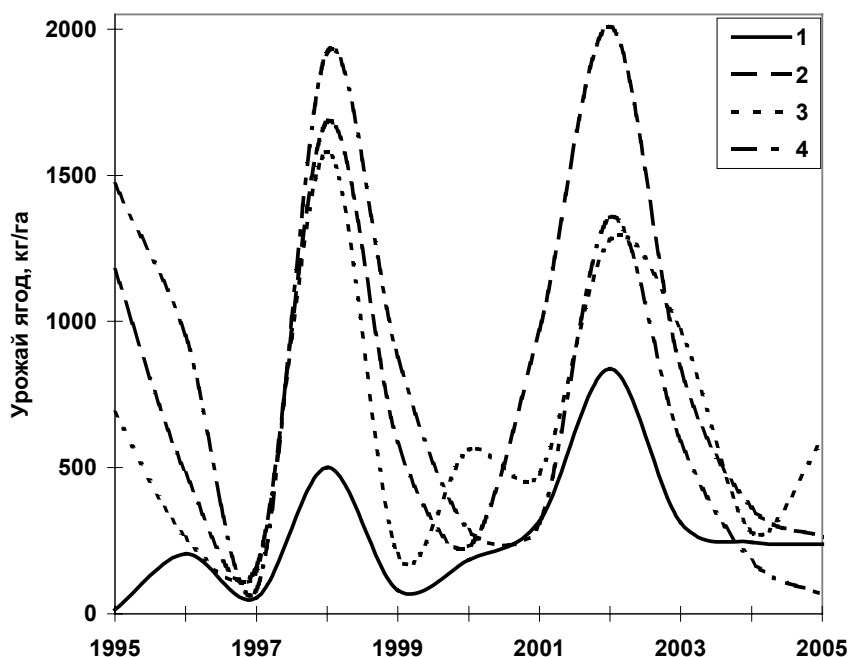


Рис. 3. Колебание урожая клюквы на четырех участках болота Нена- званное (южная Карелия) в 1995–2005 гг.

Болотные участки: 1 – олиготрофный кочковато-мочажинный кустарничко-во-сфагновый (*Sphagneta fuscii*) + мел-коосоково-сфагновый (*Sphagneta balti- ci*), 2 – мезо-олиготрофный (МО) коч-ковато-равнинный кустарничково-осо-ково-сфагновый (*Sphagneta angustifolii* + *S. fallaxi*), 3 – МО кочковатый кустар-ничково-травяно-сфагновый с редкой сосной и березой (*Sphagneta flexuosi* + *S. fallaxi*), 4 – МО клюквенно-сфагновый (*Sphagneta fallaxi*)

оценке их ресурсов на разных типах болот и при создании сети охраняемых болот республики (Клюква в Карелии, 1986; Антипин, Кузнецов, 1998; Кузнецов и др., 2005). С 1991 г. осуществляется мониторинг состояния ценопопуляций редких и охраняемых растений болот. Изучается динамика основных популяционных и организованных признаков некоторых представителей сем. Орхидные: пальчатокоренника Траунштейнера, пальчатокоренника пятнистого, любки двулистной. За период исследований не отмечено резкого снижения параметров ценопопуляций, а наблюдаемые флуктуации носили естественный характер и связаны с особенностями онтогенеза этих видов (Дьячкова, 1996, 1998).

Многолетние исследования (35 лет) динамики состава и структуры растительности разных типов открытых и слабооблесенных болот после осушения показали разные темпы и направленность сукцессионных процессов. Общим для всех типов болот является упрощение горизонтальной структуры сообществ, выравнивание микрорельефа, снижение участия, а в дальнейшем и полное выпадение из состава сообществ гипергидрофильных видов сосудистых растений и мхов (табл. 2). В целом сукцессии растительности направлены в сторону мезофитизации с формированием древесного яруса, скорость облесения зависит от трофности осушенных болот и наличия подроста древесных пород и источников их семян на прилегающих землях. Наиболее медленно сукцессии происходят на открытых верховых сфагновых болотах с очень бедными кислыми почвами, где продуктивные древостои не формируются. Изменения структуры производных сообществ приводят к изменениям и продукционных процессов в них, в составе фитомассы и годичной продукции увеличивается роль древесных рас-

тений и снижается доля напочвенного покрова (Грабовик, 1991, 1998а, 2005).

