

БИОЛОГИЯ

УДК 551.0 + 556.56

Е. К. Вишнякова, Н. П. Миронычева-Токарева, Н. П. Косых

ДИНАМИКА РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА БОЛОТАХ ВАСЮГАНЬЯ

Рассмотрена динамика разложения доминантных видов растений в болотных комплексах южной тайги Западной Сибири. Дана количественная оценка потерь при разложении растительных остатков видов-торфообразователей в болотных экосистемах. Наибольшая скорость разложения наблюдается у вахты трехлистной, как листьев, так и корневищ – потери до 80 % массы за два года опыта. Медленнее всего разлагались корни и узлы кушения пушицы – потери 20 % за два года. Сфагновые мхи теряют от 20 до 40 % массы за два года деструкции.

Ключевые слова: *верховые болота, Западная Сибирь, разложение, фракции растительного вещества, сфагновые мхи.*

Торфяные болота являются уникальными природными экосистемами, обладающими способностью накапливать отмерший растительный материал в виде торфа. Запасы углерода в торфяниках планеты, по оценкам разных авторов, составляют от 145 [1] до 455 млрд т [2]. По оценке Вомперского с соавторами (1994), более трети мирового пула углерода торфов приходится на Россию и оценивается в пределах 113.5 млрд т [3]. В торфяных отложениях современных болот России сосредоточено больше углерода, чем во всех лесах России, где запасы не превышают 39.8 Гт С [4]. Торфяные болота имеют непосредственное отношение к поддержанию газового состава атмосферы, выполняя буферную роль в процессах глобального изменения климата, накапливая в виде торфа или выделяя органический углерод в виде углекислого газа и метана [5, 6].

Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов в торфяном слое олиготрофных болотных комплексов были начаты в 1999 г. на Бакчарском болотном массиве восточного отрога Большого Васюганского болота (Васюганье) на стационаре Плотниково в южной тайге в пределах Томской области. Для определения характера и скорости разложения отдельных видов-торфообразователей применялся метод закладки растительности в торф [7]. Для ведения эксперимента использовался метод разложения в нейлоновых мешочках. Растительный материал закладывался в торф на глубины 5, 15 и 25 см. При расчете данные потерь разных глубин усреднялись для слоя 30 см. Кроме того, опавшие листья болотных кустарничков и трав закладывались на поверхности мохового покрова, так как разложение их начинается на поверхности, затем продолжается в торфе.

Скорость разложения изучалась у четырех видов кустарничков, шести видов трав и пяти видов сфагновых мхов. Изучение интенсивности процессов деструкции проводилось в пяти болотных экосистемах различной трофности.

Болота представлены различными вариантами кустарничково-сфагновых олиготрофных, мезоолиготрофных и мезотрофных экосистем (сосново-кустарничково-сфагновые растительные сообщества, грядово-мочажинные комплексы и открытые осоково-сфагновые топи). В течение вегетационных периодов 1998–2000 гг. изучалась динамика запасов живого и мертвого растительного вещества и его фракционный состав. Определялась первичная продукция мхов, кустарничков и трав как зеленых частей, так и их корневых систем до глубины 30–40 см. Исследуемые экосистемы располагаются по трансекту, проложенному через сосново-кустарничково-сфагновый рям, осоково-сфагновую топь, гряда и мочажина в грядово-мочажинном комплексе. Подробное описание этих сообществ представлено в статье [8].

Количество тепла и влаги, необходимое для формирования биологической продуктивности и разложения, имеет наибольшее значение в период вегетации основных видов болотных экосистем. Для подзоны южной тайги гидротермические условия вегетационных периодов (1999–2002 гг.) были оценены нами по данным метеостанции «Бакчар» (рис. 1). По анализу среднеголетних данных южно-таежной подзоны имелись некоторые отличия по метеорологическим условиям. Многолетняя среднегодовая температура имеет положительное значение (1 °С) только в подзоне южной тайги, в годы исследования только в 2000 г. среднегодовая температура была минус 0.2 °С, а в последующие годы температура была выше нуля и

