

ЗАПАСЫ ОБЩЕЙ ФИТОМАССЫ И ЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ СУРГУТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Косых Н.П., Коронатова Н.Г.

Учреждение Российской Академии наук Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск

kosykh@issa.nsc.ru

В работе дана количественная характеристика биологической продуктивности наиболее заболоченного региона Западной Сибири – Сургутского полесья. По запасам общей фитомассы болотные олиготрофные экосистемы достоверно различались в зависимости от занимаемого в микрорельефе положения: на микроповышениях (грядах и рямах) запас фитомассы составил 2500-3500 г/м², в микропонижениях (мочажинах) – 1010-1250 г/м². Тем не менее, чистая первичная продукция повышенных и пониженных элементов рельефа болотных экосистем Сургутского полесья оценивается в пределах 530-630 г/м² в год и значимо не различается. Впервые изучен вклад древесного яруса болотных экосистем повышенного микрорельефа, который составил 30-40% от запаса всей живой фитомассы и 11-16% – от чистой первичной продукции.

Ключевые слова: болотные экосистемы, рям, гряда, олиготрофная мочажина, фитомасса, мортмасса, чистая первичная продукция, Сургутское полесье.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия научной общественностью признается большая роль болот в круговороте углерода на Земле, причем западносибирские болотные массивы имеют глобальное значение в связи с тем, что занимают огромные площади и являются крупнейшими аккумуляторами углерода атмосферы в торфе. Аккумуляция углерода атмосферы в биосфере начинается с фотосинтеза и продукции органического вещества. Вопросы продуктивности болотных экосистем Западной Сибири рассматривались в работах Н.И. Базилевич [1967], Н.И. Пьявченко [1967, 1985], А.А. Храмова и В.И. Валуцкого [1977], Ф.З. Глебова [1988], С.П. Ефремова с соавт. [2005] и других исследователей. В то же время запасы подземного растительного вещества и подземная первичная продукция оставались малоизученными. В лаборатории биогеоценологии Института почвоведения и агрохимии была разработана методика выделения подземных фракций растительности, учета запасов подземной фитомассы и определения подземной первичной продукции в болотных экосистемах [Титлянова и др., 2000; Косых, Махатков, 2008; Kosykh et al. 2008a, 2008b, 2009]. Данная работа продолжает цикл статей лаборатории биогеоценологии ИПА СО РАН, посвященных изучению параметров продуктивности западносибирских болот. Цель работы – представить полученные значения запасов общей фитомассы, а также надземной и подземной первичной продукции различных экосистем верховых болот Сургутского полесья (средняя тайга Западной Сибири).

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Грядово-мочажинные и грядово-мочажинно-озерковые комплексы верховых болот являются наиболее распространенными ландшафтами Сургутского полесья. Между крупными реками, вдоль широтного протяжения реки Оби, преобладают средние и крупные озера, образующие с болотами сложную озерно-болотную сеть. Вследствие крайней выравненности рельефа и течения рек на юг, при общем стоке вод на север, наблюдается сильная заболоченность водоразделов и скопление множества чрезвычайно мелких озер. Другой отличительной чертой болотных массивов Сургутского полесья от грядово-мочажинных выпуклых олиготрофных болот средней тайги является отсутствие проточных топей с крупными осоками.

По геоботаническому районированию Сургутское полесье находится в лесной зоне подзоны средней тайги Тромъеганского округа сфагновых грядово- и озерково-мочажинных болот и приречных сосновых лишайниковых и зеленомошных лесов [Шумилова, 1971]. По классификации И.С. Ильиной с соавт. [1985] ключевой участок относится к среднетаежным лишайниково-сфагновым плосковыпуклым олиготрофным болотно-озерным комплексам. Е.А. Романова [1971] не выделяет болота возле Сургута в особую зону, и они попадают в зону выпуклых грядово-мочажинных олиготрофных болот. Л.В. Шумилова [1971] такие типы болот называет миксотрофными (смешанными – эв-мезо-олиготрофными) и мезотрофными (переходными), но отмечает, что площади данных болот на карте завышены и фактически здесь преобладают олиготрофные крупногрядовые многоозерные и мочажинные

комплексы. Заторфованность Сургутско-Полесского болотного округа очень высока и составляет 60% [Глаголев, 2008].

