

Изменение массы торфа в процессе его разложения на болотах Польши и Западной Сибири

Н. Г. КОРОНАТОВА, С. В. ШИБАРЕВА

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail: argenta@issa.nsc.ru*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты полевого эксперимента по деструкции торфа в торфяных залежах болот Западной Сибири и Польши. Выявлено два основных фактора, влияющих на динамику массы торфа: положение в рельефе и участие подземных органов травянистых растений. В ряме, повышенном болотном микроландшафте, в верхнем слое торфа получены максимальные значения потери массы торфа, в нижнем слое потери минимальные. Во всех топяных экосистемах, которые являются пониженными микроландшафтами, на разной глубине получены сходные значения потерь массы торфа. В болотных экосистемах с большим участием трав в фитоценозе запас торфа в верхнем полуметровом слое залежи пополняется отмирающими подземными органами растений.

Ключевые слова: верховое болото, деструкция, торф, степень разложения торфа, живые подземные органы растений.

В настоящее время верховые болотные экосистемы активно исследуются в связи с их ролью в глобальном цикле углерода. Разложение растительных остатков является составной частью круговорота веществ в болотных экосистемах. Деструкция растительного вещества изучена недостаточно, имеются значительные расхождения в получаемых результатах при деструкции одного и того же вида [1–4]. Большая часть российских и зарубежных работ посвящена изучению болот Карелии и Канады [1, 5–8], в этих работах показано, что сфагны разлагаются значительно медленнее, чем сосудистые растения. В то же время считается, что лишь 10–16 % от чистой первичной продукции болот, где основные продуценты – сфагны, участвует в торфообразовании, а остальное минерализуется [1, 9].

Данные по разложению торфа получены в основном в математических моделях, и эти оценки низки. При построении моделей предполагается, что основное разложение растительного материала происходит в верхнем аэробном торфяном слое, а ниже уровня болотных вод (УБВ) интенсивность деструкции крайне замедлена [9]. В модели динамики торфа верховых болот, построенной Frolking с соавт. [10], показано участие подземных органов сосудистых растений в торфообразовании. Есть лишь небольшое число работ, где минерализация торфа изучалась в лабораторных и полевых исследованиях [11, 12]. В этих работах скорость минерализации торфа определялась по эмиссии углекислого газа, она составила 59–140 мкг углерода на 1 г торфа в день [11].

Цель данной работы – определить изменение массы торфа при его разложении выше и ниже уровня болотных вод в полевом эксперименте на болотах Польши и Западной Сибири.

Коронатова Наталья Геннадьевна
Шибарева Светлана Васильевна

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Западной Сибири исследование проводилось в болотных экосистемах Бакчарского болотного комплекса, который является частью Большого Васюганского болота, в Польше – на болоте Пальмира [13]. Характеристика объектов приведена в табл. 1. На Бакчарском болоте параллельная закладка образцов торфа сделана в трех болотных экосистемах: транзитной мезоолиготрофной топи (далее “топь”), краевой, переходной к рямю части этой топи (далее “край топи”) и на ряме. Топяные экосистемы являются представителями пониженных болотных микроландшафтов, рям – представителем повышенного микроландшафта.

В каждой из данных экосистем извлечен большой монолит торфа с глубины 40–60 см. Торф перебирали вручную для удаления крупных объектов: корневищ, кусочков древесины и т. п. Затем каждый вид торфа высушивали в сушильном шкафу при температуре 80 °С. Образцы торфа помещали в капроновые или нейлоновые мешочки с размером ячеек 0,2–0,3 мм по 2 г.

Мешочки с торфом помещали выше и ниже уровня болотных вод: на Бакчарском

болотном комплексе на глубину 5–10 и 25–30 см от поверхности сфагнового покрова в топяных экосистемах. На ряме закладка сделана с учетом нанорельефа: на глубину 5–10 см на кочках и 25–30 см в межкочьях. На болоте Пальмира образцы торфа закладывали на глубину 25–30 и 55–60 см, поскольку в год закладки болотные воды стояли низко. Закладка образцов торфа проводилась с 11 по 15 июня 2006 г. на Бакчарском болоте и 8 августа 2006 г. на болоте Пальмира. Отбор проб производился в Польше через 0,5; 1,5; 2,7; 9,6 и 12 мес., на Бакчарском болоте – через 0,5; 1,5; 2,5; 3,7; 12 и 27 мес. в повторности 5–8 шт. Из проб выбирали живые корни и корневища, проросшие в торф от растущих трав и кустарничков. Фракции корней и торфа без корней отдельно высушивали и взвешивали. В местах закладки проб устанавливали датчики температуры, которые фиксировали ее шесть раз в сутки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прогревание торфяной залежи за летний период. Болото Пальмира прогревалось лучше Бакчарского (табл. 2), где на большой глубине (60 см) средняя температура в июне

