

УДК 630*11 + 630*17:582.475.4+556.56

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ БОНИТИРОВОЧНОЙ ШКАЛЫ МЕСТООБИТАНИЙ БОЛОТНЫХ СОСНЯКОВ ЮЖНОТАЁЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т.Т. Ефремова, А.Ф. Аврова, С.П. Ефремов

Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, 50; e-mail: institute@forest.akadem.ru

В качестве критерия лесорастительных возможностей лесных болот использовали комплекс достоверных показателей, выявленных в процессе типизации болотных сосняков различных местообитаний. Это – химические свойства торфяных почв, таксационные показатели древостоев, данные хвое-листового анализа и характеристика побегов, которые обобщают два важнейших критерия плодородия – количество питательных веществ в почве и урожайность (продуктивность) насаждений. За эталон бонитировочного стандарта принят евтрофный умеренно осушенный тип местообитания – 100 баллов. Олиготрофные местообитания, оценённые 10 баллами, осушать нецелесообразно из-за низкого экономического эффекта. Олиго-мезотрофные, мезотрофные и мезо-евтрофные местообитания (18-21 балл), помимо гидротехнической мелиорации, нуждаются, как правило, в применении удобрений. Лесомелиорацию евтрофных болот (65 баллов) можно ограничить регулированием только водного режима.

Статистически обоснованы различия морфометрических показателей хвои болотных сосняков неосушенных местообитаний: олиготрофные – длина хвои $33 \pm 0,4$ мм, масса хвои $1,9 \pm 0,03$ г; евтрофные – $60 \pm 0,6$ мм и $3,60 \pm 0,2$ г; олиго-мезотрофные, мезотрофные и мезо-евтрофные местообитания – $40 \pm 0,5$ мм и $2,4 \pm 0,06$ г.

Методом парного регрессионного анализа установлена положительная линейная связь прироста древесины с длиной хвои.

$$y = -1,62 + 0,076x; \quad R^2 = 0,96, \quad p = 0,000,$$

где y – среднегодовой прирост древесины, $\text{м}^3/\text{га}$; x – длина однолетней хвои, мм; R^2 – индекс детерминации; p – уровень значимости.

Полученные результаты по морфометрии хвои *Pinus sylvestris* L. рекомендуют работникам лесного хозяйства простые и доступные критерии оценки лесопригодности болот, а представленная линейная функция позволяет прогнозировать лесохозяйственную эффективность осушения болотных сосняков.

Ключевые слова: болотные сосняки, бонитировка типов местообитаний, морфометрия хвои

Assessing the capacity of bog sites to support forest growth was based on confident indicators, such as peat soil chemical properties, forest inventory data, foliage analysis results, and shoot parameters, determined when identifying Scots pine bog site types. These characteristics describe two major site fertility criteria: nutrient content of soil and forest stand productivity. Moderately drained eutrophic bog site conditions were taken as a standard (100 points). Reclamation of oligotrophic bog sites estimated at up to 10 points appeared to be economically ineffective, whereas fertilizer application, apart from land improvement by hydraulic engineering methods, was found to be needed in case of oligomesotrophic, mesotrophic, and mesoeutrophic bog sites (18-21 points). Moisture regime regulation was determined to be a sufficient land improvement measure for 65-point Scots pine eutrophic bog sites.

Needle morphometric parameters of Scots pine stands growing on undrained bog sites exhibited significant variability among bog types: needle length was 33 ± 0.4 mm and weighted 1.9 ± 0.03 g for oligotrophic sites, with the similar characteristics being 60 ± 0.6 mm and 3.60 ± 0.2 g for eutrophic bogs and 40 ± 0.5 mm and 2.4 ± 0.06 g for oligomesotrophic, mesotrophic, and mesoeutrophic sites.

A paired regression analysis revealed a positive linear relationship of wood biomass increment and needle length:

$$y = -1,62 + 0,076x; \quad R^2 = 0,96, \quad p = 0,000,$$

where y is stand life-span annual wood biomass increment, cubic m/ha; x is one-year-old needle length, mm; R^2 is determination index; and p is significance level.

The study results obtained on morphometric characteristics of Scots pine needles provide foresters with simple and user-friendly criteria for estimating suitability of bog sites for forest growth and the above linear function allows to predict effectiveness of Scots pine bog site reclamation regarding post-treatment forest productivity.

Key words: Scots pine stands growing on bog, bog site types, needle morphometric parameters

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость углубления знаний почвенно-экологических особенностей гидроморфных комплексов как научной основы устойчивого природопользования по-прежнему сохраняет свою актуальность.

Осушение болот – единственный путь формирования высокопродуктивных насаждений. Гидролесомелиорация, практически прекратившаяся в условиях современной России, безусловно, будет возобновлена по мере улучшения экономической ситуации в стране (Константинов и др., 1999).