Согласно данным Сургутской метеостанции, среднегодовое количество осадков составляет 509 мм, из которых большая часть приходится на период с апреля по сентябрь (336 мм). Среднегодовая температура в районе Сургута -3.1°C, со средней температурой января -22.0°C, и июля +16.9°C.

В районе Сургутского полесья нами были обследованы типичные олиготрофные грядово-мочажинные и озерно-грядово-мочажинные болотные массивы, где были определены запасы фитомассы, мортмассы и продукция растительности в основных болотных экосистемах – олиготрофных мочажинах (ОМ), грядах и рямах. Повышенные участки болота были представлены грядами и рямами, а пониженные – олиготрофными мочажинами. Характеристика пробных площадей, размером 100 м², и являющихся наиболее распространенными и репрезентативными экосистемами для данной территории с основными доминирующими видами болотной растительности, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика пробных площадей и экосистем.

<i>Пробные площади и их координаты</i>	<i>Экосистема</i>	<i>Растительное сообщество</i>	<i>Доминанты</i>
Плоское олиготрофное болото «Тор» (61°20'47" с.ш.; 73°05'20" в.д.)	Гряда	Сосново-кустарничково-сфагновое	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> .
	Мочажина олиготрофная	Осоково-сфагновое	<i>Carex limosa</i> , <i>Scheuchzeria palustris</i> , <i>Eriophorum russeolum</i> , <i>Sphagnum lindbergii</i> , <i>S. balticum</i> , <i>S. papillosum</i>
Плоское олиготрофное болото «ФЕДОРОВСКОЕ» (61°25'58" с.ш.; 73°19'52" в.д.)	Рям	Сосново-кустарничково-сфагновое	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. sibirica</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Oxycoccus microcarpus</i> , <i>Sphagnum fuscum</i> .
	Мочажина олиготрофная	Пушицево-сфагновое	<i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sphagnum lindbergii</i> , <i>S. balticum</i> .

Растительность рямов и гряд имеет сходный ботанический состав. Гряды – это относительно небольшие (несколько десятков м²) вытянутые образования, расположенные перпендикулярно стоку болотных вод, и всегда существующие в комплексе с мочажинами и / или озерами. Рямы отличаются большей занимаемой площадью (от сотен до тысяч м²) и существуют как отдельные образования, не создающие комплексы с другими типами болотных экосистем, но часто входящие в крупные болотные системы. Рямы занимают более дренированные участки болотного массива.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе будет использована терминология, предложенная А.А. Титляновой [1988] для описания продукционных процессов и круговорота веществ в экосистемах.

Методы определения запасов и продукции травяно-кустарничково-сфагнового яруса на болотах. Для определения биологической продуктивности в болотных экосистемах применялись методы выделения разных фракций надземной и подземной биомассы [Kosykh et al., 2008a]. Для этого в трех- или четырехкратной повторности на учетных площадках, размером 40 × 40 см, собиралась вся растительность и подстилка для определения запасов надземной фитомассы и продукции. На этих же площадках отбирались пробы подземной биомассы монолитами, размер которых был 10 × 10 × 10 см до глубины 30 см от уровня мохового покрова. Уменьшение отбираемых в подземной сфере проб до 1 дм³ связано с небольшими размерами мхов и более равномерным распределением корней, корневищ и погруженных стволиков кустарничков по сравнению с надземными частями растений.

Камеральная обработка заключалась в разборе отобранных проб по видам растений и фракциям (живая и мертвая, фотосинтезирующая и нефотосинтезирующая фитомасса текущего года и прошлых лет прироста). Поскольку отбор проб надземной и подземной биомассы осуществлялся в конце августа – сентябре, когда вегетация на данных широтах уже заканчивается, определяя приросты текущего года и суммируя результаты, можно было установить чистую первичную продукцию. Методика выделения фракций корней болотных растений, определения подземной первичной продукции, а также надземной продукции подробно описана в предыдущей работе [Kosykh et al., 2008b].