колебалась от 0.4 в 2001 г. до 1.4 °С в 2002 г. Наибольшее количество осадков в течение года выпало в 2002 г., достаточно много осадков выпало (580 мм) и в 2001 г. Самое низкое было в первый год исследования в 1999 г. – всего 320 мм. То есть в первый год исследования было прохладно и выпало мало осадков, но уже во 2-й и 3-й годы температура повышалась, осадков выпало больше чем в 1-й год. Максимум осадков приходится на осенне-летний период во все годы исследования. За время исследований нами было отмечено два вегетационных сезона с повышенным увлажнением, особенно это был 2002 г., когда в июле-августе выпало максимальное количество осадков, при этом температура воздуха была близка к среднемуголетним по-

казателям. В 2000 г. в начале и середине вегетационного периода выпадало минимальное количество осадков. В этом году в основных болотных экосистемах наблюдалось снижение уровня болотных вод, что отразилось на общем состоянии растительного покрова. Однако по истечении засушливого периода (август – сентябрь) состояние растительного покрова быстро восстановилось. В отдельные годы (2000 г.) наблюдалось смещение выпадения максимального количества осадков на вторую половину вегетации. По теплообеспеченности годы исследований не имели существенных отличий от среднемуголетних, только 2002 г. отличался немного повышенной темпера-

