

Биологическая продуктивность и углеродный пул фитомассы лесных болот Западной Сибири

С. П. ЕФРЕМОВ, Т. Т. ЕФРЕМОВА, В. БЛОЙТЕН*

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, Россия*

**Утрехтский университет
3508 Утрехт, Нидерланды*

АННОТАЦИЯ

Приводятся и обсуждаются данные по фракционной структуре фитомассы лесных болот Западной Сибири в связи с аккумуляцией органического углерода. Предложены два взаимодополняющих варианта расчета запасов фитомассы и углерода, основанные на материалах государственного учета лесного фонда административных территорий и прямых стационарных экспериментов в различных экосистемах лесных болот южно-таежной подзоны. Впервые представлены материалы по биологической продуктивности обширной группы болотных березняков, господствующей наравне с формацией сосняков в системе лесоболотных комплексов региона. Сделан вывод о том, что дифференцированная оценка захвата и удержания органического углерода фитомассой лесных болот значительно расширяет современные представления о депонирующей роли гидроморфных экосистем Западно-Сибирской равнины и их участии в биологическом круговороте вещества и энергии.

Биологическая продуктивность и углеродный пул фитомассы лесных болот Западной Сибири изучены еще крайне слабо. В значительной степени это объясняется их сложной структурной организацией и многообразием функциональной соподчиненности составляющих компонентов, недостаточной освоенностью и труднодоступностью наиболее репрезентативных районов исследований из-за отсутствия надежной сети транспортных коммуникаций. Существует проблема целевого выделения лесных болот из состава площадей лесного фонда и собственно лесопокрываемых территорий. Это прежде всего связано с отсутствием объективных стандартов и государственного заказа на дифференциацию лесов Западной Сибири по признакам экологической приуроченности в соответствии с условиями эдафотопов. Недостаточно подробно разработаны типология и классификация

лесных болот, а критерии проведения их целевого районирования в границах Западно-Сибирской равнины по признакам продуктивности практически отсутствуют.

О продукционном потенциале этой категории болот в настоящее время можно судить лишь на уровне экспертной оценки или по косвенным признакам, главнейшим из которых является распределение площади лесов по классам бонитета. В первую очередь такой подход справедлив по отношению к лесным болотам северо- и среднетаежной подзон, для которых реальные экспериментальные материалы по выявлению продуктивности пока отсутствуют. По официальной государственной статистике [1, 2], лесные болота вообще не выделяются в качестве самостоятельных природных объектов, подлежащих отдельному учету. Можно лишь “догадываться”, что в таежной зоне Запад-

ной Сибири древостои с низкой производительностью стволовой древесины (IV–V–Va классы бонитета и ниже) территориально и экологически отражают их дислокацию преимущественно в гидро- и полугидроморфных условиях местопроизрастания. А значительные территории болот в Западной Сибири заняты настолько низкопродуктивными по стволовой древесине лесами, что не поддаются бонитировке и в силу этого официально не могут быть включены в состав лесопокрываемых территорий, хотя по структуре и функциональной значимости диагностируют те или иные лесные стадии развития болот. Сюда относятся различные вариации олиго- и олигомезотрофных низкорослых, но достаточно густых сосняков (рямов), мезотрофных березняков с групповым и куртинным размещением стволов, других типов монопородных и смешанных древостоев.

Лесные болота региона развиваются под контролирующим воздействием зонально-климатических и почвенно-гидрологических факторов, которые подвержены широтной и меридиональной изменчивости в силу географической масштабности территории Западно-Сибирской равнины. Вследствие этого наблюдается адекватное разнообразие гидро- и полугидроморфных биотопов. Причем разнообразие осложняется внутренней экологической гетерогенностью биотопов. На этом фоне неизбежно формируются мозаичность и комплексность растительного покрова лесных болот. Его характерной территориальной особенностью являются неравнозначные проявления продукционного процесса по величинам годичного прироста фитомассы, ее частичного разложения и включения в состав торфяных залежей.

При оценке продукционной «емкости» лесоболотных биотопов всегда приходится иметь в виду, что их динамическое состояние и стабильность определяются уровнем наложения на болото- и торфообразовательный процессы лесообразовательного (и наоборот), их взаимосочетаемостью и в итоге – результативностью взаимоотношений леса и болота. В зависимости от локальных условий водно-минерального питания темпы, продолжительность торфонакопления и, главное, качество (ботанический состав) откладываемых фитоценозами торфов определяются тем,

какой тип растительности (лесной или собственно болотный) доминирует на том или ином этапе развития болота или устанавливается их паритетное участие в продукционном процессе конкретной экосистемы. В настоящее время отсутствуют обобщающие сводки и единые методические подходы к оценке вклада лесной компоненты в баланс продукции органического вещества и углерода болот основных избыточно увлажненных регионов России [3–7 и др.].

По последнему учету лесного фонда России (на 1 января 1998 г.) в Западно-Сибирском регионе (без приенисейской части Красноярского края), общая лесистость территории составляет 37,3 %, а по административным областям, где сосредоточены основные равнинные массивы болот и заболоченных лесов, она выглядит следующим образом, %: Омская область – 31,7, Кемеровская – 58,7, Новосибирская – 26,1, Томская – 59,4, Тюменская – 40,7, Ханты-Мансийский автономный округ – 52,0, Ямало-Ненецкий автономный округ – 21,1. Если в первых двух областях и частично в Новосибирской области снижение лесистости связано с естественным безлесием больших остепненных пространств, то на остальных территориях Западно-Сибирской равнины этот показатель в значительной степени определяется господством открытых болот и болотных редколесий, включая тундровые и предтундровые экосистемы с оторфованными почвами.

В пределах приведенной лесистости низкопродуктивные хвойные и лиственные леса IV–V–Va классов бонитета и ниже с полнотой от 0,7 до 0,3 занимают следующие площади, тыс. га: Омская область – 782,1; Кемеровская – 947,7; Новосибирская – 1072,2; Томская – 8341,2; Тюменская – 1604,9; Ханты-Мансийский автономный округ – 23 085,2; Ямало-Ненецкий – 14 544,7, т.е. в общей сложности 50 378 тыс. га. Совершенно очевидно, что в указанных цифрах абсолютно доминирующими являются площади лесных гидроморфных экосистем, которых не меньше 42–43 млн га. Если же принять во внимание, что некоторые типы древостоев V–Va классов бонитета и ниже имеют полноту выше 0,7 (вплоть до 1,0 – например, рослые рямы, а также болотные леса послепожарного происхождения и пройденные поверхностным

огнем без прогорания торфяных залежей), то площадь лесных болот должна возрасти не менее чем на 1,5–1,8 млн га.