Правильный выбор исходных объектов осушения очень важен, так как определяет экономическую и природоохранную целесообразность гидротехни-

*Работа поддержана РФФИ (гранты № 08-04-92501 НЦНИЛ_а и № 09-04-00234)

ческой мелиорации. Известно, что эффект осушения даже близких в лесотипологическом отношении объектов определяется различиями в свойствах торфяных почв, то есть уровнем их плодородия. Между тем, вооруженность специалистов лесной отрасли действенными и оперативными методами индикации болотных местообитаний остается по-прежнему недостаточной.

Цель нашей работы: а) выполнить бонитировку условий произрастания болотных сосняков, то есть дать им количественную оценку относительно местообитаний с максимальным лесоводственным эффектом, б) обосновать возможность использования в практике гидролесомелиорации морфометрических параметров хвои как наиболее доступных и результативных показателей для типизации и оценки эффективности осушения болотных сосняков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили сосновые древостои (*Pinus sylvestris* L.) на болотах естественного ряда развития и их осушенные 30-35 лет назад участки в Тимирязевском лесхозе Томской области. Изучались девственные леса, не пройденные рубками. Валовые запасы биогенных элементов и физико-химические показатели торфяных почв, а также таксационные показатели древостоев определены общепринятыми в почвоведении и лесоведении методами однократно. Исследования морфометрических и химических показателей хвои, выполненные в течение 3-4 лет, характеризуют её пространственно-временную изменчивость. Объем выборки варьирует в пределах 300-4810 наблюдений по длине хвои и от 30 до 210 пакетов по 100 пар для массы в зависимости от количества пробных площадей в конкретном типе местообитания. Отбор хвои в полевых условиях выполнен по известной методике Верманна. Сопряженно в сезонной динамике изучались влажность торфяных почв и уровень стояния почвенно-грунтовых вод. К оценке гидрологических условий привлекались и ранее опубликованные по этому вопросу материалы (Ефремов, 1972; Ефремова, 1986; Мелентьева, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях южнотаёжной подзоны Западной Сибири методами многомерной статистики достоверно выделено 9 формализованных типов условий произрастания болотных сосняков, включая осушенные в разной степени варианты (Ефремова и др., 2002). В естественном ряду развития эколого-ценотические типы сгруппировались в следующие кластеры – олиготрофный (индекс О-0), олиго-мезотрофный+мезотрофный (ОМ-0+М-0), мезо-евтрофный (МЕ-0) и евтрофный (Е-0). Результатом формализованного разбиения осушенных местообитаний стали такие группы: слабо осушенные мезотрофные+мезо-евтрофные (М-1+МЕ-1), слабо осушенные евтрофные (Е-1), умеренно осушенные мезо-евтрофные (МЕ-2), умеренно осушенные евтрофные (Е-2), а также переосушенные+интенсивно осу-

шенные мезотрофные (М-3+М-4).

Общепризнано, что исходным условием эффективности гидролесомелиорации является производительная способность местообитаний, то есть уровень плодородия почв. Трудности эффективной оценки лесных торфяных почв заключаются в выборе критериев продуктивности, поскольку до сих пор нет единого мнения относительно принципов и методов их бонитировки. Мы использовали комплекс достоверных в кластерном и дискриминантном анализе признаков, выявленных в процессе группировки типов местообитания болотных сосняков (Ефремова и др., 2002). Они касаются химических свойств торфяных почв, таксационных показателей древостоев, данных хвое-листового анализа и характеристики побегов (всего 24 показателя). Почвенные включают: степень насыщенности основаниями и запасы в слое торфа 0-20 см – зольных веществ, N, P₂O₅, CaO, MgO. Показатели хвое-листового анализа следующие: длина однолетней хвои и текущего года заложения, масса хвои указанных возрастов, содержание в хвое – зольных веществ, N, Mg. Далее – длина наиболее развитого побега 3-ей верхушечной мутовки, число пар хвои на побеге. Таксационные показатели – средняя высота деревьев, средний диаметр деревьев, запасы древесины, среднегодовой прирост древесины. Для сопоставимости данных, имеющих разные единицы измерения, все анализируемые переменные были стандартизованы. Средняя из стандартизованных показателей евтрофного умеренно осушенного типа была принята за эталон бонитировочного стандарта, относительно которого рассчитаны баллы (%) всех других местообитаний болотных сосняков южнотаёжной подзоны Западной Сибири. Евтрофный умеренно осушенный тип характеризуется наиболее высокой продуктивностью насаждений, трофностью почв выше пороговых показателей и благоприятным гидрологическим режимом (Ефремова и др., 1993).

Оценочные баллы, характеризующие мелиоративную значимость объектов, обобщают два важнейших критерия плодородия – количество питательных веществ в почве и урожайность биомассы (производительность древостоев и состояние фотосинтезирующего аппарата – хвои). Как следует из рисунка 1, мелиоративная ценность лесных осушенных болот резко возрастает от олиготрофного типа – 10 баллов к евтрофному – 65. Мезотрофные и мезо-евтрофные местообитания практически равны по лесорастительным свойствам (18-21 балл) и примыкают ближе к олиготрофному типу по уровню плодородия.