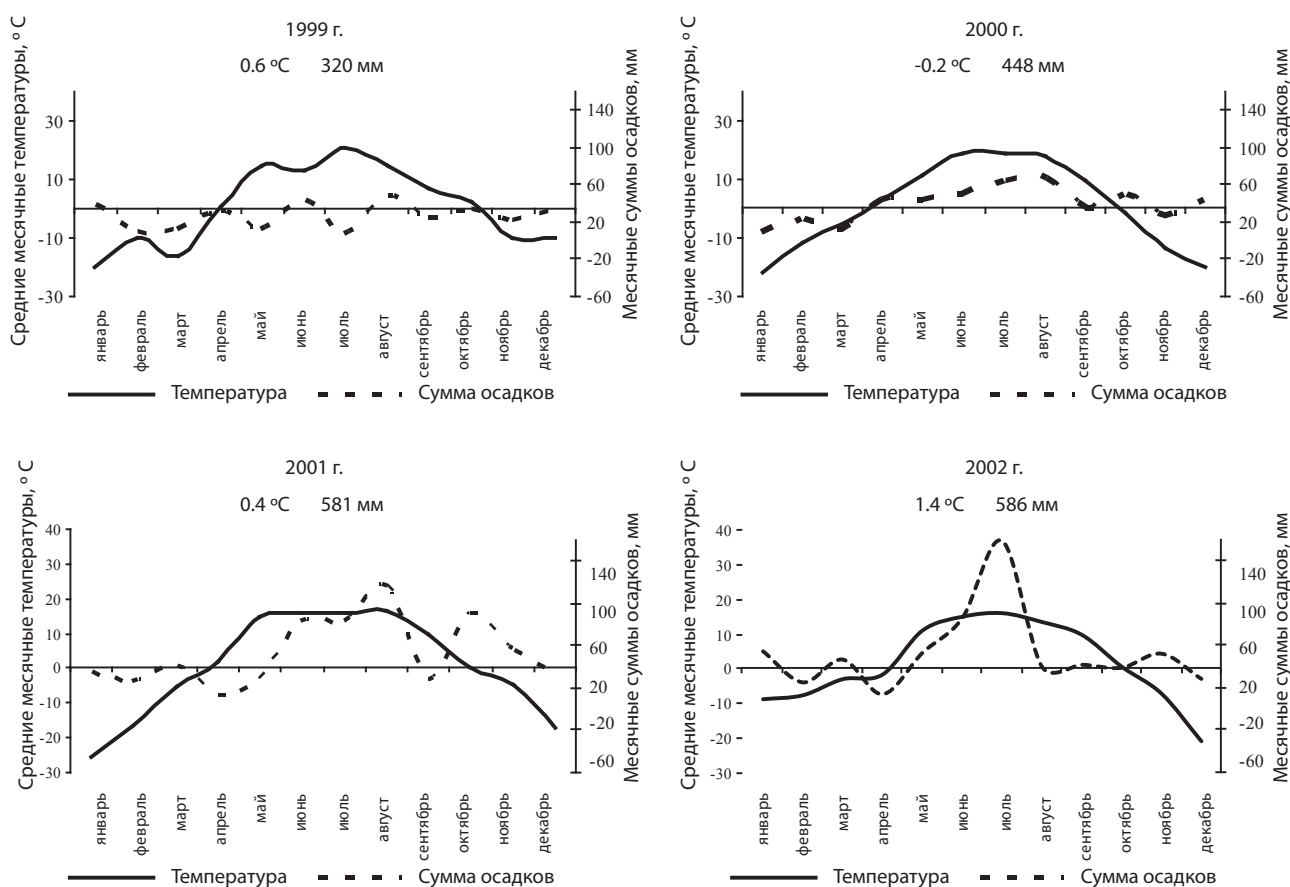


Рис. 1. Климатограммы среднемесячных изменений хода осадков и температуры за период 1999–2002 гг. в подзоне южной тайги

Запасы живого и мертвого растительного вещества в слое 0–30 см в среднем составляют 11 т/га и колеблются в течение сезона вегетации с увеличением от весны к осени и между годами в каждом фитоценозе. Наибольшие колебания были отмечены в первой экосистеме. Количество фитомассы в ней увеличилось в 1.6 раза за три года и составило 7.9 т/га. Увеличение произошло за счет отмирания и уплотнения отмершей массы сфагновых мхов по всей глубине слоя в связи с изменением гидрологического режима, вызванного как малым количест-

вом осадков в течение вегетационного периода 2000 г., так и противопожарными мероприятиями при тушении пожара, произошедшего в одном километре от транссекта в 1999 г. Значительная сухость 1999 г. вызвала увеличение количества живого растительного вещества во всех исследуемых экосистемах в два раза. Живое растительное вещество внутри моховой подушки представлено корнями кустарничков и трав различного возраста. Количество их убывает с глубиной постепенно.

Структурный состав фотосинтезирующей фито-

массы годового прироста на грядах и в мочажинах различен – сфагновые мхи являются абсолютными доминантами (96 %) в мочажинах, а в ряме и на грядах они становятся содоминантами с кустарничками (57 и 42 %). Величина ежегодного прироста изменчива и связана с климатическими условиями текущего года. Основной вклад в величину нефотосинтезирующей части первичной продукции вносят корни трав и кустарничков, которые составляют 60 % общей первичной продукции. Вклад в первичную продукцию мхов составляет 21 % на грядах и 64 % в мочажинах. Новизна подхода заключается в том, что учитывается не только продуктивность надземного и подземного ярусов, но и скорость деструкции. Анализ полученных результатов позволил оценить скорости продуцирования, отмирания и деструкции в болотных экосистемах южной тайги Западной Сибири.

Разложение растений происходило в течение трех лет наблюдений неравномерно. В процессе обработки результатов было выделено два типа разложения фракций растительного вещества.

I тип разложения характеризуется средней скоростью разложения фракций в первый год и высокой скоростью – во второй. К первому типу разложения можно отнести следующие фракции: ветошь морошки и листья кустарничков.

Разложение морошки изучали в ряме и на гряде. За первый год ветошь морошки потеряла 30 %, потери в течение второго года на 10 % больше, т. е. 40 % (рис. 2, а; 3, а). Листья кустарничков (рис. 2, 3), разлагаясь в первый год, потеряли от 10 до 30 %, разложение в процессе второго года составило от 25 до 50 %. Потери второго года в 2–2.5 раза больше потерь первого года. Широкий диапазон потерь за год обусловлен видовой принадлежностью и типом экосистемы. Быстрее других разлагались листья *Chamadaphne calyculata*. Максимальные потери их наблюдались в переходной зоне от ряма к топи, за два года они разложились здесь на 80 %. Листья трех других кустарничков разлагались медленнее, чем листья хамедафне болотной.

При **II типе** наблюдается высокая скорость разложения в первый год эксперимента и средняя или низкая в течение второго года. Ко второму типу разложения относятся фракции: корни и стволы кустарничков; узлы кушения и корни пушицы; ветошь, корни и корневища вахты, осок и шейхцерии; очес сфагновых мхов.

Снижение массы корней кустарничков в первый год составило от 25 до 40 %, в течение второго года снижение массы наблюдалось небольшое – 5 %. Максимальное разложение наблюдалось в ряме для корней хамедафне болотной – 45 % за два года. Медленнее, чем другие части кустарничков, разлагались стволы. Их потери за первый год равны

16–20 %, за второй год опыта – около 6 % (рис. 2; 3, а).