Методы определения запасов и продукции древесного яруса на болотах. Для определения плотности древостоя и его продуктивности выделялись площадки 10 × 10 м, где учитывались все деревья, их возраст, высота, диаметр ствола на уровне мха, а также сухостой. На каждой пробной площади отбиралось по шесть модельных деревьев. У тех экземпляров, диаметр ствола которых был менее 4 см, полностью определялся запас надземной фитомассы, а также фитомассы ствола, погруженного под моховой покров. У более крупных деревьев запас фитомассы определялся методом модельных веток [Молчанов, Смирнов, 1967]. Для этого все ветви дерева измерялись, и 5-7 из них отбирались в качестве модельных.

Камеральная обработка заключалась в разделении модельных экземпляров на фракции: хвоя, побеги, ствол. Хвоя и побеги в свою очередь делились на прирост текущего года (года отбора) и приросты предыдущих лет. Фракции высушивались и взвешивались. Надземная чистая первичная продукция определялась как сумма запасов фотосинтезирующей фитомассы (хвои) и побегов текущего года. Радиальный прирост не определялся. Для определения запаса фитомассы модельного дерева по модельным ветвям строились степенные уравнения зависимости фитомассы ветвей от их длины. Зависимости фитомассы разных фракций модельных деревьев от их высоты также аппроксимировались степенными уравнениями, что позволило получить данные о запасах и продукции всего соснового древостоя на учетной площади.