Лесоосушительная мелиорация, выполненная на больших площадях (около 700 тыс. га) в южной и средней Карелии, привела к значительным изменениям растительного покрова в ряде районов. На месте естественных болотных сообществ, характеризующихся высокой устойчивостью и специфическим составом, формируются серийные производные. Происходит снижение естественного биологического разнообразия болот на ценоотическом уровне в некоторых районах республики, в первую очередь исчезают травяные и травяно-моховые сильно увлажненные сообщества. Так, массовая сельскохозяйственная и лесная мелиорация в районах северного Приладожья, на Олонецкой и Шуйской равнинах привела здесь практически к полному уничтожению болот. Исчезновение видов болотной флоры в результате мелиорации на территории Карелии пока не отмечено, так как более 80% болот республики сохранились в естественном состоянии, однако сокращение ареалов ряда редких видов наблюдается, особенно в Приладожье и в бассейне р. Шуи. Сократились и ресурсы ягод клюквы и морошки в этих районах.

Гидрологические исследования на территории стационара показали, что сток с осушенных водосборов значительно увеличивается в первые годы после осушения, раньше на 7–15 дней наступают максимальные расходы весеннего стока, в дальнейшем водный баланс мелиорированных территорий стабилизируется (Чесноков, 1977; Орлов, 1991; Саковец и др., 2000). Изучена роль грунтовых и грунтово-напорных вод в питании болот района, был разработан ряд экспериментальных систем осушения болот, признанных изобретениями (Орлов, 1991).

Таблица 2. Постмелиоративная динамика растительности мочажин мезотрофного травяно-сфагнового бота в приканавной полосе 30 м (см. рис. 1, пробная площадь IV, по: Грабовик, 2005)