Т а б л и ц а 1
Характеристика объектов исследования

Параметр	Западно-сибирское болото, 56° с. ш. 82° в. д.			
	Польское болото, 54° с. ш. 23° в. д.		Топь	Край топи
Доминирующие виды	<i>Sphagnum fallax</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Betula</i> sp.	<i>Sphagnum fallax</i> , <i>Carex rostrata</i>	Мочажины – <i>Sphagnum fallax</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> ; кочки – <i>Sphagnum angustifolium</i> , <i>Chamaedaphne calyculata</i>	<i>Sphagnum fuscum</i> , <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Pinus sylvestris</i>
Проективное покрытие трав, %	90	80	30	5
Глубина торфа, м	1,35	1,5–2,0	1,5–2,0	2,0
Степень разложения торфа на глубине 40–60 см, %	45–60	20–30	10–15	5–10
Ботанический состав торфа на глубине 40–60 см, %	Остатки <i>S. fallax</i> , остатки <i>Er. vaginatum</i> , живые корни <i>Er. vaginatum</i>	Остатки <i>S. fallax</i> , остатки <i>C. rostrata</i> , живые корни и корневища <i>C. rostrata</i>	Остатки <i>S. fallax</i> , живые корни <i>Er. vaginatum</i>	Остатки <i>S. fuscum</i> , живые корни кустарничков

Т а б л и ц а 2

Среднемесячные температуры, °С

Месяц	Польская топь		Сибирская топь		Сибирский рям	
	30 см	60 см	10 см	30 см	10 см	30 см
Июнь	18,3	14,6	14,9	12,7	11,8	9,0
Июль	Нет данных		17,6	14,6	17,1	9,4
Август	15,1	11,2	13,4	12,0	12,5	9,0

составила почти 15 °С. На Бакчарском болоте в летний период наиболее прогретыми (до 12–18 °С) были верхние слои торфа, здесь же наблюдалась выраженная суточная амплитуда температур (рис. 1). На глубине 30 см торфяная залежь прогревалась летом до 9–15 °С, суточная амплитуда температур не наблюдалась.

Морфологические изменения проб торфа. В топяных экосистемах Польши и Западной Сибири видимых изменений образцов торфа с течением времени не наблюдалось. Пробы торфа были равномерно окрашены по всему объему и визуально не отличались от окружающей торфяной залежи. Степень разложения не менялась. В ряме в нижнем слое торфяной залежи морфологических изменений образцов также не наблюдалось. В верхнем слое ряма отмечены следующие изменения. Через год произошло измельчение торфа. Затем по периферии проб появились участки темно-коричневого цвета, мажущие (степень разложения составила 40–50 %), густо

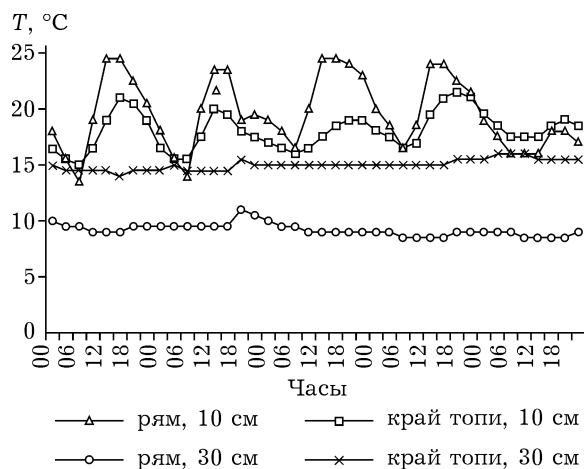


Рис. 1. Амплитуда температур (°С) в течение пяти дней (1–5 июля 2006 г.) на разных глубинах в краевой части топи и на ряме

пронизанные живыми корнями кустарничков. Через 27 мес. некоторые пробы стали такими по всему объему. Надо отметить, что торфяной очес ряма, куда были помещены данные пробы торфа, не имел признаков разложения, его степень разложения не превышала 5 %.