Общая площадь лесных болот в составе земель государственного лесного фонда Западной Сибири (без левобережной части Красноярского края) приближается к 46 млн га. Кстати, по состоянию на 1988 г. [1] ориентировочная площадь гидролесомелиоративного фонда Западной Сибири, перспективная к первоочередному освоению по составу и возрастной структуре заболоченных древостоев, оценена почти в 18 млн га. В эту категорию попали избыточно увлажненные леса преимущественно южно-таежной и частично юга среднетаежной подзон. К неперспективным для осушительной мелиорации отнесены высоковозрастные древостои и леса на олиготрофных болотах, преобладающие в составе заторфованных земель региона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из занимаемых площадей и общих запасов стволовой древесины, характеризующих леса V–Va и частично IV классов бонитета равнинной части Западной Сибири в пределах указанных выше административных территорий, лесные болота таежной зоны могут быть представлены следующими ориентировочными показателями (табл. 1) по доминирующим в составе древостоев породам [2].

Отсутствие в данной таблице осины и пихты объясняется тем, что на болотах Западной Сибири они не образуют самостоятельных древостоев в силу высокой требовательности к качеству почв и режиму их дре-

нированности. Но в ряде биотопов евтрофного типа водно-минерального питания они нередко отмечаются в качестве заметной примеси, а в интенсивно проточных условиях прирусловых согр участие пихты даже на глубоких торфяных залежах доходит до двух-трех единиц состава древостоев.

Отличительной особенностью хвойных формаций гидроморфных условий произрастания являются абсолютная разновозрастность древостоев и пространственная вариабельность дифференциации лесного полога на подъярусы. В наибольшей степени это присуще болотным соснякам олиготрофного и олигомезотрофного рядов развития, а также притеррасным, прирусловым и внутриболотным кедровым сограм. Березнякам в большей мере свойственна относительная разновозрастность и одноярусность. Поэтому в дальнейших расчетах фитомассы лесных болот мы будем соотносить обсуждаемые результаты со спелыми, приспевающими и перестойными типами древостоев, наиболее характерными для избыточно увлажненных территорий Западно-Сибирской равнины.

Методика расчета живой фитомассы в экосистемах лесов и болот по принципиальным позициям уже изложена в работах с нашим участием [8–14]. Суть ее заключается в том, что перевод показателей объема стволовой древесины в массу осуществляется через ее плотность [15], а другие фракции (кора, скелетные и мелкие ветви крон, хвоя, листья и корни) рассчитаны с помощью конверсионных коэффициентов, характеризующих взаимосвязи и пропорциональные соотношения этих фракций с массой ствола по грациям возраста, полноты насаждений и условий произрастания [16, 17].

Т а б л и ц а 1

Формационная структура лесных болот Западной Сибири

Преобладающая порода	Площадь, тыс. га		Запас древесины в коре, млн м ³	
	всего	лесных болот	всего	лесных болот
Сосна	27606	19495	2700	1417
Ель	5281	1263	556	208
Лиственница	6025	4578	492	288
Кедр	10 887	7667	1842	1070
Береза	16 917	12 472	2014	1093
Всего	66 716	45 475	7704	4076

Т а б л и ц а 2

Показатели плотности древесины и коры основных лесообразователей в гидроморфных экосистемах Западной Сибири

Порода	Плотность, т/м ³	
	древесины ствола	коры
Сосна	0,455–0,488	0,375–0,390
Ель	0,390–0,405	0,315–0,330
Лиственница	0,580–0,590	0,385–0,392
Кедр	0,470–0,520	0,333–0,350
Береза	0,527–0,570	0,780–0,790

Наиболее значимыми и вариабельными являются показатели плотности заболонной и ядровой древесины ствола, которые, во-первых, различаются между собой и, во-вторых, неодинаковы у деревьев на болотах многообразных типов водно-минерального питания [18–23]. Так, изменчивость плотности абсолютно сухой древесины болотных условий произрастания находится, по нашим данным, в пределах, кг/м³: у сосны обыкновенной – 450–505, кедра сибирского – 462–620, березы пушистой – 525–586. Древесина скелетных корней прочнее стволовой, поэтому показатели плотности у первой на 8–12 % выше. По типам условий произрастания наблюдается незначительное возрастание плотности древесины от евтрофных к олиготрофным болотам, что связано с маломерностью и толстостенностью клеток как ранней, так и поздней части годовых колец в худших эдафических условиях.

Для перевода объема стволовой древесины в коре в весовые показатели приняты следующие диапазоны изменчивости плотности древесины и коры основных лесообразователей для экосистем лесных болот север-

ной, средней и южной тайги Западной Сибири (табл. 2). При этом значения конверсионных коэффициентов массы коры находятся в интервалах: для приспевающих, спелых и перестойных древостоев сосны – 0,08–0,15; ели – 0,09–0,12; лиственницы – 0,16–0,26; кедра – 0,09–0,19; березы – 0,07–0,15.

С учетом изложенных особенностей, общая надземная фитомасса древесного яруса лесных болот региона с поправками на плотность коры для каждой породы выглядит следующим образом (табл. 3).

Наибольшую сложность для обобщенных расчетов представляют запасы живых корней, ветвей кроны и хвое-листового аппарата. Эти фракции в условиях болот подвержены существенной изменчивости не только в зависимости от густоты и возраста древостоев, но и в связи с проявлением эффекта их преждевременного биологического старения, свойственного лесам с постоянным избыточным увлажнением корнеобитаемого слоя почвы. Суть данного явления заключается в том, что древостои в заболоченных условиях раньше, чем в суходольных, начинают снижать, а затем практически прекра-

Т а б л и ц а 3

Стволовая фитомасса болотных лесов Западной Сибири

Порода	Фитомасса					
	стволовой древесины		коры		всего	
	млн м ³	млн т	млн м ³	млн т	млн м ³	млн т
Сосна	1290	622	127	48	1417	670
Ель	185	72	23	7	208	79
Лиственница	225	132	63	24	288	156
Кедр	877	430	193	66	1070	496
Береза	951	523	142	111	1093	634
Всего	3528	1779	548	256	4076	2035

Т а б л и ц а 4

**Амплитуда конверсионных коэффициентов древесных пород
в избыточно увлажненных условиях произрастания**

Порода	Пределы колебаний конверсионных коэффициентов		
	для массы корней	для массы скелета крон	для зеленой фитомассы крон
Сосна	0,16–0,22	0,10–0,20	0,026–0,030
Ель	0,20–0,46	0,22–0,35	0,022–0,025
Лиственница	0,30–0,36	0,10–0,15	0,014–0,020
Кедр	0,22–0,28	0,28–0,33	0,038–0,042
Береза	0,23–0,32	0,14–0,20	0,015–0,020

щают рост в высоту. Вследствие этого кроны деревьев становятся ажурными по облиственности и охвоению, слабо суковатыми, многовершинными, что приводит к значительной вариабельности соотношений массы ствола и элементов кроны. То же самое относится к корневым системам.

Применение конверсионных коэффициентов массы корней, скелета крон и их фитомассы не может дать абсолютной точности в расчетах по лесным болотам, для которых экспериментальные материалы в надлежащем объеме пока отсутствуют. Тем не менее ориентировочные представления могут быть получены и для заболоченных лесов на основе распространения закономерностей, выявленных для сухоходных типов древостоев с некоторыми логическими поправками на специфику строения первых. В табл. 4 приводятся диапазоны колебаний конверсионных коэффициентов массы корней, скелета крон и их фитомассы для приспевающих, спелых и перестойных избыточно увлажненных лесов северной, средней и южной подзон тайги Западной Сибири.