Виды	Годы исследований				
	1971	1978	1989	1999	2003
	n = число площадок				
	n = 5	n = 9	n = 9	n = 9	n = 9
Группа Chamaedaphne calyculata					
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	III ¹	II ⁺	–	–	–
<i>Andromeda polifolia</i> L.	IV ²	–	–	–	–
<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.	II ¹	III ⁺	–	I	–
<i>Sphagnum angustifolium</i> C. Jens	–	I	–	–	–
Группа Carex lasiocarpa					
<i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh	V ⁴	V ³	III ²	II ⁺	–
<i>C. rostrata</i> Stokes	II ¹	–	–	–	–
Группа Baeothryon alpinum					
<i>Equisetum palustre</i> L.	I ¹	V ¹	IV ¹	I	IV ¹
<i>Sphagnum warnstorffii</i> Russ.	–	–	–	–	I ¹
<i>Sphagnum centrale</i> C. Jens.	–	–	II	II ¹	I ⁺
<i>Campylium stellatum</i> (Hedw.) C. Jens.	I ⁺	III ¹	–	–	–
Группа Carex livida					
<i>Sphagnum subsecundum</i> Nees ex Sturm	IV ⁴	II ¹	–	–	–
<i>Warnstorffii exannulata</i> (Guemb. in B. S. G.) Loeske	II ¹	II ⁺	–	–	–
Группа Menyanthes trifoliata					
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	IV ³	V ²	IV ¹	II ¹	II ⁺
<i>Eriophorum polystachion</i> L.	III ¹	II ⁺	–	–	–
<i>Carex chordorrhiza</i> Ehrh	V ²	–	–	–	–
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	II ⁺	III ¹	–	–	–
Группа Calla palustris					
<i>Salix myrtilloides</i> L.	III ²	III ²	–	–	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Steud	–	–	–	–	I
<i>Caltha palustris</i> L.	V ¹	V ¹	III ¹	–	–
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	–	–	–	I	I
<i>Carex cinerea</i> Poll.	–	–	III ¹	I ⁺	II ¹
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Hueb.) T. Kop.	–	–	–	I	I ⁺
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) Web. et Mohr.	–	–	–	I	I ⁺
Группа Carex acuta					
<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaerth.	III ²	V ⁴	V ²	V ³	V ³
<i>Comarum palustre</i> L.	IV ²	V ³	V ²	V ²	IV ¹
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichb.	IV ¹	V ¹	V ³	III ¹	IV ⁺
<i>Stellaria palustris</i> Retz.	–	–	I	II ⁺	I
<i>Galium uliginosum</i> L.	III ¹	IV ⁺	V ¹	V ¹	II ⁺
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	–	–	III ¹	I ⁺	I ⁺
<i>Thyselum palustre</i> K-Pol.	III ¹	IV ¹	III ¹	I ⁺	II ⁺
Группа Saxifraga hirculus					
<i>Epilobium palustre</i> L.	I	II ¹	IV ¹	–	–
<i>Bryum weigelii</i> Spreng.	–	–	–	I	I
Группа лесных видов					
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	R	2000	1700	800	800
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	R	R	R	R	R
<i>Pinus sylvestris</i> L.	R	R	150	100	100
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.	–	–	–	IV ¹	II ¹
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H. P. Fuchs	–	–	–	III ¹	III ²
<i>Angelica sylvestris</i> L.	–	–	II ⁺	–	I ⁺
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	–	–	II ⁺	I ⁺	I
<i>Trientalis europaea</i> L.	–	–	–	III ⁺	III ¹
<i>Polytrichum longisetum</i> Sw. ex Brid.	–	–	–	I	I
<i>Brachythecium oedipodium</i> (Mitt.) Jaeg.	–	–	–	IV ¹	II ¹
<i>Brachythecium rivulare</i> Schimp.	–	–	–	I	I
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	–	–	II	IV ²	I
<i>Geum rivale</i> L.	–	–	II ⁺	I	I
<i>Chamenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	–	–	–	I ¹	I ⁺
<i>Hepaticae</i>	–	–	–	III ¹	–
<i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Schimp.	–	–	–	–	I ⁺
<i>Plagiomnium ellipticum</i> (Brid.) T. Kop.	–	–	–	I	I
<i>Rubus idaeus</i> L.	–	–	–	–	I

Примечание. Римскими цифрами обозначена константность видов в баллах: V – 81–100; IV – 61–80; III – 41–60; II – 21–40; I – 11–20%; арабскими – обилие в баллах. R – деревья встречаются единично; их количество – экз./га.

Исследовано влияние гидролесомелиорации на качество вод ручьев и рек. Изучалось изменение концентрации органического углерода, азота и некоторых минеральных элементов (фосфор, калий) в почвенно-грунтовых и дренажных водах, а также их цветность и кислотность (Саковец и др., 2000).

Изучение биосферной роли гидролесомелиорации на экосистемном уровне показало, что она неоднозначна, зависит от условий местопроизрастания и может быть как положительной, так и отрицательной. Экспериментальные данные позволили разработать прогнозную модель изменения углеродного цикла в зависимости от продуктивности (дополнительного прироста по запасу) древостоев после осушения. Выявлено, что при дополнительном приросте в результате осушения 1,25 м³/га годовое изменение углерода в экосистеме равно нулю. При большем дополнительном приросте лесоболотная экосистема служит местом стока атмосферного углерода и, таким образом, играет положительную биосферную роль, при меньшем дополнительном приросте по запасу наблюдается обратное явление.

Почвенно-микробиологический мониторинг осушенных лесов стационара продолжается четвертое десятилетие. Установлено, что скорость и степень изменения свойств торфяных почв после их осушения зависят от типов почвы и леса, давности и степени осушения, мощности и строения залежи (Германова, Саковец, 2004).