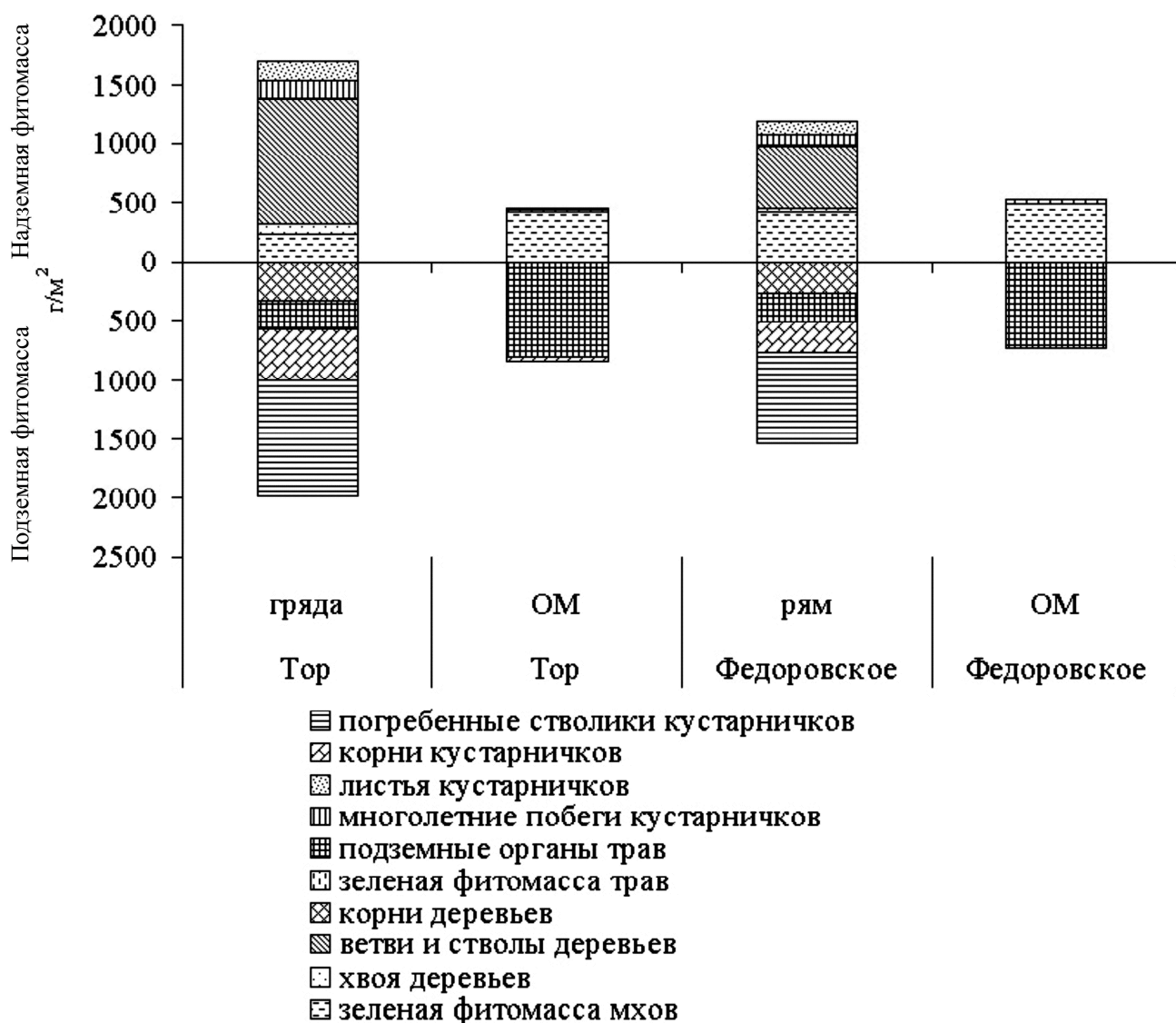


Рис. 1. Состав надземной и подземной фитомассы болотных экосистем пробных площадей.
ОМ – олиготрофная мочажина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность соснового древостоя на грядах пробной площади «Тор» составила 7.5 тыс.экз. на 1 га, из них подрост возрастом до 20 лет насчитывал 3.2 тыс.экз. на 1 га. Плотность сухостоя составила 300 экз. на 1 га. Плотность древостоя на ряме пробной площади «Федоровское» была 9.3 тыс. экз. на 1 га, из них кедров не более 800 экз. на 1 га. Сухостой насчитывал 600 экз. на 1 га, подрост сосны возрастом до 20 лет – 2.3 тыс. экз. на 1 га. На обеих пробных площадях сосновый древостой был разновозрастным, на участке «Тор» возраст не превышал 80 лет, на участке «Федоровское» – до 100 лет, а возраст кедров был 10-40 лет при средней высоте 0.5 м. На «Тор» средняя высота деревьев, без учета подроста до 20 лет, была 1.9 м, диаметр ствола на уровне мха 4.5 см, на «Федоровском» средняя высота составила 1.5 м,

диаметр – 3.8 см. Таким образом, при большей плотности древостоя на пробной площади «Федоровское», деревья на ней характеризовались меньшими средними размерами по сравнению с пробной площадью «Тор».

Запасы живой фитомассы исследованных болотных экосистем различались как по полученным абсолютным значениям, так и по своей структуре (рис. 1). В экосистемах повышенного микрорельефа (рям и гряды) запасы общей фитомассы в 1.5-2.3 раза превышали таковые олиготрофных мочажин. Максимальный вклад в надземную фитомассу принадлежал одревесневшим частям деревьев на грядах и рямах, и мхам – в мочажинах. Наибольшее участие в сложении подземной фитомассы микроповышений принимали погребенные стволы кустарничков, а в микропонижениях – подземные органы трав.

В экосистемах рямов и гряд вклад древесного яруса в общую фитомассу составил 30-40%. При этом, несмотря на то, что плотность деревьев в экосистеме рям была выше, чем на грядах, запасы фитомассы на ряме были почти в два раза ниже (рис. 1). Соотношение массы прироста текущего года к массе многолетних органов было выше на ряме, что говорит о его более высоком продукционном потенциале. Большая часть фитомассы древесного яруса приходилась на одревесневшие части – стволы и ветви (17-26%), и всего 2% составляла фотосинтезирующая фракция (хвоя). Кустарнички вносили около половины общей живой фитомассы (45-48%). И так же, как и у деревьев, наибольший вклад принадлежал их многолетним органам, большая часть которых находилась подо мхом. Вклад фотосинтезирующих частей мхов в общую фитомассу составил 6-15%.

В экосистемах олиготрофных мочажин запасы общей фитомассы были в 2-3 раза меньше, чем на грядах и ряме. Здесь основной вклад вносили подземные органы осок, пушиц и шейхцерии, которые в 1.5-2 раза превосходили вклад фотосинтезирующих частей мхов в общую фитомассу.