Последовательные расчеты абсолютно сухой фитомассы корней, скелетной части

крон и зеленой фитомассы крон, основанные на данных табл. 3 и соответствующих конверсионных коэффициентах табл. 4, показали следующее обобщенное распределение важнейших фракций заболоченных древостоев (табл. 5).

Современный совокупный запас фитомассы древесного яруса лесных болот Западной Сибири и удержание органического углерода ориентировочно охарактеризованы данными табл. 6. Видно, что основной вклад в углеродный пул вносят три породы – сосна, кедр и береза.

Использованный подход к определению живой фитомассы, в значительной степени основанный не на прямых экспериментальных материалах, а на косвенных закономерностях строения древостоев и формирования их фитомассы, не исчерпывает всей полноты методических возможностей изучения фракционной структуры и депонирующей способности лесных болот. Недостатком использованного метода является вероятность как снижения, так и завышения точности определений, неизбежно наступающей вследствие тотальных обобщений при малых выборках реально измеряемых признаков и со-

Т а б л и ц а 5

Распределение по породам нестволовых фракций болотных древостоев

Порода	Фитомасса фракций, млн т		
	Корни	Скелет крон	зеленая фитомасса крон
Сосна	235	134	22
Ель	32	28	3
Лиственница	55	20	6
Кедр	129	159	20
Береза	209	140	29
Всего	660	481	80

Фракционные запасы фитомассы и углерода в болотных древостоях Западной Сибири, млн т

Порода	Фитомасса древостоев						С
	В том числе по фракциям						
	Всего	Стволовая древесина	Кора	Скелет крон	Корни	Зеленая фитомасса	
Сосна	1061	622	48	134	235	22	530
Ель	142	72	7	28	32	3	71
Лиственница	237	132	24	20	55	6	118
Кедр	804	430	66	159	129	20	402
Береза	1012	523	111	140	209	29	506
Всего	3256	1779	256	481	660	80	1627

отношений между ними. Кроме того, накопленные к настоящему времени фактические сведения о биологической продуктивности лесных болот Западной Сибири не охватывают всего их разнообразия ни в типологическом, ни в территориальном аспектах, что затрудняет сравнительную оценку в сопоставимых масштабах ни первого (расчетного), ни второго (экспериментального) методов. Тем не менее мы попытались проанализировать собственные и опубликованные другими исследователями экспериментальные материалы, касающиеся лесных и нелесных болот региона [24–42]. Следует, однако, заметить, что большинство из указанных авторов касаются главным образом первичной продуктивности лишь некоторых типов болотных экосистем, не характеризуя при этом общие запасы живой фитомассы древесного и сопутствующих ему подкрановых ярусов растительности для исследуемых категорий древостоев. Мы сочли возможным расчетно-экспериментальным путем восполнить недостающие показатели (табл. 7). Конечно, эти данные, полученные нами в период 1976–1998 гг., вряд ли можно экстраполировать на всю площадь лесных болот Западной Сибири (см. табл. 1) в соответствии с доминирующим присутствием в древостоях той или иной породы. Скорее всего, речь должна идти о тенденциях в накоплении фитомассы и депонировании органического углерода, свойственных различным типам лесных болот. Поскольку приведенные результаты прямого эксперимента на объектах характеризуют представительство базовых, наиболее распространенных лесоболотных экосистем южно-

таежной подзоны, то в отношении аналогичных экосистем средне- и северотаежной подзоны мы вправе использовать только принцип экспертной оценки их биологической продуктивности ввиду отсутствия фактического опытного материала.

Н. И. Базилевич считает [24–26, 39], что для облесенных сфагновых болот северо-, средне- и южно-таежной подзоны Западной Сибири общий запас живой фитомассы не может превышать соответственно 10–15, 20 и 40–50 т/га. Как видно из табл. 7, для любых лесных болот южно-таежной подзоны указанный Н. И. Базилевич предел значительно перекрывается. Это же характерно и для лесных болот северных широт региона. То есть указанные Н. И. Базилевич цифры отражают частные случаи в отношении пространственных и структурных вариаций запасов фитомассы олиготрофных сосняков, находящихся в ранге низких или островных средних рямов [43].

Другие типы болотных древостоев с иным составом лесообразующих пород неизбежно будут характеризоваться и в северных широтах более широким диапазоном продукционного потенциала в зависимости от конкретных условий произрастания, возраста и густоты древесного яруса. Например, формация кедровых лесов в условиях почвенного гидроморфизма севера, будучи приуроченной к мезотрофному и мезоевтрофному типам водно-минерального питания, отличается достаточно большими запасами стволовой древесины и хорошо развитыми кронами деревьев [44, 45]. Ориентировочные расчеты показали, что с учетом напочвенного расти-

**Фактические запасы живой фитомассы и углерода в различных типах лесных болот
южно-таежной подзоны Западной Сибири, т/га**