Лесоводственная продуктивность осушенных болот значительно более высокая по сравнению с исходными типами. Она тесно связана как с уровнем плодородия исходных типов, так и с интенсивностью мелиорации. Так, евтрофные, мезотрофные и мезо-евтрофные местообитания, которые в естественном состоянии оцениваются 65 и 18-21 баллами, в случае сходного режима осушения также значительно различаются по уровню плодородия. В частности, при слабом дренировании их лесопригодность составляет соответственно 84 и 43 балла. В то же время, интенсивное и умеренное осушение

мезотрофных и мезо-евтрофных местообитаний повышает их лесоводственную эффективность до уровня 70-77 баллов, то есть приближает к богатым условиям евтрофного типа.

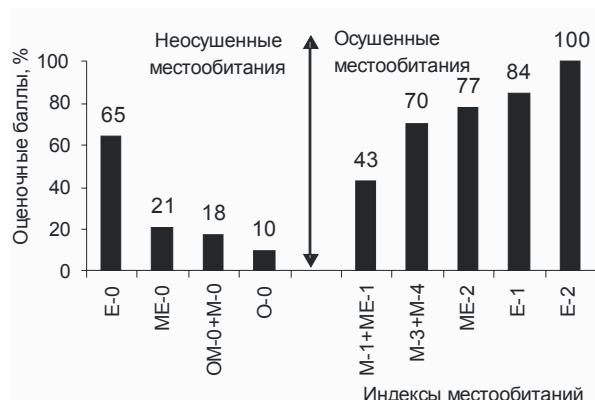


Рисунок 1 – Бонитировочная шкала типов местообитаний болотных сосняков. Неосушенные типы местообитания: E-0 – евтрофный, ME-0 – мезо-евтрофный, OM-0+M-0 – олиго-мезотрофный+мезотрофный, O-0 – олиготрофный. Осушенные типы местообитания: M-1+ME-1 – мезотрофный+мезо-евтрофный слабо осушенный, M-3+M-4 – мезотрофный интенсивно осушенный, ME-2 – мезо-евтрофный умеренно осушенный, E-1 – евтрофный слабо осушенный, E-2 – евтрофный умеренно осушенный

Количественная оценка лесопригодности болотных местообитаний обеспечивает возможность научно-обоснованного выбора объектов мелиорации в свете требований рационального природопользования. Как показывает опыт гидролесомелиорации, олиготрофные местообитания осушать нецелесообразно из-за низкого экономического эффекта. Лесомелиорацию евтрофных болот можно ограничить регулированием водного режима. Олиго-мезотрофные+мезотрофные и мезо-евтрофные местообитания, помимо гидротехнической мелиорации, нуждаются, как правило, в применении удобрений. В условиях южной тайги Западной Сибири можно, прежде всего, рекомендовать азотные

удобрения, так как недостаток азота в торфяных почвах верхового и переходного типов относится к числу основных факторов, лимитирующих производительность болотных сосняков (Ефремова и др., 1995).

Вместе с тем, реальное использование бонитировочной шкалы в практике лесосошения, безусловно, затруднено из-за сложности получения разнообразного первичного материала. Поэтому, обратились к косвенным показателям, в частности, биометрическим параметрам хвои. Ранее показано, что методы растительной диагностики по сравнению с почвенными и таксационными являются более тонкими индикаторами неосушенных местообитаний (Ефремова и др., 2002).

Удачный опыт использования длины и массы хвои для оценки минерального питания хвойных пород, лесорастительных свойств почв и продуктивности насаждений имеется в различных регионах России, а также дальнего и ближнего зарубежья (Вайчис, Руткаускас, 1973; Корчагина, 1986; Орлов, Кошельков, 1971; Погрсаар, 1977; Прокушкин, 1982; Amponsach and other, 2005; Ohlson, 1995; Wheeier and other, 1992; Yang, 1998; Youngblood, Ferguson, 2003 и др.).

Результаты статистической обработки морфометрических показателей однолетней хвои за 3-4-летний период изучения приведены в таблице 1. По сравнению с хвоей текущего года однолетняя дает более точную оценку болотным типам местообитаний (Ефремова и др., 1996). Согласно коэффициенту вариации < 33 %, изучаемая совокупность является более или менее однородной, а средние по длине и массе хвои – типичными величинами соответствующих местообитаний (оценка по: Чекотовский, 2002). Коэффициенты выравнивания материала (Доспехов, 1973) составляет по длине хвои 78-89 %, по массе – 71-86 %. Таким образом, изменчивость показателей по длине и массе хвои достаточно близкая и характеризуется средним варьированием.