Листья, корни и стволы кустарничков разлагались быстрее на повышенных элементах рельефа – ряме, переходной зоне и гряде. В топяном сообществе у хамедафне болотной наблюдалось минимальное разложение, у листьев и корней клюквы болотной в топи – средний результат.

Разложение *Eriophorum vaginatum* изучалось в ряме и переходной зоне. Ветошь пушицы разложилась за год на треть массы, узлы кушения и корни – на 15 %. Потеря массы ветоши пушицы в течение второго года разложения не определялась, а подземные органы пушицы потеряли в течение второго года еще по 5 %. Характер разложения узлов кушения и корней пушицы похож на разложение стволы кустарничков (рис. 2, а; 2, б).

Ветошь осок при разложении в топяном сообществе потеряла 25–30 % массы в первый год и около 10 % – в течение второго года эксперимента (рис. 2, в). Корни и корневища *Carex rostrata* разлагались быстрее, чем подземные органы *C. limosa*, снижение массы образцов в первый год равно 45 и 29 % соответственно. Разложение корней и корневищ осок на второй год – не более 5 %. Ветошь и корневища шейхцерии разлагались примерно одинаково. В первый год они потеряли треть массы, во второй год разложились лишь на 3–5 % (рис. 2, в; 3, б).

Рекордсменом по скорости разложения является вахта трехлистная. В течение первого года ветошь вахты потеряла половину исходного веса, в течение второго года – еще 32 % (рис. 2, в). Быстрому разложению подверглись также корневища вахты: в первый же год они потеряли три четверти массы, на второй год снижение незначительное – 4 %. Корни вахты разлагались не так быстро, как другие части растения, значительная потеря массы наблюдалась в первый год – 43 %, в течение второго года корни вахты потеряли еще 11 %.

Результаты разложения очеса сфагновых мхов представлены довольно широким диапазоном – потеря массы в первый год опыта варьировала от 13 до 37 %, во второй год – от 2 до 7 %. Скорость разложения сфагнового очеса меняется в зависимости от вида мха и типа экосистемы. Наибольшая потеря массы среди сфагновых мхов отмечена для *Sphagnum angustifolium* – 44 % за два года на гряде (рис. 3, а). Доминант мохового покрова в ряме и на грядах (*Sph. fuscum*) за год разложился в среднем на 19 %, на следующий год эксперимента он потерял еще примерно 6 %. Средняя потеря массы очеса *Sph. fuscum* за два года разложения составляет 25 % исходного веса (рис. 2, 3). Наименьшие потери очеса мхов при разложении (15–20 % за два года) наблюдались в олиготрофной мочажине (рис. 3, б).