Изменение массы торфа без учета живых корней. В первые дни инкубации торфа его масса заметно снизилась на обеих глубинах (рис. 2). Дальнейший ход кривой для верхнего слоя схож для топей Польши и Западной Сибири. Потери массы торфа в этих экосистемах мало различались на разных

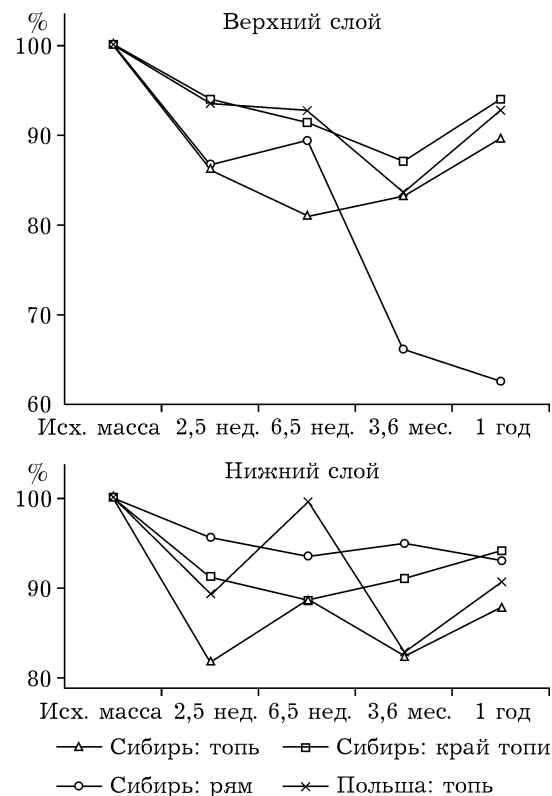


Рис. 2. Изменение массы торфа (без учета живых корней) в ходе эксперимента, %

Скорость изменения массы торфа (г сух. вещества в сутки на 100 г торфа)

Экосистема и глубина закладки проб	Первые 2,5 нед. 2006 г.	Лето 2006 г.	Осень–весна 2006–2007 гг.	Лето 2007 г.	Осень 2007–осень 2008 г.
Бакчарский рям: 10 см	-0,750	-0,225	-0,014	-0,076	-0,028
30 см	-0,306	+0,005	-0,008	-0,052	+0,030
Бакчарская топь: 10 см	-0,167	-0,110	+0,028	-0,214	-0,005
30 см	-0,222	-0,055	+0,012	-0,038	+0,008
Польская топь: 30 см	-0,406	-	-0,033	+0,146	-
60 см	-0,669	-	-0,022	+0,127	-

глубинах. На ряме в верхнем аэрируемом прогревом и влажном слое наблюдались значительные потери массы торфа в связи с оптимальными условиями жизнедеятельности редуцентов. В нижнем слое ряма потери массы торфа были минимальные.

Скорость потери массы торфа была наибольшей в первые 2,5 нед. инкубации и максимальной на ряме (табл. 3). Затем скорость деструкции снизилась, а в осенне-весенний период в болоте Польши и в летний период в топи Западной Сибири произошло увеличение массы торфа. Причины увеличения массы торфа в отдельные периоды будут рассмотрены далее. Полученные данные по по-

терям массы торфа сходны с таковыми для болот Канады [11], хотя методы определения скорости разложения были иными.