Общий запас живой над- и подземной фитомассы					С
Деревья	Кустарники и кустарнички	Травы	Мхи и лишайники	Всего	
1	2	3	4	5	6
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагново-пушицевый (низкий рям), средний возраст 116 лет, полнота 0,23					
33,9	4,7	2,4	7,7	48,7	24,3
Олиготрофный сосняк сфагново-пушицево-осоковый (низкий рям), средний возраст 107 лет, полнота 0,21					
22,7	2,2	4,8	7,0	36,7	18,3
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагново-осоковый (низкий рям), средний возраст 101 год, полнота 0,25					
29,6	3,6	4,5	6,7	44,4	22,2
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагново-брусничный (средний рям), средний возраст 122 года, полнота 0,48					
71,4	5,1	2,3	7,4	86,2	43,0
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагновый (средний рям), средний возраст 112 лет, полнота 0,43					
62,1	5,3	3,6	6,8	77,9	38,9
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагновый (рослый рям), средний возраст 128 лет, полнота 0,45					
87,7	2,8	1,6	4,7	96,8	48,3
Олиготрофный сосняк чернично-кустарничково-сфагновый (рослый рям), средний возраст 144 года, полнота 0,41					
79,3	3,2	2,0	5,2	89,7	44,8
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагново-брусничный (рослый рям – первая послепожарная генерация древостоя), средний возраст 166 лет, полнота 0,68					
173,4	3,7	1,1	8,4	186,6	93,3
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагново-черничный (рослый рям на склоне выпуклого торфяника – первая послепожарная генерация древостоя), средний возраст 172 года, полнота 0,72					
198,8	4,4	0,8	7,8	211,8	105,7
Олигомезотрофный сосняк осоково-сфагново-черничный на вершине слабовыпуклого торфяника (рослый рям – первая послепожарная генерация древостоя), средний возраст 162 года, полнота 0,67					
181,6	2,7	2,6	6,4	193,3	96,6
Мезотрофный сосняк осоково-кустарничково-сфагновый с примесью березы, средний возраст 159 лет, полнота 0,70					
192,0	4,6	4,9	7,1	208,6	104,3
Мезотрофный сосняк осоково-сфагновый с примесью березы, средний возраст 147 лет, полнота 0,60					
122,5	1,7	5,6	8,8	138,6	69,3
Мезотрофный сосняк осоково-вахтово-сфагновый с примесью березы и кедра, средний возраст 168 лет, полнота 0,68					
157,7	2,2	7,8	7,1	174,8	87,4
Евтрофный сосняк осоково-разнотравный с примесью березы, кедра и лиственницы, средний возраст 134 года, полнота 0,88					
193,3	1,7	8,6	3,3	206,9	103,4
Евтрофный сосняк осоково-зеленомошный с примесью березы (притеррасный участок согра), средний возраст 159 лет, полнота 0,94					
212,9	1,8	3,3	3,8	221,8	110,9
Евтрофный ельник осоково-хвоцево-зеленомошный с примесью березы, кедра и лиственницы, средний возраст 188 лет, полнота 0,58					
210,7	3,1	8,8	2,7	225,3	112,6
Евтрофный кедровник травяно-болотный кочкарный с примесью ели, лиственницы и березы (прирусловая согра), средний возраст 216 лет, полнота 0,73					
376,6	3,7	9,4	2,1	391,8	195,8
Евтрофный кедровник травяно-зеленомошный с примесью ели, лиственницы и березы (прирусловая согра), средний возраст 228 лет, полнота 0,68					
319,3	2,4	7,6	4,2	333,5	166,7
Евтрофный кедровник осоково-зеленомошный с примесью ели, лиственницы, пихты и березы (прирусловая согра), средний возраст 242 года, полнота 0,92					
384,7	2,1	4,2	4,4	395,4	197,7
Мезоевтрофный кедровник осоково-сфагновый (внутриболотная согра), средний возраст 205 лет, полнота 0,80					
277,9	2,9	5,7	6,0	292,5	146,2

1	2	3	4	5	6
	Мезоевтрофный кедровник осоково-сфагново-черничный с примесью сосны и березы, средний возраст 198 лет, полнота 0,71				
262,2	1,8	4,9	6,9	275,8	137,8
	Мезотрофный кедровник осоково-сфагново-кустарничковый с примесью сосны и березы, средний возраст 187 лет, полнота 0,68				
191,2	2,8	3,9	5,9	203,8	101,8
	Евтрофный лиственничник разнотравно-зеленомошный с примесью кедра, сосны и березы на притеррасном заторфованном участке, средний возраст 214 лет, полнота 0,61				
377,7	3,4	4,7	4,6	390,4	195,2
	Евтрофный березняк вейниково-тростниковый, средний возраст 96 лет, полнота 0,66				
174,4	0,6	12,9	0,3	188,2	94,0
	Евтрофный березняк вейниковый, средний возраст 92 года, полнота 0,67				
192,2	0,2	11,4	0,1	203,9	101,9
	Евтрофный березняк крапивно-лабазниковый, средний возраст 84 года, полнота 0,70				
180,8	0,7	13,0	0,1	194,6	97,3
	Евтрофный березняк крапивно-осоково-лабазниковый, средний возраст 83 года, полнота 0,62				
166,7	0,3	10,4	0,1	177,5	88,7
	Евтрофный березняк осоково-вейниковый с примесью сосны, средний возраст 80 лет, полнота 0,68				
182,2	1,7	7,7	1,2	193,8	96,9
	Евтрофный березняк вейниково-крапивный, средний возраст 76 лет, полнота 0,71				
188,6	0,4	11,9	0,1	201,0	100,5
	Евтрофный березняк осоково-вахтовый кочкарный, средний возраст 81 год, полнота 0,84				
210,3	0,6	9,7	1,1	221,7	110,8
	Евтрофный березняк осоково-гипновый с примесью сосны и кедра, средний возраст 72 года, полнота 0,77				
199,4	1,1	4,8	2,7	208,0	104,0
	Мезоевтрофный березняк осоково-сфагново-кустарничковый с примесью сосны, средний возраст 68 лет, полнота 0,61				
157,9	3,3	3,7	4,8	169,7	84,8
	Мезотрофный березняк осоково-сфагновый с примесью сосны, средний возраст 66 лет, полнота 0,48				
121,2	2,0	2,8	5,0	131,0	65,5

П р и м е ч а н и е. Расчеты выполнены на абсолютно сухое органическое вещество.

тельного покрова общая фитомасса в заболоченных кедровниках средне- и северотаежной подзон может варьировать соответственно, в пределах 127–176 и 96–154 т/га. Типичные для этих подзон спелые березняки травяной и травяно-сфагновой групп в зависимости от густоты (полноты) древостоев накапливают суммарную фитомассу всех ярусов растительности в пределах 88–157 т/га (среднетаежная подзона) и 72–133 т/га (северотаежная подзона).

Таким образом, относительно стабильное удержание органической фитомассы и углерода нормально развитыми, т. е. коренными (климаксовыми), лесными формациями болот отнюдь не ограничивается их минимальными пределами, якобы свойственными заторфованным и гидроморфным территориям Западной Сибири во всех ее климатических подзонах. Лесные болота обладают важными ин-

дикаторными показателями биоклиматического потенциала этих территорий, который достаточно эффективно реализуется через величины биопродукции в соответствии с пространственно-временной динамикой растительности и эдафотопов, обычно проявляющейся в темпах торфонакопления и депонирования углерода.

Надо полагать, что данные табл. 6, основанные на пересчете фитомассы лесных болот через «официальные» запасы стволовой древесины, содержащиеся в сводках по лесному фонду России, не в полной мере отражают реальную ситуацию. По нашему мнению, эти показатели занижены. Они должны быть рассчитаны по пропорциональному представительству минимальных, средних и максимальных величин, характеризующих подзональную дифференциацию структуры древостоев по запасам биомассы и удержа-

нию органического углерода. Такая дифференциация в Государственном реестре лесов России отсутствует. Рассмотрим это на примере фитомассы болотных березняков.

Если принять за базовые величины только минимальные показатели совокупной фитомассы древесного яруса в болотных березняках (для северотаежной подзоны – 60–70 т/га; среднетаежной – 75–85 т/га; южнотаежной – 90–110 т/га), то при общей площади этой формации на заболоченных землях Западной Сибири почти в 12,5 млн га запас абсолютно сухой фитомассы составит не менее 1,13 млрд т, в отличие от 1,29 млрд т по данным табл. 6, т.е. разница около 11,5 %. Совершенно очевидно, что при подобных расчетах должен быть принят во внимание весь диапазон биопродукционной «емкости» болотных березняков в пропорциональном представительстве основных эдафотопов подзональных разграничений территории. Если использовать для расчетов средние величины аккумуляции органического вещества древесным ярусом болотных березняков по северо-, средне- и южно-таежной подзонам, которые явно превышают минимальные, то недоучет суммарной продукции, отраженной в табл. 6, приблизится к 40 %.