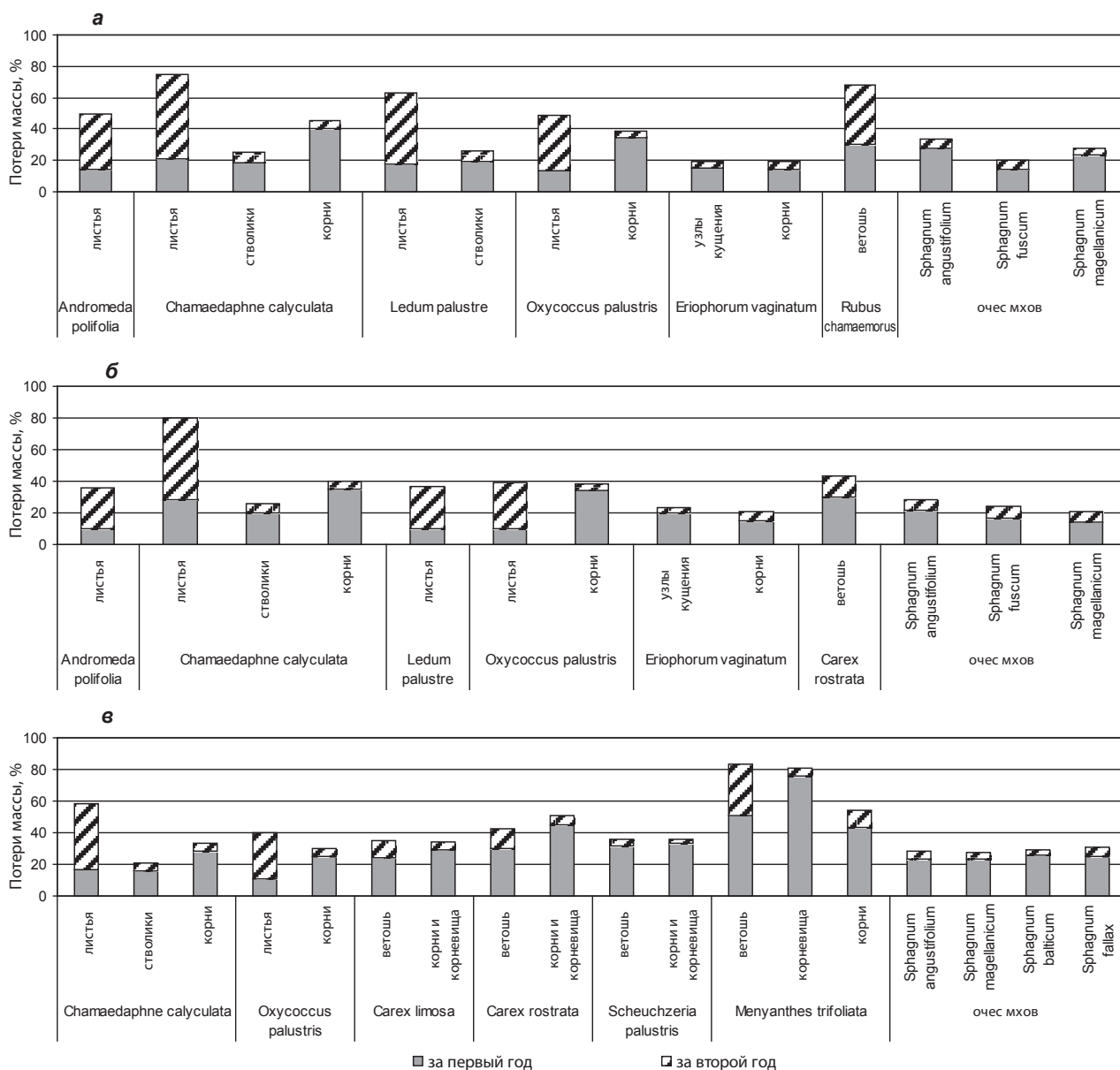


Рис. 2. Разложение фракций растений: а – в ярье, б – в переходной зоне, в – в осоково-сфагновой топи

По скорости разложения фракции растительного вещества можно разделить на 3 группы:

1) **быстро разлагающиеся** (потери за два года – 60 % и больше) включают ветошь и корневища вахты, ветошь морошки и листья *Chamaedaphne calyculata*;

2) **средне разлагающиеся** (потери за два года от 30 до 60 %) содержат листья трех других кустарничков (*Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*); корни кустарничков; корни вахты; ветошь, корни, корневища осок и шейхцерии; *Sphagnum angustifolium*;

3) в **медленно разлагающиеся** (потери за два года меньше 30 %) входят стволы кустарничков, узлы кушения и корни пушицы, сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum*, *Sph. magellanicum*, *Sph. balticum*, *Sph. fallax*).

Несмотря на медленное разложение мхов, в южной тайге прослеживается тенденция к увеличению потерь в последующие годы. Чем больше потери при разложении в первый год, тем больше сумма потерь в последующие годы (рис. 4). Первый год разложения задает скорость, с которой будет в дальнейшем происходить деструкция растительности.