Динамика заболоченных лесов и болот после гидролесомелиорации. Лесохозяйственное использование осушенных земель. Современные исследования Института леса направлены на лесоводственную и экологическую оценку результатов лесосушительной мелиорации, изучение формирования лесных экосистем на осушенных землях.

Результаты 30-летних исследований свидетельствуют о том, что гидролесомелиорация способствует увеличению покрытой лесом площади и значительному повышению продуктивности лесов в зависимости от условий их произрастания и строения древостоев. По продуктивности за 20–30-летний период некоторые из них приравняются к насаждениям на минеральных почвах, дополнительный ежегодный прирост составляет 1,5–3,5 м³/га (Медведева, 1989; Саковец и др., 2000).

Полученные данные по формированию молодняков показали, что лесообразовательные процессы на болотах после осушения идут успешно в южной части республики. Здесь за 20 лет 80–90% площадей бывших болот переводится в покрытую лесом площадь (Саковец, Гаврилов, 1994; Саковец и др., 2000). Кроме этого, проводятся исследования по оценке проведения содействия естественному возобновлению при облесении болот после их осушения. Экспериментальные исследования по

изучению возможности искусственного облесения осушенных болот свидетельствуют о том, что в южной Карелии оно также является весьма эффективным. Наиболее пригодны для создания лесных культур сосны мезоолиготрофные болота, здесь формируются чистые сосновые насаждения не ниже II класса бонитета (Гаврилов и др., 2003). Выращивание культур ели на открытых болотах малоэффективно в связи со значительной повреждаемостью ее годовых побегов весенними заморозками. Другие результаты получены при выращивании ели в процессе реконструкции малоценных березовых насаждений коридорным способом. При этом через 25 лет сохранность культур составляет 70–95%, а их продуктивность достигает I–II классов бонитета (Саковец, Гаврилов, 1994; Гаврилов, 2004). На осушенных болотах стационара были заложены опыты по выращиванию интродуцированных древесных пород: сосны кедровой (сибирской) и пихты бальзамической. Рост кедровой сосны имеет показатели, близкие к популяциям в естественном ареале.

Осушение заболоченных и болотных лесов – первый этап рационального использования этих площадей. Повысить лесоводственную и хозяйственную ценность их древостоев позволяет проведение комплекса лесохозяйственных мероприятий: рубок главного и промежуточного пользования, внесения удобрений. Выборочные и проходные рубки способствуют формированию древостоев с большей хозяйственной ценностью и продуктивностью.

Проведение рубок главного пользования с сохранением подроста и тонкомера в ельниках и рубок перестройки в березово-еловых насаждениях способствует выращиванию хозяйственно ценных и продуктивных древостоев на осушенных землях. Текущий прирост по запасу после рубок довольно высок (4,5–6,4 м³/га), и весь он приходится на наиболее ценную еловую часть насаждения. Рост еловых древостоев после осушения и рубок идет по II–III классам бонитета (Ананьев, 2005). Большое влияние на изменение текущего прироста по запасу оказывает внесение минеральных удобрений. Дополнительный прирост по запасу после двойной подкормки составил за 20 лет 30 м³/га (Матюшкин, 2005).

Публикации и использование результатов исследований

Результаты исследований, полученные на стационаре, широко публиковались и докладывались на различных съездах, симпозиумах, конференциях как в нашей стране, так и за рубежом. Они вошли в целый ряд обобщающих монографий: Л. С. Козловская (1976); Л. С. Козловская, В. М. Медведева, Н. И. Пьявченко (1978); Г. А. Елина (1981); Э. А. Штина, Г. С. Антипина, Л. С. Козловская (1981); Г. А. Елина,