Аналогичная тенденция прослеживается в отношении других лесных формаций, особенно заболоченных сосняков, амплитуда продукционной «емкости» которых наиболее широкая в силу адаптационной пластичности лесообразующей породы (см. табл. 7). В южно-таежной подзоне Западной Сибири болотные сосняки в зависимости от экологической приуроченности накапливают фитомассу в древесном ярусе от 23–34 т/га (низкие рямы олиготрофного ряда) до 220 т/га и выше в евтрофном типе водно-минерального питания. Темнохвойные лесные болота со сложным породным составом и разновозрастной структурой древостоев характеризуются в этой подзоне исключительно высокой продукционной емкостью – от 190–200 до 390–400 т/га абсолютно сухой фитомассы в древесном ярусе. Это, как правило, серии гидроморфных биотопов евтрофного ряда водно-минерального питания – урманы, тесаны, юдалы, согры, келеки [46] и другие пространственно-генетические подразделения лесных болот разного породного состава и

стадий развития, дислоцирующихся не только на мощных и среднемощных торфяных залежах, но и на слабоотторфованных и минеральных болотах.

Конечно, по мере продвижения с юга на север показатели депонированной в древесном ярусе болот фитомассы снижаются в силу климатической обусловленности. Основываясь на реально установленной «урожайности» ствольной (надземной) древесины в заболоченных лесах северо- и среднетаежной подзон и экстраполируя с логическими поправками на северные широты экспериментальные закономерности распределения общей фитомассы, полученные для болотных древостоев южно-таежной подзоны, принимаем следующие средние величины, т/га: в северотаежной подзоне суммарная биомасса древесного яруса сосняков составляет 50–65, в среднетаежной – 78–125; в северотаежных кедровых лесах – 88–150, в среднетаежных – 120–168. Точность таких экспертных оценок, вероятно, невысока из-за приблизительной величины реального вклада в фитомассу древесного яруса запасов скелетных корней, доля которых хотя и должна возрастать по мере продвижения с юга на север, но в полном диапазоне нам пока неизвестна.

Несмотря на то что в структуре фитомассы лесных болот доминирующее значение чаще всего имеет древесный ярус (совокупно надземная и подземная части), нельзя игнорировать участие других компонентов растительного покрова [47, 48]. Судя по табл. 7, они составляют 4–15 % и больше в зависимости от типа, породного состава древостоя, условий его водно-минерального питания, видового разнообразия и урожайности нижних ярусов растительности. Именно последние преобладают в годичном приросте фитомассы в силу специфического круговорота нарастающей и отмирающей компоненты растительного покрова. В древостое фитомасса стволов, ветвей, корней, коры аккумулирует на какое-то время годичные приросты. Лишь часть первичной продукции в виде опада, отпада и отмирающих сосущих корней регулярно возвращается в малый (биологический) круговорот, тогда как годичная продукция нижних ярусов растительного покрова в своей преобладающей

части непрерывно, из года в год возвращается в почву, включаясь в состав мортмассы (торфа).

Экспериментальные (стационарные) данные по учету годичной продукции основных типов лесных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири приведены в табл. 8. Они существенно дополняют и расширяют представления о продукционной “емкости” лесных болот, ранее установленные для этой широтной полосы другими исследователями [27–30, 34–38, 40]. В целом эти и полученные нами результаты (см. табл. 7, 8) по хвойным формациям лесных болот в смысле тенденций согласуются между собою, особенно по олиготрофным соснякам и в какой-то степени по евтрофным кедровникам. По формациям болотных ельников, лиственничников и березняков материалы представлены и обсуждаются впервые для Западно-Сибирского региона.

Совершенно очевидно, что по общей и годичной продуктивности лесные болота в системе гидроморфных комплексов занимают особое место в силу совмещения в них болото- и лесообразовательного процессов. Значимость древесного яруса и сопутствующих элементов растительности в круговороте органического вещества и углерода возрастает на богатом эдафическом фоне по мере увеличения густоты и таксационных показателей древостоев по сравнению с ограниченными питательными ресурсами, разреженностью лесного полога и маломерностью деревьев в условиях олиготрофных болот. Здесь представительство собственно лесных компонентов подавляется господством гигрофитов, в пользу которых складывается весь ряд основных экологических факторов. Это хорошо заметно при сравнении низких и средних рямов. В первых соотношении годичных приростов древесного яруса и всех остальных не выходит за пределы 1 : 2, тогда как в средних рямах оно либо выравнивается, либо складывается в пользу древесного яруса. Уже в рослых рямах превалирующая роль древостоев в годичной первичной продукции становится абсолютно очевидной.

Таким образом, отличительным тест-признаком лесного от нелесного болота с продукционной точки зрения следует считать показатель соотношения прирастаемой фи-

томассы древесно-мезофитной и гигрофитной специализации. Когда это соотношение сбалансировано (1 : 1), можно считать, что состояние экосистемы “неопределенное”, ее развитие вероятно как по болотному, так и по лесному вектору. Напротив, преобладание в приросте лесной (древесно-мезофитной) компоненты свидетельствует о своеобразной подчиненности доли гигрофитной растительности и достижении экосистемы лесной стадии развития. При этом процесс торфонакопления не приостанавливается, поскольку условия почвенного гидроморфизма продолжают действовать. Изменяется лишь качественный состав торфообразователей.

Анализ табл. 7 и 8 показывает, что во вполне зрелом биологическом возрасте болотные древостои по запасу фитомассы и органического углерода существенно различаются в зависимости от варьирования условий водно-минерального питания, своей формационной принадлежности, количества и размерности стволов, входящих в состав насаждений. В целом запасы фитомассы и углерода закономерно возрастают с увеличением полноты древостоев от олиготрофных к евтрофным условиям с промежуточными величинами в мезотрофном типе водно-минерального питания.

В объеме результатов, полученных для 30 пробных площадей южно-таежной подзоны Западной Сибири (см. табл. 7), мы имеем в обобщенном виде следующий возрастающий ряд запасов органического вещества, аккумулированного компонентами растительного покрова лесных болот, т/га: низкие рямы (37–49) → средние рямы (78–86) → рослые рямы (90–97) → мезотрофный березняк (131) → мезоевтрофный березняк (170) → мезотрофные сосняки (139–209) → мезотрофный кедровник (204) → евтрофные березняки (178–222) → евтрофные сосняки (207–222) → евтрофный ельник (225) → мезоевтрофные кедровники (276–292) → евтрофный лиственничник (390) → евтрофные кедровники (333–395).