Существенность разности средних показателей морфометрии хвои различных условий

Таблица 1 – Морфометрические показатели хвои сосны обыкновенной в болотных типах условий произрастания

Статистические показатели	Индексы типов местообитаний ¹⁾								
	неосушенные местообитания				осушенные в разной степени				
	O-0	OM-0+M-0	ME-0	E-0	M-1 + ME-1	E-1	ME-2	E-2	M-3+M-4
Длина однолетней хвои, мм									
Среднее ²⁾	33	41	40	60	56	64	74	72	71
Ошибка среднего	±0,4	±0,4	±0,5	±0,6	±0,5	±0,5	±0,6	±0,5	±0,5
Минимум	12	15	19	34	34	42	44	46	48
Максимум	67	70	73	83	77	88	97	92	91
$\sigma^3)$	7,4	8,5	8,6	9,2	8,6	9,7	10,2	8,1	9,1
$V^4), \%$	22	21	21	15	15	15	14	11	13
Масса 100 пар хвои, г									
Среднее ²⁾	1,88	2,41	2,43	3,60	3,70	4,84	5,25	5,51	4,97
Ошибка среднего	±0,03	±0,05	±0,06	±0,2	±0,08	±0,09	±0,22	±0,17	±0,09
Минимум	1,22	1,78	1,74	1,90	1,72	3,56	2,37	3,85	3,38
Максимум	2,75	4,16	3,25	5,63	5,20	6,30	7,08	6,93	6,93
$\sigma^3)$	0,36	0,51	0,49	1,04	0,60	0,69	1,22	0,93	0,69
$V^4), \%$	19	21	20	29	16	14	23	17	14

Примечание: ¹⁾ индексы типов местообитания см. в тексте, ²⁾ усредненные данные за 1994-1997 годы, ³⁾ стандартное отклонение, ⁴⁾ коэффициент вариации.

Таблица 2 - Уровни значимости различий (p -критерий) типов местообитаний болотных сосняков по длине и массе 100 пар однолетней хвои

Индексы местообитаний	Индексы типов местообитания							
	неосушенные местообитания				осушенные в разной степени			
	O-0	OM-0+ M-0	ME-0	E-0	M-1+ ME-1	E-1	ME-2	E-2
Длина хвои								
M-0+OM-0	0,000	—						
ME-0	0,000	0,057*	—					
E-0	0,000	0,000	0,000	—				
M-1+ME-1	0,000	0,000	0,000	0,000	—			
E-1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—		
ME-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—	
E-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	—
M-3+M-4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039
Масса 100 пар хвои								
M-0+OM-0	0,000	—						
ME-0	0,000	0,378	—					
E-0	0,000	0,000	0,000	—				
M-1+ME-1	0,000	0,000	0,000	0,279	—			
E-1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	—		
ME-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	—	
E-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,107	—
M-3+M-4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,147	0,089	0,001

Примечание: *) выделены не значимые с доверительным уровнем вероятности 95%. произрастания оценивалась по t -критерию Стьюдента.

произрастания оценивалась по t -критерию Стьюдента. Согласно таблице 2, разность по длине хвои существенна на очень высоком уровне значимости как для естественных местообитаний, так и осушенных (p -критерий - вероятность, соответствующая критерию Стьюдента). Нулевая гипотеза остается в силе только при сравнении двух неосушенных типов, характеризующих переходные стадии развития болот (олиго-мезотрофных+мезотрофных) и мезо-евтрофных. Они объективно не различаются между собой и по массе хвои. Достоверность различий осушенных в разной степени местообитаний по массе хвои сохраняется в основном с вероятностью 85-90%. Исходя из принятого в биологии уровня значимости 5%, нулевая гипотеза остается в силе.

Итак, статистически обоснованы существующие различия неосушенных местообитаний болотных сосняков по длине и массе хвои. Полученные результаты рекомендуют работникам лесного хозяйства простые и доступные критерии оценки лесопригодности болот, подлежащих гидромелиорации. По длине и массе хвои четко идентифицируются болотные сосняки олиготрофного типа (33 мм и 1,9 г), евтрофного (60 мм и 3,60 г), а также различные варианты переходных стадий эндогенного развития болот (40 мм и 2,4 г).

Для получения первичной информации, касающейся биометрии хвои болотных сосняков, рекомендуем следующую методику отбора образцов. Осенью (сентябрь-октябрь) с 10 случайных деревьев 30-40-летнего возраста отсекается наиболее развитый побег 4-й верхушечной мутовки. Так как мы оперируем средними показателями за 3-4 года наблюдений, необходимо оборвать хвою как минимум трех лет развития: продолжительность жизни хвои сосны на верховых болотах Западной Сибири составляет 5-6 лет, на низинных — 3 (реже

4) года (Згуровская, 1965). В результате однократный отбор многолетней хвои позволяет учесть особенности ее формирования в различные годы заложения. Молодую хвою текущего года исключаем. По сравнению с хвоей прошлых лет её длина меньше на 10-20 %, масса на — 20-50 %, то есть в год заложения растущая хвоя ещё не сформирована окончательно.