Исследования разложения растений на болотах показывают ряд закономерностей, отмечается, в частности, что интенсивность разложения опада определяется видовой принадлежностью и климатическими условиями экотопа [9, 7, 10]. Исследования по скорости деструкции болотных трав проводились И. Бартсом и Т. Р. Муром в Канаде, провинция Квебек [11], а также в России [7, 12, 13]. За год в Канаде [11] потери при разложении ветоши осок

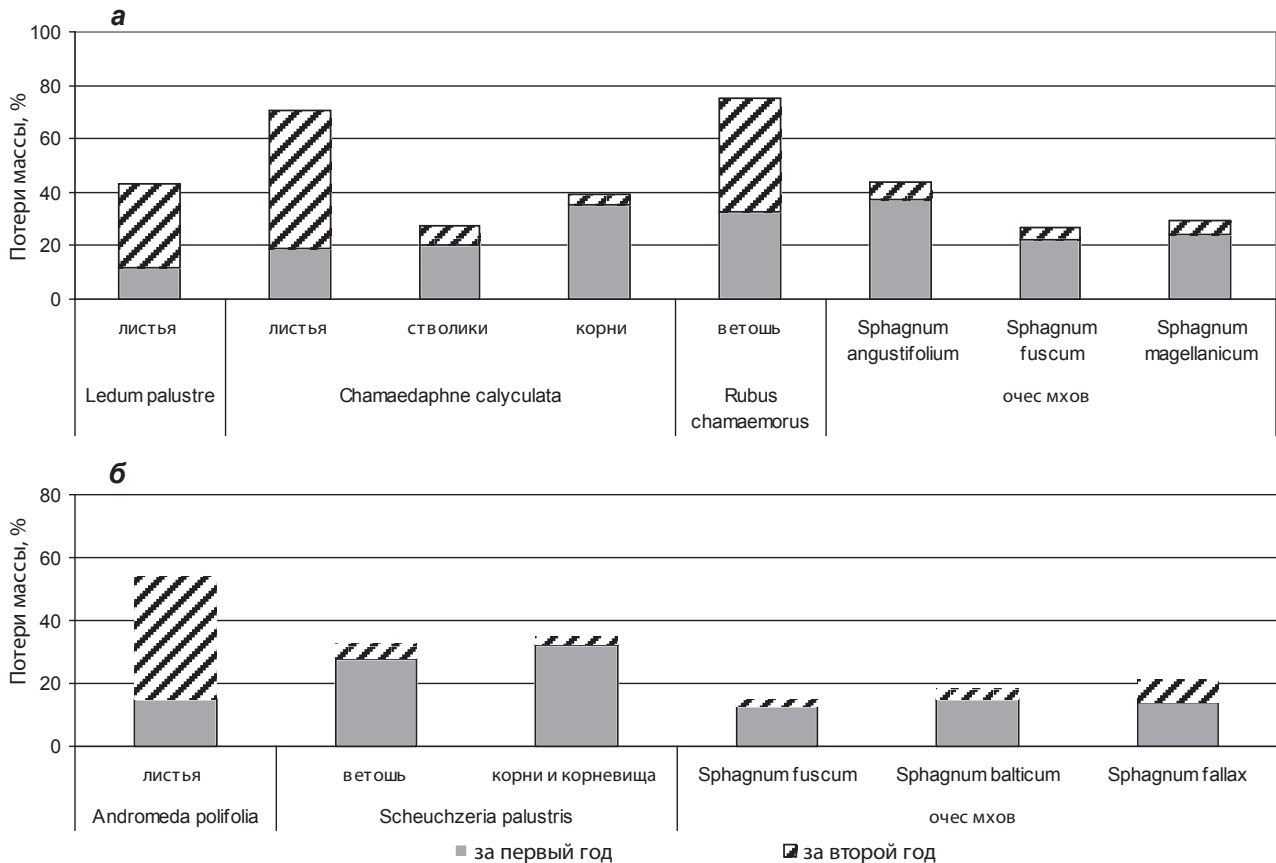


Рис. 3. Разложение фракций растений: а – на гряде и б – в мочажине грядово-мочажинного комплекса

составили 26.6 %; в Карелии [13] за год потери составили 24.5 %, по нашим данным; потери при разложении ветоши листьев осок в южной тайге составили в среднем 35 %. По данным Л. С. Козловской с соавторами [7], потери при разложении ветоши листьев пушиц за год составили 68.7 %; по данным М. С. Боч [13], на болоте Ламмин-Суо (заповедник «Дружба», Карелия) – 23.1 %, наши данные близки данным М. С. Боч – 30 %. Потери при разложении морошки и вахты в Ламмин-Суо составили 35.2 %; по нашим данным, потери составили 40 %. Торфяные болотные экосистемы Ламмин-Суо расположены в южной тайге европейской части России [13] и соответствуют южной тайге Западной Сибири. Скорость деструкции трав близка для азиатской и европейской частей южнотаежной подзоны России и лесной зоны Северной Америки.