Динамика массы торфа, корней и торфяных проб вместе с корнями. В топях Польши и Западной Сибири, где роль трав в фитоценозе велика, наблюдалась четкая обратная зависимость между изменением массы корней и торфа без корней: при увеличении массы одной фракции масса другой уменьшалась, и наоборот (рис. 3). Прорастающие в мешочки корни трав со временем отмирали и пополняли запас торфа. Когда корни активно росли, запасы торфа не пополнялись и его масса уменьшалась в результате разло-

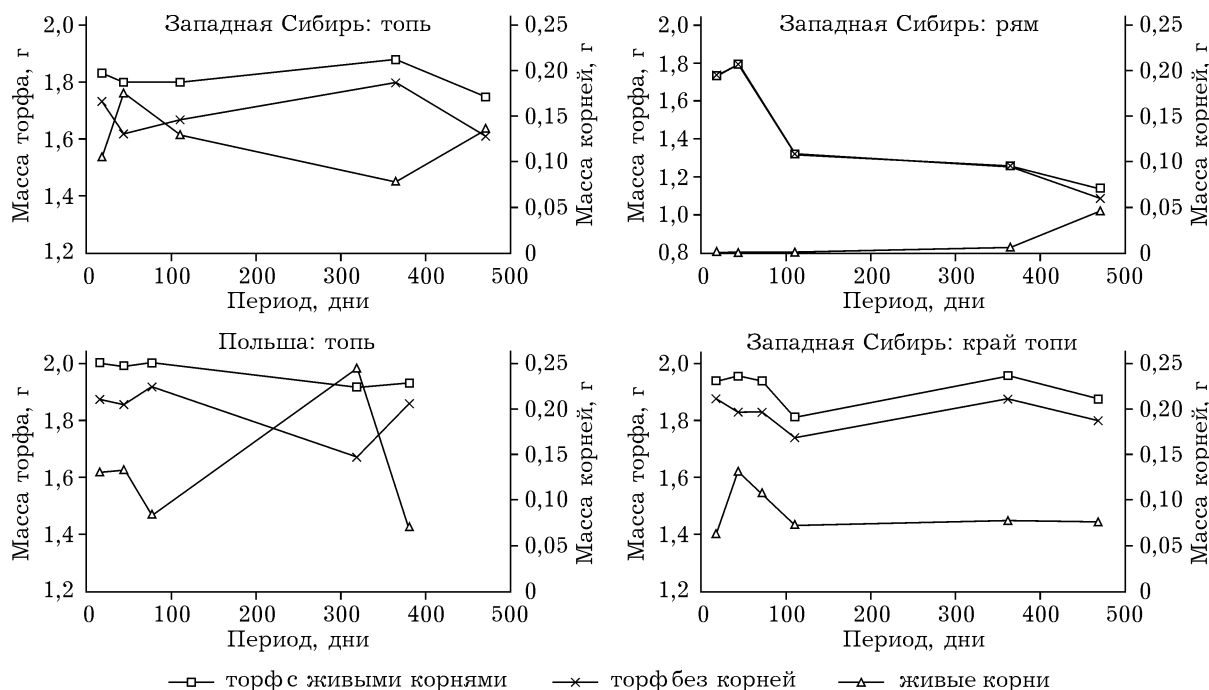


Рис. 3. Динамика массы торфа и корней в пробах, заложенных в верхнем слое

жения. При этом общий запас торфяной массы с корнями менялся мало. В краевой части топи Бакчарского болота, где проективное покрытие трав значительно ниже (см. табл. 1), масса прорастающих корней в пробах невелика и относительно постоянна, а их вклад в пополнение запаса торфа также невелик. В ряме масса прорастающих корней в пробах торфа была минимальной, их отмирание не компенсировало потери торфа при разложении, поэтому общий запас торфяной массы со временем уменьшался.

Подсчитаны прирост и убыль массы живых корней и торфа за разные периоды времени. В экосистемах Бакчарского болота выделены следующие процессы по периодам (табл. 4). В топяных экосистемах:

- начало лета: в обеих топяных экосистемах происходили минерализация торфа и прирост корней, кроме нижнего слоя топи, где масса торфа также увеличивалась;
- вторая половина лета и осень: деструкция корней и торфа, либо пополнение торфа за счет отмирающих корней;
- зима – весна: торф пополнялся за счет отмирающих корней, весной отрастали корни;

- лето – осень следующего года: в краевой части топи происходили минерализация торфа и корней, в центральной части – наоборот, некоторый прирост этих фракций.

За год: почти во всех экосистемах на обеих глубинах происходили деструкция торфа и прирост корней, причем в нижнем слое топяных экосистем прирост корней превышал убыль торфа.

На ряме в верхнем слое происходила минерализация торфа, наиболее активно протекавшая в первый летний период. Потеря массы торфа в нижнем слое невелика. Прирост и убыль корней были малы и проявлялись на второй год эксперимента.