Отобранная с 10 деревьев хвоя, исключая молодую, смешивается и формируется средний образец. Из него случайным образом берется определенное количество свежей хвои для замера длины. Для получения результата с доверительным уровнем вероятности 95% достаточно измерить 36-77 пар хвоинок в естественных местообитаниях, в условиях осушения — 19-36 пар. Для учета массы хвои необходимо составить пакеты по 100 пар хвоинок, взвесить их в воздушно-сухом состоянии и пересчитать на навеску, высушенную при 105⁰С. Число пакетов в зависимости от степени варьирования признака равняется 58-134 шт. в неосушенных местообитаниях и 31-85 на мелиорируемых участках. Формирование такого количества пакетов потребует, исходя из степени охвоенности побега, обработки не менее 40÷20 деревьев. Таким образом, более простым и надежным способом идентификации объектов по биометрическим показателям следует признать длину хвои.

Морфометрические показатели хвои сосны обыкновенной, помимо идентификации неосушенных местообитаний, могут использоваться в практике гидромелиорации для прогноза эффективности лесосушения. Методом парного регрессионного анализа установлена положительная линейная связь ($R^2=0,96\div0,94$) длины и массы хвои с таксационными показателями древостоев, в частности, со среднегодовым приростом древесины, который нивелирует в определенной мере влияние

возраста насаждений (рис. 2).

Однако оценка параметров связи прироста древесины и массы хвой выявила статистическую недостоверность свободного члена уравнения регрессии. Поэтому, несмотря на высокие значения индекса детерминации, влияние массы хвой на производительность болотных сосняков не обсуждается. Связь прироста древесины с длиной хвой аппроксимируется уравнением следующего вида:

$$y = -1,62 + 0,076 x; \quad R^2 = 0,96, \quad P = 0,000 \quad (1)$$

где y - среднегодовой прирост древесины, $\text{м}^3/\text{га}$; x - длина однолетней хвой, мм; R^2 - индекс детерминации; P - уровень значимости.

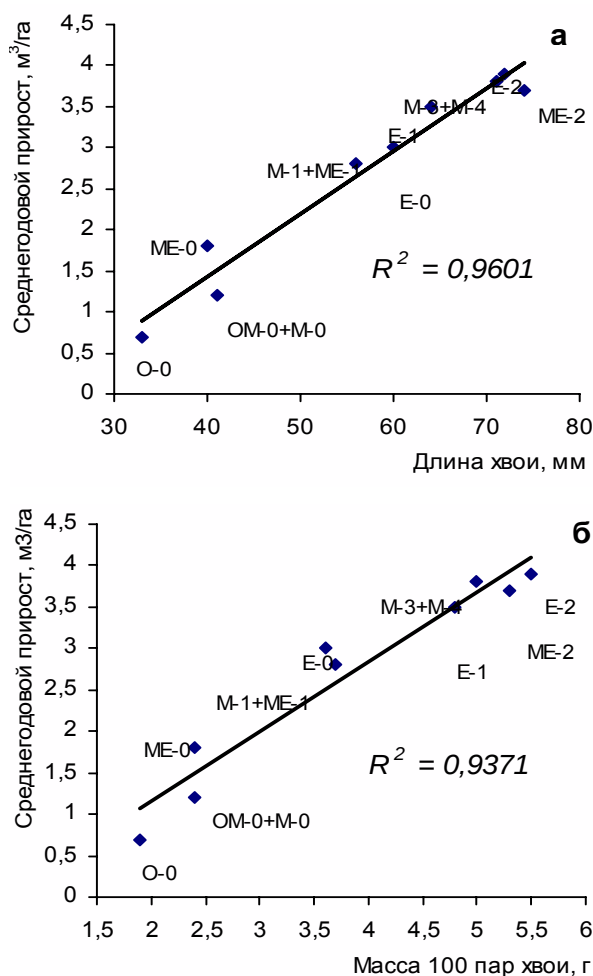


Рисунок 2 - Регрессионная связь среднегодового прироста древесины с длиной (А) и массой (Б) однолетней хвой в болотных сосняках различных местообитаний. Условные обозначения типов местообитаний см. рис. 1

Коэффициенты данного уравнения регрессии достоверны: параметр факторного признака x имеет P -значение $3,74\text{E}-06$, свободный член - 0,002. Согласно линейной функции, увеличение длины хвой на 1 мм вызывает возрастание среднегодового прироста древесины на $0,076 \text{ м}^3/\text{га}$. Представленное уравнение регрессии правомочно для болотных сосняков южной тайги Западной Сибири в пределах

среднегодового прироста древесины $0,7\text{-}3,9 \text{ м}^3/\text{га}$ и длины хвой $33\text{-}74 \text{ мм}$.

В заключение приводим краткую эколого-ценотическую характеристику местообитаний болотных сосняков (табл. 3, 4).

Местообитания болотных сосняков естественного развития. Данные типы местообитаний заняты сосновыми насаждениями чистыми по составу и разновозрастными по структуре. Для них характерно переувлажнение почвенной среды практически в течение всего периода вегетации.