Разложение сфагновых мхов на примере *Sphagnum fuscum* также изучали Д. М. Ваддингтон [14] на сфагновом болоте в Канаде, провинция Квебек, и Т. Хайек [15] на горном верховом болоте в Чехии. При сравнении результатов исследования можно сказать, что наиболее медленно *Sphagnum fuscum* разлагался в Канаде, а быстрее всего – на горном болоте в Чехии; на грядах южной тайги наблюдалась средняя скорость разложения. Потери массы после двух лет экспериментов составили

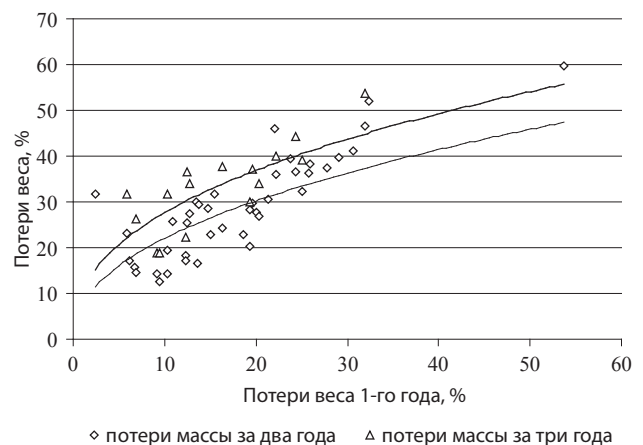


Рис. 4. Изменение потери массы во времени в зависимости от потери веса в первый год деструкции очеса сфагнового мха

13 % на канадском болоте и на 10 % больше на чешском болоте. По истечении трех лет потери массы *Sphagnum fuscum* на канадском болоте были в два раза меньше, чем в болотных экосистемах южной тайги.

Таким образом, по устойчивости к разложению растительность болотных экосистем разделилась на 3 группы: 1) не фиксирующиеся в ботаническом составе залежи болот, быстро и полностью разла-

гающиеся (потери за два года более 60 % – ветошь и корневища вахты; ветошь морошки и листья *Chamaedaphne calyculata*; вахта, разнотравье), 2) постоянно фиксирующиеся в ботаническом составе торфа, разлагающиеся со средней скоростью (потери за два года от 30 до 60 % – листья кустарничков *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*; корни кустарничков; корни вахты; ветошь, корни, корневища осок и шейхцерии; все фракции кустарничков), 3) медленно разлагающиеся (потери за два года меньше 30 % – стволики кустарничков, узлы кушения и корни пушицы, все сфагновые мхи). По скорости разложения фракции кустарничков можно выстроить в ряд: зеленые листья, опавшие листья, корни и самая трудноразагаемая фракция – это стволики. Корни кустарничков за 2 года разложения теряют половину исходного веса. На повышенных элементах рельефа в рьях и грядах, где кустарничковый ярус хорошо выражен и вклад которого в запасы фитомассы в надземной и подземной сфере составляет до 40 %, фракции ку-

старничков разлагаются быстрее, чем в мочажинах. По скорости разложения виды кустарничков можно расположить в следующем порядке: *Betula nana*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polifolia*. Потери при разложении травяной растительности колеблются от 25 до 50 %. Максимальная скорость разложения наблюдается у вахты. Узлы кушения и корни осок и пушиц – медленно разлагающаяся фракция. Масса подземных органов осок за 2 года исследования потеряла 50 % исходного веса. Сфагновые мхи теряют всего треть исходного веса за 2 года деструкции. Таким образом, можно сказать, что основными торфообразователями на болотах верхового типа Васюганья являются сфагновые мхи. Их вклад в продуктивность болот Васюганья большой, а очес сфагновых мхов разлагается в 1.5–2 раза медленнее, чем листья и подземные органы сосудистых растений. За год сумма потерь всех фракций живого растительного вещества в болотных экосистемах колеблется в пределах 15–27 % величины прироста.