В польском болоте также подсчитана динамика запасов корней и торфа по периодам (табл. 5):

- осень: корни отмирали и пополняли торф;
- зима – весна: деструкция торфа и весенний прирост корней;
- лето – осень: корни отмирали и пополняли торф.

За год: происходило отмирание корней, масса торфа менялась мало – в верхнем слое торф минерализовался, в нижнем – прирастал за счет отмирающих корней.

Т а б л и ц а 4

Динамика массы корней и торфа в болотах Бакчарского массива, г сух. вещества на 100 г исх. образца

Глубина	Фракция	Июнь – июль	Июль –	Ноябрь 2006 г. –	Июнь – октябрь	Год (октябрь
		2006 г.	октябрь 2006 г.	май 2007 г.	2007 г.	2007 г. – сентябрь 2008 г.)
<i>Рям</i>						
10 см	Торф	+3,0	-23,5	-3,5	-8,0	-11,5
	Корни	0	0	+0,3	+2,0	+2,3
30 см	Торф	-1,0	+1,5	-2,0	-5,5	-7,5
	Корни	0	0	+0,3	-0,2	+0,1
<i>Край топи</i>						
10 см	Торф	-2,5	-4,4	+7,0	-4,0	+3,0
	Корни	+3,5	-3,0	+0,2	-0,1	+0,1
30 см	Торф	-2,8	+2,6	+3,0	-4,0	-1,0
	Корни	+2,3	-3,1	+2,0	-0,7	+1,3
<i>Топь</i>						
10 см	Торф	-5,3	+2,3	+6,5	-9,3	-2,8
	Корни	+3,6	-2,3	-2,6	+2,9	+0,3
30 см	Торф	+7,0	-6,4	+5,5	+0,4	-0,7
	Корни	+2,5	-0,9	+3,7	+0,4	+4,3

Динамика массы корней и торфа в польской топи, г сух. вещества на 100 г исх. образца

Глубина	Фракция	Сентябрь – ноябрь 2006 г.	Ноябрь 2006 г. – июль 2007 г.	Июль – сентябрь 2007 г.	Год (сентябрь 2006 г. – сентябрь 2007 г.)
30 см	Торф	+2,3	-12,2	+9,2	-0,7
	Корни	-2,3	+8,0	-8,7	-3,0
60 см	Торф	+5,0	-11,6	+8,0	+1,4
	Корни	-5,0	+6,2	-7,8	-6,6

Таким образом, в болотных экосистемах с развитым травяным покровом заметную роль в торфообразовании играют корни сосудистых растений. В топяных экосистемах складывались похожие условия на обеих глубинах в связи с обводненностью и проникновением кислорода в корнеобитаемую зону [10]. Поэтому в топях динамика массы торфа и корней происходила сходно на обеих глубинах. В ряме верхний и нижний слои торфа значительно различались по гидротермическим условиям и обеспеченности кислородом. Поэтому здесь получены разные значения потери массы торфа и прироста корней в аэробной и анаэробной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении данного эксперимента выявлено два основных фактора, влияющих на динамику массы разлагающегося торфа. Во-первых, разложение торфа различается в повышенных и пониженных болотных микроландшафтах. В верхнем слое ряма, представителя повышенного микроландшафта, складываются благоприятные условия для редуцентов: здесь тепло, влажно и достаточно кислорода. Поэтому здесь происходит минерализация торфа. В нижнем, анаэробном и плохо прогреваемом слое торфяной залежи ряма потери массы торфа были минимальные. В топяных экосистемах, которые являются пониженными болотными микроландшафтами, все слои торфа насыщены водой, гидротермические условия сходны, поэтому разложение торфа происходит аналогично на разных глубинах. Во-вторых, в экосистемах с большим участием трав в фитоценозе (польская и сибирская топи) велика роль кор-

ней и корневищ в торфообразовании. Подземные органы осок и пушиц диаметром до 2–3 мм проникают в мешочки и разрастаются в пробах, а после отмирания заметно пополняют запас торфа. Без учета массы корней оценка разложения торфа значительно увеличивается. В топяных экосистемах поступление торфа осуществляется не только сверху, но и в его толще – в зоне распространения корней за счет отмирания подземных органов сосудистых растений. В экосистемах с небольшим участием трав вклад подземных органов в торфообразование невелик. Так, в ряме, где участие трав в фитоценозе мало, в пробы торфа проникают преимущественно мелкие сосущие корни кустарничков диаметром менее 0,3 мм, которые, несмотря на большое количество, дают маленькую суммарную массу и не участвуют в пополнении запаса торфа. Кроме того, в верхнем слое ряма, где гидротермические условия благоприятны для редуцентов, после отмирания мелкие корни кустарничков, скорее всего, быстро минерализуются.