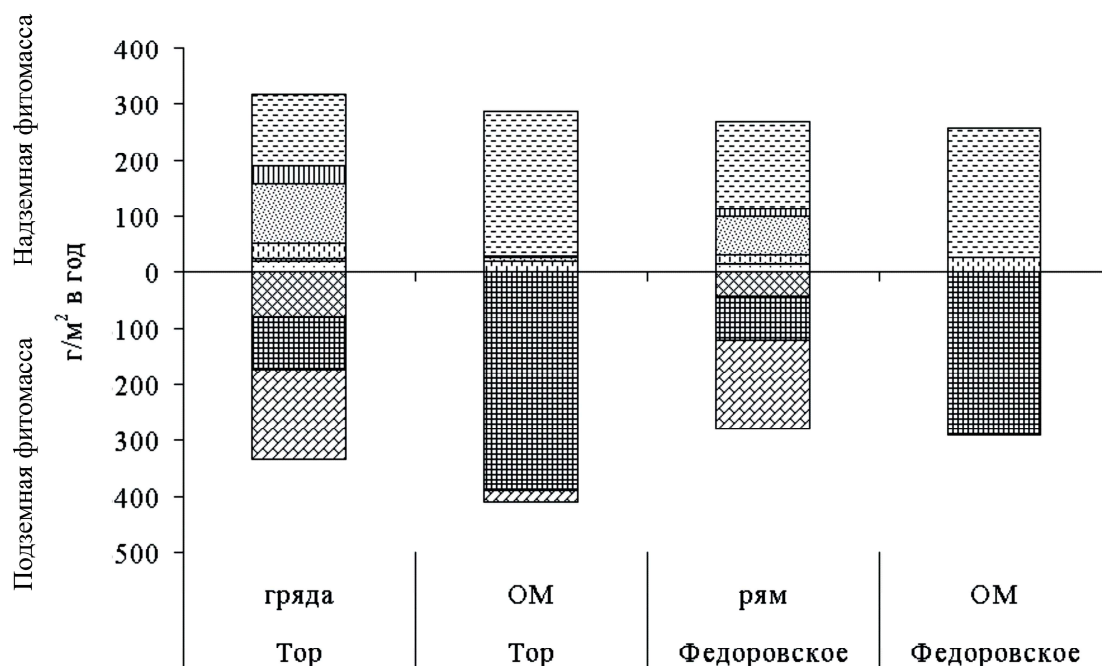


Рис. 2. Вклад отдельных растительных фракций в чистую первичную продукцию болотных экосистем. Условные обозначения – см. рис.1.

Отметим, что во всех экосистемах запас подземной фитомассы превысил запас надземной. Это объясняется вертикальным приростом сфагновых мхов, что приводит к постепенному погружению многолетних органов сосудистых растений в моховой покров и переходу их в подземную фитомассу. Так, многолетние побеги кустарничков, постепенно зарастающие сфагнами, становились погребенными стволиками, возраст которых достигал 36 лет на грядах и 65 лет в экосистемах рямов. Влияние типа экосистемы (положения сообществ на пониженных и повышенных участках микрорельефа) на величины

чистой первичной продукции было незначительно (рис.2): 532 (мочажины) и 627 (гряды и рямы) г/м² в год. Достоверность различий данных по t-критерию Стьюдента не превышает 0.12-1.12.

Таблица 2. Достоверность различий данных по t-критерию Стьюдента.

<i>Группы</i>	<i>«Тор», гряда</i>	<i>«Федоровское», рям</i>	<i>«Тор», мочажина</i>	<i>«Федоровское», мочажина</i>
<i>«Тор», гряда</i>		3.47 P=96% (>95%)	10.00 P>99.9%	6.89 P>99%
<i>«Федоровское», рям</i>	0.23 P=15%		9.86 P>99.9%	4.80 P=98.3% (>98%)
<i>«Тор», мочажина</i>	0.12 P=8%	0.77 P=48%		1.09 P=64%
<i>«Федоровское», мочажина</i>	0.61 P=41%	1.12 P=65%	1.85 P=84%	

Примечание: в верхней правой части таблицы указаны данные для общей фитомассы, в левой нижней части – для чистой первичной продукции.