Список литературы

1. Schlesinger. Carbon balance in terrestrial detritus // Annual review of ecology and systematics. 1977. Vol. 8. P. 51–81.
2. Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming // Ecological Application. 1991. Vol. 1. № 2. P. 182–195.
3. Вомперский С. Э. и др. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запасы углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.
4. Заварзин Г. А., Кудеяров В. Н. Почвы как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестн. Российской академии наук. 2006. Т. 76. № 1. С. 14–29.
5. Вомперский С. Э. и др. Заболоченность территории России как фактор связывания углерода // Круговорот углерода на территории России. М., 1999. С. 127–179.
6. Сергеева М. А., Инишева Л. И. Биогеохимические процессы в олиготрофных торфяных залежах Васюганского болота // Вестн. Томского гос. пед. ун-та (Tomsk State Pedagogical University Bulletin). 2008. Вып. 4. С. 57–64.
7. Козловская Л. С., Медведева В. М., Пьявченко Н. И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., 1978. 173 с.
8. Косых Н. П., Миронычева-Токарева Н. П., Блейтен В. Продуктивность болот южной тайги Западной Сибири // Вестн. Томского ун-та. 2002. № 2.
9. Чернова Н. М. и др. Сукцессионные изменения свойств и животного населения разлагающихся в почве растительных остатков // Экология почвенных беспозвоночных. М., 1973. С. 181–195.
10. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1965. 251 с.
11. Bartsch I., Moore T. R. A preliminary investigation of primary production and decomposition in four peatlands near Schefferville, Quebec // Can. J. Bot. 1985. Vol. 63. P. 1241–1248.
12. Загуральская Л. М. Разложение некоторых растений-торфообразователей в естественных условиях // Взаимоотношения леса и болота. М., 1967. С. 82–89.
13. Боч М. С. Некоторые закономерности разложения растений на болотах как основа динамики болот // Генезис и динамика болот. М., 1978. Вып. 1. С. 18–24.
14. Waddington J. M. et al. *Sphagnum* production and decomposition in a restored cutover peatland // Wetlands Ecology and Management. 2003. № 11. P. 85–95.
15. Hajek T. Ecophysiological adaptations of coexisting *Sphagnum* mosses // PhD thesis. Institute of Systems Biology and Ecology Czech Academy of Sciences. Trebon, 2008. 98 p.

Вишнякова Е. К., кандидат биологических наук, мл. научный сотрудник.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН.

Ул. Советская, 18, Новосибирск, Россия, 630099.

Миронычева-Токарева Н. П., кандидат биологических наук, ст. научный сотрудник, зав. лабораторией БГЦ.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН.

Ул. Советская, 18, Новосибирск, Россия, 630099.

E-mail: nina@issa.nsc.ru

Косых Н. П., научный сотрудник.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН.

Ул. Советская, 18, Новосибирск, Россия, 630099.

E-mail: kosykh@issa.nsc.ru

Материал поступил в редакцию 04.04.2011.

E. K. Vishnyakova, N. P. Mironycheva-Tokareva, N. P. Kosykh

DECOMPOSITION DYNAMICS OF PLANTS OF BOGS (DATA: VASYUGAN BOG)

The article describes decay dynamics of dominant plant species in bog complexes of the south taiga subzone in West Siberia. On bog plant material decomposition has taken place during warm time of year when water table was low and oxygen passed easily in upper part of peat. Plant fractions are divided into two types in accordance of the character decay. Plant fractions are grouped in three groups relatively of rate decay. The maximum decay rate belongs to *Menyanthes trifoliata* L., the leaves and rhizomes losses are 80 % mass relatively initial value after two years of experiments. The roots and rhizomes of *Eriophorum vaginatum* L. decomposed slowly then other fractions; the losses were 20 % after two years of experiments. Sphagnum mosses were lost from 20 to 40 % of mass.

Key words: *bog, West Siberia, decomposition, fractions of plant matter, sphagnum mosses.*

Vishnyakova E. K.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS.

Ul. Sovetskaya, 18, Novosibirsk, Russia, 630099.

Mironycheva-Tokareva N. P.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS.

Ul. Sovetskaya, 18, Novosibirsk, Russia, 630099.

E-mail: nina@issa.nsc.ru

Kosykh N. P.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS.

Ul. Sovetskaya, 18, Novosibirsk, Russia, 630099.

E-mail: npkosykh@mail.ru