Олиготрофный тип (индекс О-0). Бонитировочный балл равняется 10. Длина хвой $33\pm 0,4 \text{ мм}$, масса 100 пар хвой $1,9\pm 0,03 \text{ г}$. Почвы обеднены элементами минерального питания. По сравнению с оптимальными запасами (зола 30 т/га , азот - $4,9$, фосфор - $1,4$, калий - 26 , кальций - $6,8 \text{ т/га}$) содержание перечисленных элементов в торфяных почвах олиготрофных местообитаний ниже в $5\text{-}23$ раза (Ефремова и др., 1993). Концентрация в хвое сосны фосфора ($0,1\%$) и азота (около 1%) указывает на острый дефицит этих элементов. Лесохозяйственные мероприятия должны быть связаны в основном с природоохранной деятельностью.

Олиго-мезотрофный+мезотрофный тип (ОМ-0+М-0). Бонитировочный балл - 18. Длина хвой - $41\pm 0,4 \text{ мм}$, масса - $2,4\pm 0,05 \text{ г}$. Запасы элементов минерального питания в почве по сравнению с олиготрофным местообитанием повышаются в $1,4\text{-}2$ раза, однако, не являются достаточными для успешного произрастания сосновых насаждений. Рекомендуется умеренное осушение и внесение удобрений.

Мезо-евтрофный тип (МЕ-0). Бонитировочный балл - 21. Длина хвой - $40\pm 0,5 \text{ мм}$, масса - $2,4\pm 0,06 \text{ г}$. Запасы элементов минерального питания в почве не достигают уровня достаточной обеспеченности, но выше, чем в олиготрофном в $2,2\text{-}6,7$ раза. Лесохозяйственные мероприятия могут включать умеренное осушение с внесением удобрений.

Евтрофный тип местообитания (Е-0). Бонитировочный балл - 65. Длина хвой - $60\pm 0,6 \text{ мм}$, масса - $3,6\pm 0,16 \text{ г}$. Запасы в почве золы и кальция приближаются к пороговому уровню обеспеченности сосновых древостоев, азота и фосфора находятся выше пороговых показателей. Рекомендуется умеренная гидромелиорация.

Осушенные местообитания болотных сосняков.

Слабо осушенный мезотрофный+мезо-евтрофный тип (М-1+МЕ-1). Бонитировочный балл - 56. Длина хвой - $56\pm 0,5 \text{ мм}$, масса - $3,7\pm 0,08 \text{ г}$. Благоприятный режим влажности в течение всего теплого периода устанавливается в слое торфяника $0\text{-}10 \text{ см}$. Ресурсы элементов минерального питания в почве по сравнению с исходными местообитаниями повышаются, однако, не достигают пороговых уровней лесопригодности. Рекомендуется дополнительное регулирование водного режима и применение удобрений.

Слабо осушенный евтрофный тип (Е-1). Бонитировочный балл - 84. Длина хвой - $64\pm 0,5 \text{ мм}$, масса - $4,8\pm 0,09 \text{ г}$. Избыточная влажность корне-насыщенного слоя почвы ($>81,5\%$) отмечается в

Таблица 3 - Эколого-ценотическая характеристика местообитаний болотных сосняков южной тайги Западной Сибири и оценка их лесопригодности

Индексы местообита- ний	Эдафические условия			Доминирующий тип леса	V ²⁾ , м ³ /га	Класс возрас- та
	Трофотоп	Гидротоп ¹⁾				
		Категория	W, %			
1	2	3	4	5	6	7
O-0	Олиготрофный	Неосушенный УГВ = 18 см	50,4- 95,0	Кустарничково- сфагновый	0,7	III
OM-0+M-0	Олиго-мезотроф- ный + мезотроф- ный	Неосушенный УГВ = 14 см	62,2- 93,2	Осоково-сфагново- кустарничковый	1,2	III
ME-0	Мезо-евтрофный	Неосушенный УГВ = 9 см	74,0- 98,2	Осоково-кустарнич- ково-гипновый	1,8	II
E-0	Евтрофный	Неосушенный УГВ = 6 см	85,6- 90,9	Осоково-гипновый	2,6	II
M-1+ME-1	Мезотрофный + мезо-евтрофный	Слабо осушенный УГВ = 18-25 см	47,5- 91,5	Зеленомошно- осоковый	2,8	II
E-1	Евтрофный	Слабо осушенный УГВ = 18 см	55,3- 91,2	Осоково-вейни- ково-гипновый	3,5	II
ME-2	Мезо-евтрофный	Умеренно осушенный УГВ = 35 см	34,8- 93,8	Вейниково- зеленомошный	3,7	II
E-2	Евтрофный	Умеренно осушенный УГВ = 40 см	28,5- 81,8	Крапивный	3,9	II
M-3+M-4	Мезотрофный	Интенсивно осушенный УГВ = 60-90 см	6,7-68,2	Мятликово- крапивный	3,8	II