Таким образом, в толще торфа одновременно происходит несколько процессов: прирост корней, их отмирание, переход в торф и их минерализация, а также минерализация торфа. В экосистемах с развитым травяным покровом эти процессы наблюдаются по всей зоне распространения корней, которая может простираться значительно ниже уровня болотных вод. Динамическое равновесие этих связанных между собой процессов обеспечивает постоянство запасов разных компонентов и создает впечатление неизменности торфяной залежи и “заторможенности” процессов в ней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская Л. С. и др. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л., 1978. 173 с.
2. Turetsky M. R. Contemporary carbon balance in continental peatlands affected by permafrost melt // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: материалы Международного полевого симпозиума (Ноябрьск, 18–22 августа 2001 г.). Новосибирск: ООО “Агентство Сибпринт”, 2001. С. 133–135.
3. Паршина Е.К. Разложение растительного вещества в лесотундре // Сиб. экол. журн. 2007. № 5. С. 781–787.
4. Паршина Е. К. Разложение растительных остатков на верховых болотах средней тайги // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: материалы Второго Междунар. полевого симп. (Ханты-Мансийск, 24 августа – 2 сентября 2007 г.). Томск: Изд-во НТЛ, 2007. С. 119–121.
5. 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.
6. Verhoeven J. T. A., Toth E. Decomposition of *Carex* and *Sphagnum* litter in fens: effect of litter quality and inhibition by living tissue homogenates // Soil Biol. Biochem. 1995. Vol. 27. P. 271–275.
7. Waddington J. M., Rochefort L., Campeau S. *Sphagnum* production and decomposition in a restored cutover peatland // Wetl. Ecol. Manag. 2003. Vol. 11. P. 85–95.
8. Hobbie S. E., Gough L. Litter decomposition in moist acidic and non-acidic tundra with different glacial histories // Oecologia. 2004. Vol. 140. P. 113–124.
9. Clymo R. S. The limits to peat bog growth // Philos. Trans. Rl Soc. London. 1984. Series B. Vol. 303. P. 605–654.
10. Frolking S. et al. Modelling northern peatland decomposition and peat accumulation // Ecosystems. 2001. Vol. 4. P. 479–498.
11. Louis V. L. ST. et al. Mineralisation rates of peat from eroding peat islands in reservoirs // Biogeochemistry. 2003. Vol. 64. P. 97–110.
12. Turetsky M. R. Decomposition and organic matter quality in continental peatlands: the ghost of permafrost past // Ecosystems. 2004. Vol. 7. P. 740–750.
13. Биеньковски П. и др. Изменение элементного состава фитомассы сфагновых мхов в процессе торфообразования // Вестник Том. гос. пед. ун-та. 2008. № 4. С. 30–34.

Peat Mass Changing During Decomposition in the Mires of Poland and Western Siberia

N. G. KORONATOVA, S. V. SHIBAREVA

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS
630099, Novosibirsk, Sovetskaya, 18
E-mail: argenta@issa.nsc.ru*

In the article, results of field experiment on peat decomposition in peat deposits of mires in Western Siberia and Poland are presented. Two principal factors determining the dynamics of peat mass changing are revealed: position in a relief and contribution from the underground organs of grassy plants. The maximal values of peat mass loss were obtained for the raised bog, an upland mire microlandscape, the upper layer of peat; the mass loss was minimal in the deeper layer. In all the fen ecosystems which are the lowland microlandscapes, similar values of peat mass losses at different depths were obtained. In mire ecosystems with the high share of grasses in phytocenosis, the peat deposit in the upper half-meter layer is replenished with dying off underground plant organs.

Keywords: ombrotrophic mire, decay, peat, degree of peat decomposition, living underground plant organs.