По удержанию органического углерода этот ряд как бы повторяет предыдущий, т/га: низкие рямы (18–24) → средние рямы (39–43) → рослые рямы (45–48) → мезотрофный березняк (65) → мезоевтрофный березняк (85) → мезотрофные сосняки (69–104) → мезотрофный кедровник (102) → евтрофные бе-

Фитомасса и углерод в годичном приросте лесных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири

Ярусы растительности и ее фракции	Фитомасса, кг/га в год			Углерод фитомассы, кг/га в год		
	нарастает	отмирает	истинный прирост	нарастает	отмирает	истинный прирост
1	2	3	4	5	6	7
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагновый (низкий ярус)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	208	52	156	104	26	78
хвоя, листья, семена	477	472	5	239	236	3
корни	32	29	3	16	14	2
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	312	298	14	156	149	7
Мхи и лишайники	1137	931	206	569	466	103
Всего	2166	1782	384	1083	891	192
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагновый (средний ярус)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	1066	749	317	533	375	158
хвоя, листья, семена	907	901	6	453	450	3
корни	95	90	5	48	45	3
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	378	307	71	189	154	35
Мхи и лишайники	1228	1021	207	614	510	104
Всего	3674	3068	606	1837	1534	303
Олиготрофный сосняк кустарничково-сфагновый (рослый ярус)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	1722	1067	655	861	533	328
хвоя, листья, семена	1105	1094	11	552	547	5
корни	137	128	9	69	64	5
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	292	212	80	146	106	40
Мхи и лишайники	1287	996	291	643	498	145
Всего	4543	3497	1046	2271	1748	523
Олиготрофный сосняк чернично-кустарничково-сфагновый с участием зеленых мхов (рослый ярус)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	2026	1608	418	1013	804	209
хвоя, листья, семена	1311	1270	41	655	635	20
корни	166	150	16	83	75	8
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1303	1002	301	651	501	150
Мхи и лишайники	1167	863	304	583	431	152
Всего	5973	4893	1080	2985	2446	539
Мезотрофный сосняк вахтово-осоково-сфагновый с примесью березы						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	3537	2417	1120	1769	1209	560
хвоя, листья, семена	1529	1463	66	764	731	33
корни	188	167	21	94	84	10
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1003	789	214	501	394	107
Мхи и лишайники	878	579	299	439	289	150
Всего	7135	5415	1720	3567	2707	860

1	2	3	4	5	6	7
Евтрофный сосняк травяно-сфагновый с примесью березы						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	3897	2479	1418	1949	1239	710
хвоя, листья, семена	1598	1492	106	799	746	53
корни	197	159	38	98	79	19
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1412	1100	312	706	550	156
Мхи и лишайники	1016	814	202	508	407	101
Всего	8120	6044	2077	4060	3021	1039
Евтрофный кедровник осоково-сфагново-зеленомошный с примесью ели, лиственницы, сосны и березы (прирусловая согра)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	5214	3096	2118	2607	1548	1059
хвоя, листья, семена	2917	2760	157	1459	1380	79
корни	273	179	94	136	89	47
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	2155	1784	371	1078	892	186
Мхи и лишайники	1319	929	390	659	464	195
Всего	11878	8748	3130	5939	4373	1566
Евтрофный кедровник разнотравно-сфагново-зеленомошный с примесью ели, лиственницы, сосны, пихты и березы (притеррасная согра)						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	4998	2945	2053	2499	1473	1026
хвоя, листья, семена	2692	2548	144	1346	1274	72
корни	304	203	101	152	102	50
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1917	1584	333	959	792	167
Мхи и лишайники	1064	775	289	532	387	145
Всего	10975	8054	2920	5488	4028	1460
Евтрофный березняк вейниково-тростниковый с примесью сосны						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	3012	1078	1934	1506	539	967
хвоя, листья, семена	1477	1374	103	738	687	51
корни	255	135	120	127	67	60
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1673	1528	145	837	764	73
Мхи и лишайники	81	65	16	40	33	8
Всего	6499	4180	2318	3248	2090	1159
Евтрофный березняк крапивно-лабазниковый						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	3663	2043	1620	1831	1021	810
хвоя, листья, семена	1298	1180	118	649	590	59
корни	237	123	114	118	61	57
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1888	1697	191	944	849	95
Мхи и лишайники	44	36	8	22	18	4
Всего	7130	4079	2051	3564	2539	1025
Евтрофный березняк осоково-вахтовый с примесью сосны						
Древесный ярус:						
стволы, ветви, кора	3232	1773	1459	1616	886	730
хвоя, листья, семена	1109	1002	107	555	501	54
корни	302	163	139	151	82	69
Травяно-кустарничковый ярус, кустарники	1617	1343	274	808	671	137
Мхи и лишайники	129	81	48	64	40	24
Всего	6389	4362	2027	3194	2180	1014

П р и м е ч а н и е. Расчеты приведены на абсолютно сухое органическое вещество.

резняки (109–111) → евтрофные сосняки (103–111) → евтрофный ельник (113) → мезоевтрофные кедровники (138–146) → евтрофный лиственничник (195) → евтрофные кедровники (167–198).

Однако отметим (см. табл. 7), что в олиготрофном типе условий произрастания резко выделяются показатели запасов фитомассы и углерода на трех пробных площадях, характеризующих рослые рямы на глубоководных торфах (2,7–4,8 м) в одном средневозрастном интервале (162–172 года) – сосняки кустарничково-сфагново-брусничный (186,6 т/га), кустарничково-сфагново-черничный (211,8 т/га) и осоково-сфагново-черничный (193,3 т/га). Соответственно углеродный пул фитомассы составляет 93,3–105,7–96,6 т/га.

Объяснение этому находим в том, что данные древостои являются первой, хотя и двухпоколенной, генерацией, постепенно формировавшейся после сильных торфяных пожаров, захвативших, вероятно, низкие рямы около 350–400 лет назад. Такое заключение напрашивается, во-первых, исходя из 42–45-сантиметровой глубины погребения пироторфяных горизонтов (без учета живого очеса растений); во-вторых, из их (горизонтов) достаточно выраженной мощности (8–12 см), свидетельствующей, судя по морфоструктуре, о протекании в торфе как пламенного горения, так и беспламенного тления. Наконец, в-третьих, это показатели ботанического состава подстилающих и вновь наслонившихся после пожаров слоев торфа: доминируют слабо разложившиеся остатки типичного олиготрофа – сфагнума бурого (*Sphagnum fuscum* (Schimp.) Klinggr.). Причем в сосняке кустарничково-сфагново-черничном на глубине 78 см обнаружен другой пепельно-углистый слой, также отграниченный от верхнего 20–23-сантиметровым слоем слабо разложившегося фускум-торфа и к тому же залегающий на органогенных пластах аналогичного ботанического состава.

Таким образом, когда-то прошедшие торфяные пожары оказали, с одной стороны, вполне реальное мелиоративное воздействие на показатели продуктивности восстанавливавшихся олиготрофных сосняков, поскольку “евтрофизированный” эдафический фон, т. е. обогащенный зольными элементами про-

горевших слоев торфа, несомненно, улучшил корневое питание деревьев. С другой стороны, в результате пожаров произошли вполне очевидная «сработка» органического вещества болотных массивов и выброс в атмосферу определенной части депонированного углерода.