Окончание таблицы 3

Индексы местообитаний	Трофотоп	Биометрия хвой ³⁾		Оценочный балл	Класс бонитета	Лесохозяйственные мероприятия
		Длина, мм	Масса ⁴⁾ , г			
8	9	10	11	12	13	14
O-0	Олиготрофный	33±0,4	1,9±0,03	10	V-Vб	Условно лесопригоден, требуется коренная мелиорация
OM-0+M-0	Олиго-мезотрофный+мезотрофный	41±0,4	2,4±0,05	18	V-Va	Умеренное осушение с применением удобрений
ME-0	Мезо-евтрофный	40±0,5	2,4±0,06	21	V-Va	Умеренное осушение с применением удобрений
E-0	Евтрофный	60±0,6	3,6±0,16	65	III	Умеренная гидротехническая мелиорация
M-1+ME-1	Мезотрофный + мезо-евтрофный	56±0,5	3,7±0,08	43	III	Дополнительное регулирование водного режима+удобрение
E-1	Евтрофный	64±0,5	4,8±0,09	84	III-II	Дополнительное регулирование водного режима
ME-2	Мезо-евтрофный	74±0,6	5,2±0,22	77	II	Надзор за состоянием осушительной сети
E-2	Евтрофный	72±0,5	5,5±0,17	100	II-I	Надзор за состоянием осушительной сети
M-3+M-4	Мезотрофный	71±0,5	5,0±0,09	70	II-I	Двустороннее регулирование водного режима

Примечание: ¹⁾среднепогодные пределы колебаний уровня почвенно-грунтовых вод и объемной влажности торфа в корнеобитаемом слое (0-30 см) за вегетационный период, ²⁾ среднегодовой прирост древесины при полноте 0,7, ³⁾ средние показатели за 3-4 года наблюдений, ⁴⁾ абсолютно сухая.

Таблица 4 - Агрохимические показатели торфяных почв различных типов местообитания болотных сосняков

Типы местообитания	Индексы	S*, %	Запасы в слое 0-20 см, кг/га				
			Зола	N	P ₂ O ₅	CaO	MgO
Неосушенные типы местообитаний							
Олиготрофный	O-0	9,1	3995	823	37	270	97
Олиго-мезотрофный + мезотрофный	OM-0+M-0	17,1	8596	1796	136	560	198
Мезо-евтрофный	ME-0	23,1	12209	3706	406	850	281
Евтрофный	E-0	60,1	22737	5091	2372	4757	706
Слабо осушенные типы местообитаний							
Мезотрофный + мезо-евтрофный	M-1+ME-1	18,5	11674	3581	374	874	259
Евтрофный	E-1	79,2	30525	5960	3235	7960	410
Умеренно осушенные типы местообитаний							
Мезо-евтрофный	ME-2	20,5	12096	4032	403	826	346
Евтрофный	E-2	78,4	44998	10060	5680	10370	1770
Интенсивно осушенные типы местообитаний							
Мезотрофный	M-3+M-4	21,0	22768	6990	1317	1719	490

Примечание: *) степень насыщенности основаниями.

первой половине лета. Запасы элементов минерального питания в торфе соответствуют пороговому уровню обеспеченности сосновых насаждений. Рекомендуется дополнительное регулирование водного режима.

Мезо-евтрофный умеренно осушенный тип местообитания (МЕ-2). Бонитировочный балл – 77. Длина хвои – $74 \pm 0,6$ мм, масса – $5,2 \pm 0,22$ г. Благоприятная влажность в корнеобитаемом слое (0-20 см) устанавливается к августу. Торфяные почвы характеризуются относительно высокими запасами биогенных элементов, которые приближаются к пороговому уровню. Требуется надзор за состоянием осушительной сети.

Мезотрофный интенсивно осушенный тип местообитания (М-3+М-4). Бонитировочный балл – 70. Длина хвои – $71 \pm 0,5$ мм, масса – $5,0 \pm 0,09$ г. Влажность почвы в течение вегетации находится преимущественно ниже интервала оптимальной (38-75 %), опускаясь в отдельные периоды за пределы доступной влаги (<16,5 %). Запасы биогенных элементов в почве соответствуют порогу обеспеченности. Нуждается в двойном регулировании водного режима.

Евтрофный умеренно осушенный тип (Е-2). Принят за эталон бонитировочного стандарта местообитаний болотных сосняков южной тайги Западной Сибири. Бонитировочный балл – 100. Длина хвои – $72 \pm 0,5$ мм, масса – $5,5 \pm 0,17$ г. Влажность корнено насыщенного слоя находится в пределах оптимальной (28-82 %). Запасы в торфе элементов минерального питания соответствуют пороговому уровню обеспеченности болотных сосняков. Требуется надзор за состоянием осушительной сети.

ВЫВОДЫ

1. Впервые в условиях южнотаёжной подзоны Западной Сибири создана бонитировочная шкала местообитаний болотных сосняков, количественно характеризующая их гидролесомелиоративную значимость в свете задач устойчивого природопользования.