Несмотря на то, что абсолютная величина продукции была сходной во всех болотных экосистемах, вклад в нее разных групп растений не одинаков. На повышенных элементах микрорельефа продукцию почти в равной мере формировали все группы растений. На первом месте – кустарнички, потом мхи и травы, на последнем месте – древесный ярус. Вклад кустарничков в общую чистую первичную продукцию составил 44-46%, причем основная доля приходилась на их корни (25-29%), на листья – 13-16%, а на побеги – всего 2-5%. Мхи составляли до 20-28% чистой первичной продукции. Травы вносили до 17-18%, причем основная доля приходилась на их корни. Вклад древесного яруса в чистую первичную продукцию составил не более 11-16%, причем в основном это также корни деревьев. Доля хвои составила 3%, а стволов и ветвей – 1%. При сходных абсолютных значениях продукции в олиготрофных мочажинах, её фракционная структура существенно отличается. Здесь основной вклад вносят корни трав и мхи (рис. 2).

Таким образом, несмотря на небольшие запасы живой фитомассы в олиготрофных мочажинах (1010-1250 г/м²), ежегодное поступление с чистой первичной продукцией в болота Сургутского полесья достаточно высоко – 550-580 г/м² в год. С другой стороны, при высоких значениях запасов на рямах и грядах (2500-3500 г/м²), здесь продукция значимо не отличается от олиготрофных мочажин и составляет 530-630 г/м² в год. Достоверность различий между экосистемами по запасам общей фитомассы и продукции по t-критерию Стьюдента приведена в таблице 2. Влияние фактора положения в микрорельефе также выявлено при двухфакторном дисперсионном анализе запасов общей фитомассы на микроповышениях (гряды и рямы) и микропонижениях (мочажины) (F=107.8, P>99.9%), и не выявлено при анализе значений первичной продукции в тех же экосистемах (F=18.8, P<90%).

ВЫВОДЫ

1. Деревья вносят значительный вклад в общий запас фитомассы (30-40%), и малозаметный вклад в формирование чистой первичной продукции (11-16%) болотных экосистем.

2. Общий запас фитомассы экосистем повышенных элементов микрорельефа ряма и гряды (2500-3500 г/м²) достоверно превышает запас фитомассы микропонижений олиготрофных мочажин (1010-1250 г/м²). При этом в надземную фитомассу наибольший вклад вносят многолетние одревесневшие органы деревьев и кустарничков на грядах и ряме, и мхи – в мочажинах. В сложении подземной фитомассы экосистем повышенного микрорельефа все участвующие растительные фракции имеют равный вклад. В экосистемах микропонижений подземная фитомасса сформирована почти исключительно подземными органами трав.

3. В отличие от запасов фитомассы, значения первичной продукции болотных экосистем повышенных (530-630 г/м² в год) и пониженных элементов микрорельефа (550-580 г/м² в год) достоверно не различаются. При этом в надземной сфере основной вклад в продукцию во всех экосистемах принадлежит мхам. В подземной сфере наибольший вклад в продукцию осуществляют фракции растительности, которые преобладают в формировании запасов подземной фитомассы.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность к.ф.-м.н. Ш.Ш. Максютову за организацию экспедиции в Сургутское полесье.