О. Л. Кузнецов, А. И. Максимов (1984); Н. И. Пьявченко (1985); В. М. Медведева (1989); Е. Д. Орлов (1991); Методы исследования болотных экосистем таежной зоны (1991); В. Ф. Юдина, Т. А. Максимова (1993); В. И. Саковец, В. Н. Гаврилов (1994); В. И. Саковец, Н. И. Германова, В. А. Матюшкин (2000); Н. И. Германова, В. И. Саковец (2004); Г. А. Елина, А. Д. Лукашов, П. Н. Токарев (2005), а также опубликованы в нескольких десятках тематических сборников, многочисленных статьях в журналах. Материалы исследований вошли в докторские (Л. С. Козловская, Г. А. Елина, В. И. Саковец) и многие кандидатские (В. К. Антипин, Г. С. Антипина, С. И. Грабовик, В. Н. Гаврилов, Н. И. Германова, Р. А. Егорова, Т. А. Максимова, А. И. Максимов, Т. Ю. Дьячкова и др.) диссертации.

На стационар приезжали исследователи и специалисты из многих регионов СССР и ряда зарубежных стран (Финляндии, Англии, США, Чехословакии, Швеции и др.), а также здесь проводились научные экскурсии участников различных совещаний. Многие исследования выполнялись в рамках международных проектов СЭВ, с Министерством окружающей среды Финляндии и других. Результаты исследований представлены в научно-методических разработках и практических рекомендациях, использованных в лесном хозяйстве республики, а также при проведении лесомелиоративных работ.

Выводы

1. Многолетние комплексные исследования на стационаре «Киндасово» позволили получить уникальные результаты по структуре, функционированию, естественной динамике экосистем болот и заболоченных лесов в подзоне средней тайги, а также изменению биологических процессов в этих экосистемах под влиянием осушения. Данные результаты применены при разработке ряда рекомендаций по рациональному использованию лесоболотных экосистем Карелии, нормам лесосушения, ведению лесного хозяйства и т. д.

2. По запасам фитомассы, биологической продуктивности и емкости круговорота веществ болотные экосистемы таежной зоны значительно уступают хвойным суходольным лесам. В круговороте органического вещества на открытых верховых болотах велика роль сфагновых мхов, они составляют от 25 до 50% запасов фитомассы и годичной продукции. На переходных травяно-сфагновых болотах основными продуцентами являются также сфагновые мхи и травы, поэтому на болотах по сравнению с лесами значительно выше доля годичной продукции от общих запасов фитомассы.

3. Болотные экосистемы имеют сложную структуру и высокую устойчивость. Многолетние исследования показали наличие значительных флуктуаций обилия и продуктивности

ценопопуляций отдельных видов растений, а также колебаний сроков наступления основных фенофаз, которые связаны с климатическими условиями вегетационных периодов.

4. Постмелиоративные сукцессии открытых и слабооблесенных болот после осушения имеют разные темпы в зависимости от состава и структуры сообществ. Общим для всех типов болот является упрощение горизонтальной структуры сообществ, выравнивание микро-рельефа, снижение участия, а в дальнейшем и полное выпадение из состава сообществ гипергидрофильных видов сосудистых растений и мхов. В целом сукцессии растительности направлены в сторону мезофитизации с формированием древесного яруса и повышения продуктивности сообществ.

5. Гидролесомелиорация способствует увеличению покрытой лесом площади, значительному повышению продуктивности и товарной структуры лесов. Прирост древостоев по запасу увеличивается в 2–5 раз в зависимости от условий местопроизрастания.

6. Выявлены процессы трансформации органического вещества болотных почв и роль в них почвенных беспозвоночных, микрофлоры и водорослей как на естественных, так и на осушенных площадях.

7. Изучены экологические последствия гидролесомелиорации: изменение величины годового стока, химический состав стоковых и почвенно-грунтовых вод, интенсивность осадки и сработки торфа. Изучение углеродного баланса осушенных облесенных болот показало, что при получении дополнительного прироста древостоя больше 1,25 м³/год происходит сток углерода в экосистему, при меньшем приросте баланс углерода становится отрицательным, т. е. увеличивается его эмиссия в атмосферу.