2. Обоснована возможность использования длины хвои для идентификации местообитаний болотных сосняков при решении вопроса о целесообразности их осушения. Для получения результата с уровнем вероятности > 95 % целесообразно в осенний период измерить длину не менее 100 пар случайных хвоинок в среднем образце, составленном из многолетней хвои побегов 3-ей верхушечной мутовки 10-ти деревьев в возрасте 30-40 лет.

3. Предложена линейная функция связи среднегодового прироста древесины и длины хвои, которая может применяться для оценки эффективности осушения болотных сосняков с лесохозяйственных позиций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Вайчис, М. Шкала оценки плодородия лесных почв и производительности насаждений / М. Вайчис, А.

- Руткаускас. – Каунас: ЛитНИИЛХ, 1973. – 8 с.
- Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
- Ефремов, С.П. Естественное залесение осушенных болот лесной зоны Западной Сибири / С.П. Ефремов. – М.: Наука, 1972. – 155 с.
- Ефремова, Т.Т. Гумусное состояние почв болотных сосняков Западной Сибири / Т.Т. Ефремова // Почвы сосновых лесов Сибири. – Красноярск, 1986. – С.33-46.
- Ефремова, Т.Т. Связь производительности болотных сосняков Западной Сибири с почвенными условиями / Т.Т. Ефремова, С.П. Ефремов, В.П. Черкашин // Лесоведение. – 1995. – № 2. – С. 50-59.
- Ефремова, Т.Т. Трофическая оценка лесоводственной продуктивности торфяных почв Западной Сибири / Т.Т. Ефремова, С.П. Ефремов, В.П. Черкашин // Сибирский биологический журнал. – 1993. – № 6. – С. 41-48.
- Ефремова, Т.Т., Оценка плодородия лесных торфяных почв Западной Сибири методами растительной диагностики / Т.Т. Ефремова [и др.] // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 879-887.
- Ефремова, Т.Т. Опыт применения методов многомерного статистического анализа для группировки типов условий произрастания болотных сосняков Западной Сибири / Т.Т. Ефремова [и др.] // Лесоведение. – 2002. – №2. – С. 53-62.
- Згуровская, Л.Н. Исследование хвои сосны и кедра на болотах разных типов / Л.Н. Згуровская // Ботанический журнал. – 1965. – Том 50. – № 2. – С. 234-237.
- Константинов В.К. Современное состояние гидролесомелиорации: актуальные практические и научные задачи / В.К. Константинов, Н.А. Красильников, С.В. Хитрин // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования. – М.: Геос, 1999. – С. 261-264.
- Корчагина, М.П. Морфометрическая характеристика хвои сосны обыкновенной на осушенных торфяных почвах / М.П. Корчагина // Изменение лесоболотных биогеоценозов под влиянием осушения. – Петрозаводск, 1986. – С. 62-82.
- Мелентьева, Н.В. Почвы осушенных лесных болот / Н.В. Мелентьева. – Новосибирск: Наука, 1980. – 128 с.
- Орлов, А.Я. Почвенная экология сосны / А.Я. Орлов, С.П. Кошельков. – М.: Наука, 1971. – 324 с.
- Поргасаар, В.И. Диагностика минерального питания сосны обыкновенной / В.И. Поргасаар // Агрохимия. – 1977. – № 5. – С. 120-127.
- Прокушкин, С.Г. Минеральное питание сосны / С.Г. Прокушкин. – Новосибирск: Наука, 1982. – 190 с.
- Чекотовский, Э.В. Графический анализ статистических данных в Microsoft Excel 2000 / Э.В. Чекотовский. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 464 с.
- Amponsach, I.G. Effects of repeated fertilization on needle longevity, foliar nutrition, effective leaf area index, and growth characteristics of lodgepole pine in interior British Columbia, Canada / I.G. Amponsach, P.G. Comeau, R.P. Brockley, V.J. Lieffers // Can. J. For. Res. – 2005. – V. 35. – № 2. – P. 440-451.
- Ohlson, M. Growth and nutrient characteristics in bog and fen populations of Scots pine (*Pinus sylvestris*) / M. Ohlson // Plant and Soil. – 1995. – V. 172. – № 2. – P. 235-245.
- Wheeler, B.D. Phytometric assessment of the fertility of undrained rich-fen soils / B.D. Wheeler, S.C. Shaw, R.E.D. Cook // J. Appl. Ecol. – 1992. – № 2. – P. 466-475.
- Yang, R.C. Foliage and shoot growth responses of semimature lodgepole pine to thinning and fertilization / R.C.

Yang // Can. J. For. Res. – 1998. – V. 28. – № 12. – P. 1794-1804.
Youngblood, A. Changes needle morphology of shade tole-

rant seedlings after partial overstory canopy removal / A. Youngblood, D.E. Ferguson // Can. J. For. Res. – 2003. – V. 33. – № 7. – P. 1315-1322.

Поступила в редакцию 22 февраля 2008 г.
Принята к печати 27 августа 2008 г.