Ранее мы отмечали [49, 50], что на болотах естественного ряда развития торфяные пожары в долгопериодном аспекте все же не изменяют коренным образом кислотные и гидрологические характеристики торфяных залежей. Поэтому восстановление исходной структуры и продуктивности экосистем в данных случаях по-прежнему осуществляется в рамках олиготрофного ряда, хотя и временно «улучшенного» в результате пирогенного зазольнения корнеосваиваемых горизонтов. По мере погребения таких горизонтов в процессе последующего торфообразования, приводящего к постепенной потере их связи с корнями деревьев второй-третьей и т. д. генераций, биологическая продуктивность экосистем, несомненно, снижается. Данное явление на болотах Западной Сибири – далеко не редкость. На его примере удастся убедительно диагностировать долговременные эпизоды лесных стадий развития болот в голоцене, спровоцированные таким мощным экзогенным фактором, как торфяные пожары. Последние, в свою очередь, могут развиваться на болотах как спонтанно, так и закономерно в зависимости от периодичности созревания проводников горения, обусловленной текущими погодными ситуациями и недостаточной гидрологической обеспеченностью, связанной с сухостью климата в отдельные годы.

Анализ годичной биологической продуктивности на 13 пробных площадях (см. табл. 8) выявил тенденцию, схожую с распределением общих запасов фитомассы и углерода в ней, обусловленную экологической приуроченностью лесных болот к тем или иным типам водно-минерального питания. Особенно четко и полярно по отношению друг к другу группируются экосистемы в крайних (олиготрофные – евтрофные), т. е. в контрастных, условиях распространения. Прослеживаются ряды возрастающего накопления лесными болотами годичной фитомассы, кг/га в год: низкий рям (2166) → средний рям (3674) →

рослые рямы (4543–6273) → евтрофные березняки (6389–7130) → мезотрофный сосняк (7135) → евтрофный ельник (7565) → евтрофный сосняк (8120) → евтрофный лиственничник (8388) → евтрофные кедровники (10 975–11 878).

Показатели отмирающей фитомассы распределены в следующем порядке, кг/га в год: низкий рям (1782) → средний рям (3068) → рослые рямы (3497–4893) → евтрофные березняки (4079–4362) → мезотрофный сосняк (5415) → евтрофный ельник (5598) → евтрофный лиственничник (5637) → евтрофный сосняк (6044) → евтрофные кедровники (8054–8748). Истинный годичный прирост фитомассы по возрастающим величинам обнаружил такую последовательность, кг/га в год: низкий рям (384) → средний рям (606) → рослые рямы (1046–1380) → мезотрофный сосняк (1720) → евтрофный ельник (1967) → евтрофный сосняк (2077) → евтрофные березняки (2027–2318) → евтрофный лиственничник (2751) → евтрофные кедровники (2920–3130).

Годичный захват углерода в нарастающей фитомассе лесных болот составил следующий ряд, кг/га в год: низкий рям (1083) → средний рям (1837) → рослые рямы (2271–3135) → евтрофные березняки (3194–3564) → мезотрофный сосняк (3567) → евтрофный ельник (3781) → евтрофный сосняк (4060) → евтрофный лиственничник (4193) → евтрофные кедровники (5488–5939). С отмирающей фитомассой в почву возвращается следующее количество углерода, кг/га в год: низкий рям (891) → средний рям (1534) → рослые рямы (1748–2446) → евтрофные березняки (2090–2539) → мезотрофный сосняк (2707) → евтрофный ельник (2799) → евтрофный лиственничник (2817) → евтрофный сосняк (3021) → евтрофные кедровники (4,0–4,4). Удерживается органического углерода в истинном приросте фитомассы, кг/га в год: низкий рям (192) → средний рям (303) → рослые рямы (523–689) → мезотрофный сосняк (860) → евтрофный ельник (982) → евтрофные березняки (1014–1159) → евтрофный сосняк (1039) → евтрофный лиственничник (1375) → евтрофные кедровники (1460–1566).

Как видим, представленные ряды годичной продукции фитомассы и углерода начинаются и заканчиваются одними и теми же типами лесных сообществ, отражающих диа-

пазон специфических условий продукционного процесса и структурной организации фитоценотического покрова лесных болот в различных эдафических нишах. Поскольку основная масса органического вещества сосредоточена в древесном ярусе, важное значение в его пространственном распределении имеют густота (полнота) древостоев, таксационные характеристики стволов и возраст поколений, обуславливающий последовательный отпад старых и выход на лидирующие позиции более молодых групп деревьев. Этот процесс в разновозрастных болотных древостоях, как и на суходолах, протекает непрерывно. Однако в гидроморфных условиях он постоянно находится под “контролирующим” влиянием торфообразовательного процесса, приводящего при благоприятном стечении обстоятельств к затуханию, а затем и прекращению роли древесного яруса в продукционном балансе органического вещества на болотах. И, напротив, смещение экологических условий в относительно удовлетворительную для леса сторону (улучшение эдафического фона после торфяных пожаров, возрастание проточности и гидрологической разгрузки территорий и т. п.) стабилизирует лесную стадию развития болот с одновременным повышением их продукционной “емкости”. Взаимоотношения леса и болота не есть величина постоянная. Уровни этих взаимоотношений весьма динамичны во времени и пространстве. На основании выполненных исследований можно заключить, что результирующей функцией взаимоотношений леса и болота являются показатели эффективности продукционного процесса, которые также не могут быть выражены какой-либо “стандартной” величиной, свойственной всей сложной мозаике лесоболотных комплексов Западно-Сибирской равнины. Несомненно, что необходимо учитывать эту пространственную мозаику во всем ее экологическом диапазоне, и только на этом основании можно со значительной долей вероятности оценить место и роль лесных болот в динамике органического вещества и углерода региона.

ВЫВОДЫ

1. Заболоченные и болотные леса (лесные болота) Западной Сибири, занимая свыше

45 млн га, являются экологически и ресурсно значимыми природными экосистемами, принимающими активное участие в биологическом круговороте вещества и энергии. Функционально-хронологические закономерности их структурной организации определяются наложением на лесообразовательный процесс болото- и торфообразовательного процессов, в связи с чем наблюдается широкий диапазон изменчивости продукционной «емкости» избыточно увлажненных территорий.

2. Расчеты запасов фитомассы и содержащегося в ней углерода, основанные на материалах государственного учета лесного фонда, дают лишь ориентировочные представления о вкладе лесных болот региона в аккумулятивные процессы. Существующие экспериментальные данные не охватывают в полной мере наиболее характерные ряды зональных, типологических, формационных и экологических подразделений лесных болот, что затрудняет на современном этапе выполнение надежных оценок их реального продукционного потенциала. В этом отношении лесные болота южно-таежной подзоны охвачены более детальными исследованиями, но и они нуждаются в значительном расширении.

3. В объеме полученных экспериментальных материалов установлено, что показатели биологической продуктивности имеют ярко выраженную зависимость от условий водно-минерального питания, формационной принадлежности древостоев, их таксационного строения, фракционной структуры и урожайности фитомассы в подпологовых ярусах растительности. При прочих равных условиях наибольшими запасами фитомассы и аккумулярованного углерода отличаются формации хвойных, а среди них кедровники. Березняки характеризуются средними величинами накопления фитомассы и углерода. Но в силу меньшей продолжительности жизни и ускоренного роста круговорот (депонирование) органического вещества протекает в них активнее.