8. Под влиянием гидролесомелиорации на бывших болотах складывается новый тип круговорота питательных веществ. Из нисходящего он превращается в восходящий, при котором основные питательные вещества аккумулируются не в органическом веществе почвы, а в древесном приросте и мобильном опаде, что увеличивает скорость круговорота, причем его интенсивность повышается по мере увеличения трофности местообитаний.

Литература

- Ананьев В. А., 2005. Рост и формирование березовых и березово-еловых древостоев после осушения и рубок // Лесоводственно-экологические аспекты хозяйственной деятельности в лесах Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 65–72.
- Антипин В. К., 1980. Структура болотных фаций некоторых болот южной Карелии // Болота Европейского Севера СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 113–135.
- Антипин В. К., Кузнецов О. Л., 1998. Охрана разнообразия болот Карелии // Биоразнообразие,

- динамика и охрана болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 10–30.
- Бойчук М. А., 2005. Листостебельные мхи лесоболотного стационара «Киндасово» (южная Карелия) // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 146–154.
- Гаврилов В. Н., 2004. Результаты выращивания ели европейской в ходе реконструкции осушенных березовых древостоев в южной Карелии // Мелиорация, использование и охрана земель. СПб. С. 115–117.
- Гаврилов В. Н., Мошников С. А., Гаврилова О. И., 2003. Культурные сосны на осушенных болотах южной Карелии // Тр. лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 4. Петрозаводск: ПетрГУ. С. 16–19.
- Грабовик С. И., 1991. Изменение биологической продуктивности мезотрофных болот под влиянием осушения // Методы исследований болотных экосистем таежной зоны. Л.: Наука. С. 28–41.
- Грабовик С. И., 1998а. Динамика растительного покрова и биологической продуктивности сосняка кустарничково-осоково-сфагнового под влиянием осушения // Биоразнообразие, динамика и охрана болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 63–72.
- Грабовик С. И., 1998б. Экологические особенности размножения сфагновых мхов // Ботан. журн. Т. 83, № 4. С. 92–97.
- Грабовик С. И., 2002. Динамика годового пророста у некоторых видов SPHAGNUM L. в различных комплексах болот южной Карелии // Раст. ресурсы. Вып. 4. С. 62–68.
- Грабовик С. И., 2003. Динамика продуктивности ценопопуляций сфагновых мхов южной Карелии // Ботан. журн. Т. 88, № 4. С. 41–48.
- Грабовик С. И., 2005. Постмелиоративная динамика растительности мезотрофных травяно-сфагновых болот южной Карелии // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 155–162.
- Германова Н. И., Саковец В. И., 2004. Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 188 с.
- Дьячкова Т. Ю., 1991. Ресурсная характеристика ценопопуляций вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata* L.) и сабельника болотного (*Comarum palustre* L.) на основных типах болот Карелии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж. 18 с.
- Дьячкова Т. Ю., 1996. Ценопопуляции орхидных на территории лесоболотного заказника в Киндасово // Эколого-биологическое обоснование гидролесомелиорации и реконструкции лесоосушительных систем. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 59–60.
- Дьячкова Т. Ю., 1998. Структура ценопопуляций семейства *Orchidaceae* в Карелии // Биоразнообразие, динамика и охрана болотных экосистем восточной Финноскандии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 87–97.
- Дьячкова Т. Ю., Максимова Т. А., 1989. Экспресс-метод определения урожайности вахты трехлистной по проективному покрытию // Принципы и методы рационального использования дикорастущих полезных растений. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 89–97.
- Елина Г. А., 1977. Типы болот Шуйской равнины // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 5–19.
- Елина Г. А., 1981. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л.: Наука. 156 с.
- Елина Г. А., Кузнецов О. Л., 1977. Биологическая продуктивность болот южной Карелии // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 105–123.
- Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И., 1984. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука. 128 с.
- Елина Г. А., Лукашов А. Д., Токарев П. Н., 2005. Картографирование растительности и ландшафтов на временных срезах голоцена таежной зоны восточной Финноскандии. СПб.: Наука. 112 с.
- Икконен Е. И., Курец В. К., 2000. Оценка интенсивности продуцирования CO₂ корнеобитаемым слоем сфагнового торфа // Динамика болотных экосистем Северной Евразии в голоцене. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 73–76.
- Клюква в Карелии, 1986. Петрозаводск: изд-во «Карелия». 204 с.
- Козловская Л. С., 1976. Роль беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л.: Наука. 211 с.
- Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И., 1978. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука. 172 с.
- Кузнецов О. Л., Антипин В. К., Грабовик С. И. и др., 2005. Растительные ресурсы болот Карелии // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М. С. 195–202.
- Максимова Т. А., Юдина В. Ф., 1993. Флюктуации растительности мезотрофной болотной фации на охраняемом болоте в южной Карелии // Растительный мир Карелии и проблемы его охраны. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 164–169.
- Максимова Т. А., Юдина В. Ф., 1999. Влияние небольших доз минеральных удобрений на растительность осоково-сфагнового болота // Экология. № 6. С. 416–420.
- Матюшкин В. А., 2005. Влияние внесения минеральных удобрений на рост и формирование сосняка кустарничково-сфагнового на бедной верховой осушенной почве // Лесоводственно-экологические аспекты хозяйственной деятельности в лесах Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 8–19.
- Медведева В. М., 1989. Формирование лесов на осушенных землях среднетаежной подзоны. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. 168 с.
- Методы исследований болотных экосистем таежной зоны, 1991. Л.: Наука. 128 с.
- Орлов Е. Д., 1991. Грунтовое водное питание на объектах лесосушения в Карелии. Л.: Наука. 164 с.
- Пьявченко Н. И., 1985. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М. 152 с.
- Родин Л. Е., Базилевич Н. И., 1965. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности. Л. 249 с.
- Саковец В. И., Гаврилов В. Н., 1994. Лесообразовательные процессы на осушенных болотах Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 102 с.