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н.И. 1967. Продуктивность и биологический круговорот в моховых болотах Южного Васюганья // Растительные ресурсы. Т. 3. Вып. 4. С. 567-589.
- Глаголев М.В. 2008. Эмиссия метана: идеология и методология «стандартной модели» для Западной Сибири // Динамика окружающий среды и глобальные изменения климата: Сборник научных трудов кафедры ЮНЕСКО Югорского государственного университета. Вып. 1 / Под ред. Глаголев М.В., Лапшина Е.Д. Новосибирск: НГУ. С. 176-190. Также доступна по URL: <http://www.ugrasu.ru/international/unesco/publications/journal/documents/Sbornic.pdf> (дата обращения: 04.03.2010).
- Глебов Ф.З. 1988. Взаимоотношения леса и болота в таежной зоне. Н.: Наука. Сиб. отд.-е. 184 с.
- Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Блойтен В. 2005. Биологическая продуктивность и углеродный пул фитомассы лесных болот Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. Т. 1. С. 29-44.
- Ильина И.С., Лапшина Е.Н., Лавренко Н.Н. и др. 1985. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука. 251 с.
- Косых Н.П., Махатков И.Д. 2008. Структура растительного вещества в лесоболотных экосистемах средней тайги Западной Сибири // Вестник ТГПУ. Вып. 4 (78). Сер.: биологические науки. С. 77-80.
- Титлянова А.А. 1988. Методология и методы изучения продукционно-деструкционных процессов в травяных экосистемах / Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А. и др. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-е. С. 3-10.
- Молчанов А.А., Смирнов В.В. 1967. Методика изучения прироста древесных растений. М. 95 с.
- Пьявченко Н.И. 1967. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение. Т. 3. С. 32-43.
- Пьявченко Н.И. 1985. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. М.: Наука. 152 с.
- Романова Е.А. 1965. Краткая ландшафтно-морфологическая характеристика болот Западно-Сибирской низменности // Тр. Гос. гидролог.ин-та. Вып. 5. С.96-112.
- Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П. 2000. Прирост болотных растений // Сибирский экологический журнал. Т. 5. С. 653-658.
- Храмов А.А., Валуцкий В.И. 1977. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья (структура и биологическая продуктивность). Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние. 222 с.
- Шумилова Л.В. 1971. Типы болот // Атлас Тюменской области. Москва-Тюмень.
- Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Parshina E.K. 2009. The carbon and macroelements budget in the bog ecosystems of the middle taiga in Western Siberia // International Journal of Environmental Studies. Vol. 66. P. 485-493.
- Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Peregon A.M., Parshina E.K. 2008. Net primary production in peatlands of middle taiga region in western Siberia // Russian Journal of Ecology. V.39. № 7. P.466-474.
- Kosykh N.P., Koronotova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. 2008. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems of Western Siberia // Wetlands Ecology and Management. V.16. P.139-153.

PHYTOMASS AND PRIMARY PRODUCTION OF MIRE ECOSYSTEMS IN SURGUT POLESIE

Kosykh N.P., Koronotova N.G.

Quantitative characteristic of biological productivity for most waterlogged region of Western Siberia, Surgut Polesie, is presented in the paper. The field work was carried out in two sites presented oligotrophic (ombrotrophic) mires: Tor and Federovskoe. Both sites included upland (ridges, and raised bog with pine – ryams) and lowland (hollows) mire ecosystems. Sphagnum fuscum–dwarf shrubs–pine plant community was in the ridges and the ryam and sphagna– sedge or sphagna–cotton grass community – in the hollows. Values of net primary production in oligotrophic ecosystems of Surgut Polesie were similar and sufficiently high and reached 530-630 g·m⁻²·year⁻¹ depending on the topography and location of mires and does not depend on the value of living phytomass. In contrast to net primary production, value of total phytomass was significantly higher in upland mire ecosystems than in lowland ones: 2500-3500 g·m⁻² in the ridges and the ryam and 1010-1250 g·m⁻² in the hollows. The contribution of trees on upland elements of microrelief was from 30% to 40% of total living phytomass and 11-16% of net primary production of mire ecosystems. In above-ground sphere the main contribution in net primary production belongs to mosses in the all ecosystems as well as foliage of dwarf shrubs in the upland ecosystems, in below-ground sphere – roots of dwarf shrubs, trees and grass, and rhizomes of grass. In above-ground sphere the greatest phytomass value was obtained for perennial wooden parts of trees in upland ecosystems and for mosses in hollows, in below-ground sphere – for all plant fractions in upland ecosystems and for roots and rhizomes of grass in lowland ecosystems.

Key words: mire ecosystems, ryam, ridge, oligotrophic hollow, phytomass, net primary production, Surgut Polesie.

Поступила в редакцию: 14.12.2010
Переработанный вариант: 17.12.2011