4. Спектры конкретных показателей биологической продуктивности лесных болот четко выстраиваются в своеобразные экологические ряды типов условий местопрорастания, опосредованно характеризую-

щие совместное влияние эдафического, ценологического, временного и других факторов на динамику фитомассы и органического углерода.

Работа выполнена при финансовой поддержке INTAS № 99-01718 ("CIRCA").

ЛИТЕРАТУРА

1. Лесной фонд СССР, М., Гос. комитет по лесу, 1990, 1.
2. Лесной фонд России, М., Федеральная служба лесного хозяйства России, 1999.
3. С. Э. Вомперский, А. И. Иванов, Биогеоэкологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидролесомелиорацией, М., Наука, 1982, 94–132.
4. А. И. Иванов, Там же, 132–158.
5. С. Э. Вомперский, Биогеоэкологические особенности болот и их рациональное использование. Докл. на XI ежегодном чтении памяти академика В. Н. Сукачева, М., Наука, 1994, 5–37.
6. С. Э. Вомперский, О. П. Цыганова, А. Г. Ковалев и др., Круговорот углерода на территории России. Избранные научные труды по проблеме: "Глобальная эволюция биосферы. Антропогенный вклад", М., 1999, 124–145.
7. А. С. Исаев, Г. Н. Коровин, А.И. Уткин и др., *Лесоведение*, 1993, 5, 3–10.
8. Углерод в экосистемах лесов и болот России, Красноярск, 1994.
9. Carbon Storage in Forest and Peatlands of Russia, USDA, Delaware, 1996.
10. Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, Н. П. Косых и др., *Сиб. экол. журн.*, 1994, 1: 3, 253–269.
11. Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, В. П. Черкашин, *Лесоведение*, 1995, 2, 50–59.
12. Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, Н. В. Мелентьева, В. П. Черкашин, *Почвоведение*, 1996, 7, 879–887.
13. Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, Н. В. Мелентьева, Там же, 1997, 12, 1470–1477.
14. С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, *Сиб. экол. журн.*, 2000, 5, 615–626.
15. О. И. Полубояринов, Плотность древесины, М., Лесн. пром-сть, 1976.
16. В. Д. Стаканов, *Лесоведение*, 1978, 3, 35–42.
17. Лесные экосистемы Енисейского меридиана, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2002.
18. С. П. Ефремов, Э. Б. Брюханова, *Лесное хозяйство*, 1972, 11, 20–23.
19. С. П. Ефремов, Э. Б. Брюханова, Там же, 1976, 4, 41–44.
20. С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, Э. Б. Брюханова, Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации, Красноярск, ИЛИД СО АН СССР, 1976, 127–153.
21. С. П. Ефремов, Э. Б. Брюханова, Л. П. Аринушкина, Осушение лесных земель, Матер. сов.-финск. симпозиума, Л., ЛенНИИЛХ, 1978, 88–91.
22. С. П. Ефремов, Л. Н. Исаева, Лесохозяйственное использование осушенных земель, Л., ЛенНИИЛХ, 1980, 88–90.

23. С. П. Ефремов, Пионерные древостои осушенных болот, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1987.
24. Н. И. Базилевич, *Растит. ресурсы*, 1967, **3**: 4, 567–588.
25. Н. И. Базилевич, Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии, М., Наука, 1993.
26. Н. И. Базилевич, О. С. Гребенщиков, А. А. Тишков, Географические закономерности структуры и функционирования экосистем, М., Наука, 1986.
27. В. И. Валуцкий, Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1971, 234–249.
28. В. И. Валуцкий, А. А. Храмов, Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации, Красноярск, ИЛИД СО АН СССР, 1976, 59–81.
29. Ф. З. Глебов, Взаимоотношения леса и болота в таежной зоне, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1988.
30. Ф. З. Глебов, Л. С. Толейко, *Ботан. журн.*, 1975, **60**: 9, 1336–1347.
31. Н. И. Пьявченко, Труды Института леса и древесины АН СССР, 1955, 26, 97–123.
32. Н. И. Пьявченко, Вопросы классификации растений (Труды Ин-та биологии Ур. филиала АН СССР), Свердловск, 1961, 27, 133–138.
33. Н. И. Пьявченко, Лесное болотоведение, М., Изд-во АН СССР, 1963.
34. Н. И. Пьявченко, Взаимоотношения леса и болота, М., Наука, 1967, 7–42.
35. Н. И. Пьявченко, *Лесоведение*, 1967, 3, 32–43.
36. Н. И. Пьявченко, *Растит. ресурсы*, 1967, **3**: 4, 523–533.
37. Н. И. Пьявченко, Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 1978, 141–155.
38. Н. И. Пьявченко, Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение, М., Наука, 1985.
39. Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич, Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара, М.-Л., Наука, 1965.
40. А. А. Храмов, В. И. Валуцкий, Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1977.
41. Н. П. Косых, Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее, Новосибирск, ООО "Агентство Сибпринт", 2001, 94–96.
42. Н. П. Миropyчева-Токарева, Там же, 106–107.
43. С. В. Васильев, Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1998.
44. В. Н. Седых, Формирование кедровых лесов Приобья, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1979.
45. В. Н. Седых, И. А. Волков, С. В. Васильев, В. Г. Мозалевский, Возобновление и устойчивость лесов Западной Сибири, М., Наука, 1983, 4–33.
46. Р. С. Ильин, Природа Нарымского края, Томск, 1930.
47. С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, Комплексная оценка болот и заболоченных лесов в связи с их мелиорацией, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1973, 113–127.
48. С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, *Растит. ресурсы*, 1975, **11**: 4, 465–473.
49. Т. Т. Ефремова, С. П. Ефремов, *Экология*, 1994, 5, 27–34.
50. T. T. Yefremova, S. P. Yefremov, Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia, Dordrecht – Boston – London: Kluwer Academic Publishers, 1996, 350–357.

Biological Productivity and the Carbon Pool of Forest Swamps in West Siberia

S. P. EFREMOV, T. T. EFREMOVA, W. BLEUTEN

Data on the fraction structure of phytomass of forest swamps in West Siberia are presented and discussed in association with accumulation of organic carbon. Two mutually replenishing variants of calculating the phytomass and carbon are proposed, based on the materials of the State performed estimation of the forest reserves of administrative territories and of direct stationary experiments in various ecosystems of forest swamps of the southern taiga subzone. For the first time, materials are presented on biological productivity of a large group of swamp birch stands dominating, at the same level as the pine stand formation, in the system of forest swamp complexes of the region. A conclusion is drawn that a differentiated estimation of catching and retention of organic carbon by the phytomass of forest swamps considerably extend the modern ideas of the deposing role of hydromorphous ecosystems of the West Siberian plain and their participation in the biological circulation of substance and energy.