- Саковец В. И., Германова Н. И., Матюшкин В. А., 2000. Экологические аспекты гидролесомелиорации. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 154 с.
- Токарев П. Н., 2005. Разработка методики дешифрирования на космоснимках основных типов болотных участков Карелии с использованием материалов наземных и дистанционных исследований на основе ГИС-технологий // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 65–78.
- Чесноков В. А., 1977. Влияние осушения на изменение метеорологического и гидрологического режимов болот // Стационарное изучение болот и заболоченных лесов в связи с мелиорацией. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР. С. 19–33.
- Штина Э. А., Антипина Г. С., Козловская Л. С., 1981. Альгофлора болот Карелии и ее динамика. Л.: Наука. 269 с.
- Юдина В. Ф., Дьячкова Т. Ю., Бразовская Т. И., Максимова Т. А., 1998. Восстановление ценопопуляций *Comarum palustre* L. после заготовки надземной части // Раст. ресурсы. Т. 34, вып. 3. С. 51–55.
- Юдина В. Ф., Дьячкова Т. Ю., Бразовская Т. И., Максимова Т. А., 1997. Патент № 2093172 на изобретение «Способ заготовки лекарственного сырья сабельника болотного». М.
- Юдина В. Ф., Максимова Т. А., 1993. Сезонное развитие растений болот. Петрозаводск. 168 с.
- Юдина В. Ф., Максимова Т. А., 2005а. Динамика урожайности клюквы болотной в южной Карелии // Экология. № 4. С. 264–268.
- Юдина В. Ф., Максимова Т. А., 2005б. Особенности плодоношения ягодных растений на болотах южной Карелии // Тр. Карельского научного центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 163–168.