

ЭКОМОНИТОРИНГОВЫЕ ОПИСАНИЯ ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭТАЛОННЫХ БОЛОТНЫХ СООБЩЕСТВАХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ

ECOMONITORING DESCRIPTIONS OF PRODUCTION-DESTRUCTION PROCESSES IN REFERENCE MARSH COMMUNITIES OF THE NON-BLACK EARTH REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Ye. Nozdracheva
M. Avramenko
O. Chigray
R. Isaev
L. Anishchenko

Summary. The processes of formation of underground and aboveground phytomass in the bog tracts of the natural monument «Boloto Teploe» of the Karachevsky district of the Bryansk region are considered. The aim of the work is to identify the features of accumulation of organic matter and changes in the rate of decomposition processes using the example of reference communities of «Boloto Teploe» for the organization of biomonitoring studies within the framework of the carbon problem. Vegetation in the grassy and woody areas of the bog was inventoried. It was determined that the aboveground and underground phytomass is most significant for tall-grass communities of the *Cirsio oleracei-Piceetum abietis* association, as well as open bog tracts of the *Caricetum cespitosae* association, and swampy pine forests of the *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* community. Significant indicators characterize the phytomass of trunks and leaves in sphagnum spruce and pine forests: biomass reserves vary depending on the size of trees and their number in the sample plot. The highest content of organic matter was recorded for tree communities in bog tracts, for the section of tall-grass spruce forest of the *Cirsio oleracei-Piceetum abietis* association community. The highest indicators of decomposition of organic residues were found for the conditions of communities of the *Climacio-Betuletum pubescentis* association, the lowest — for communities of the *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* association. It was found that woody bogs in the reference areas make a greater contribution to carbon conservation (lower rate of decomposition of residues) compared to grassy bogs; more waterlogged grassy areas of bogs — conserve carbon better than less waterlogged ones, as well as hygrophytic meadow habitats.

Keywords: swamps, production, destruction processes, biodiversity, carbon cycle, Non-Black Earth Region of the Russian Federation.

Ноздрачева Едена Владимировна

кандидат биологических наук, доцент,
 ФБОУ ВО «Брянский государственный университет
 имени академика И. Г. Петровского»
 e nozd-ev@mail.ru

Авраменко Марина Васильевна

кандидат биологических наук, доцент,
 ФБОУ ВО «Брянский государственный университет
 имени академика И. Г. Петровского»
 avramenko_marina84@mail.ru

Чиграй Ольга Николаевна

кандидат биологических наук, старший преподаватель,
 ФБОУ ВО «Брянский государственный университет
 имени академика И. Г. Петровского»
 chigrai-olga@mail.ru

Исаев Руслан Исагаджиевич

аспирант, ФБОУ ВО «Брянский государственный
 университет имени академика И. Г. Петровского»

Анищенко Лидия Николаевна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
 ФБОУ ВО «Брянский государственный университет
 имени академика И. Г. Петровского»
 eco_egf@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены процессы образования подземной и надземной фитомассы в болотных урочищах памятника природы «Болото Тёплое» Карачевского района Брянской области. Цель работы — выявить особенности накопления органического вещества и изменение скорости процессов разложения на примере эталонных сообществ «Болото Тёплое» для организации биомониторинговых исследований в рамках карбоновой проблемы. Инвентаризирована растительность на травяных и древесных участках болота. Определено, что надземная и подземная фитомасса наиболее значительна для высокотравных сообществ ассоциации *Cirsio oleracei-Piceetum abietis*, также открытых болотных урочищ ассоциации *Caricetum cespitosae*, заболоченных сосняков сообщества *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris*. Значительными показателями характеризуется фитомасса стволов и листьев в ельниках сфагновых и сосняках: запасы биомассы изменяются в зависимости от размера деревьев и числа на пробной площадке. Наибольшее содержание органических веществ зарегистрировано для древесных сообществ в болотных урочищах, для участка высокотравного ельника сообщества ассоциации *Cirsio oleracei-Piceetum abietis*. Наибольшие показатели разложения органических остатков выявлены для условий сообществ ассоциации *Climacio-Betuletum pubescentis*, наименьшие — для сообществ ассоциации *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris*. Выявлено, что древесные болота на эталонных участках вносят больший вклад в сохранение углерода (меньшая скорость разложения остатков) по сравнению с травяными болотами; более обводнённые травяные участки болот — сохраняют углерод лучше, чем менее обводнённые, а также гидрофитные луговые местообитания.

Ключевые слова: болота, продукция, деструкционные процессы, биоразнообразие, цикл углерода, Нечерноземье РФ.

Введение

Болотные сообщества различной степени сохранности, гидрологического режима и трофического статуса имеют статус не только как рефугиума биологического разнообразия, но и формируют буферную систему при дисбалансах в биогеохимических циклах углерода [1]. Обоснована ведущая роль обширных по площади болот в Сибирском и Северо-Западном округе в регулировании потоков углерода и снижении остроты карбоновой проблемы для России и мира в целом [2–4]. Староосвоенные территории Нечерноземья РФ и административный центр — Брянская область — потеряли обширные болотные местообитания в результате мелиоративных мероприятий и разработок: к настоящему моменту площади болот не превышают 3,4 % от общей и не являются доминирующим элементом ландшафтов. Однако данные созданной экомониторинговой базы по региону свидетельствуют о значительном вкладе болотных местообитаний в сток углерода. Значительная часть сохранившихся и восстанавливающихся после антропогенного вмешательства болот в Брянской области взята под охрану и для них отсутствуют данные по продукционно-деструкционным процессам и углеродному циклу. В связи с вышеизложенным цель работы — выявить особенности накопления органического вещества и изменение скорости процессов разложения на примере эталонных сообществ в обширном болотном массиве «Болото Тёплое» Карачевского района Брянской области достаточно актуальна.

Материалы, методы и методики

«Болото Тёплое» — один из уникальных памятников природы Брянской области, болотные массивы которого включают много уникальных растительных сообществ с редкими видами [5]. Охраняемая региональная территория расположена в Пальцовском полесье на границе физико-географических провинций и ботанико-географических подзон широколиственных и хвойно-широколиственных лесов, растительный покров которого значительным образом изменён антропогенным воздействием [6]. В памятнике природы все сообщества подвергались преобразованиям при промышленной добыче торфа, однако за более чем 50-летний период сукцессионные процессы привели к мозаичному восстановлению и сохранению биоценозов, некоторые из них сохранили карбонатное водно-минеральное питание. Некоторые из сообществ ассоциаций растительности наблюдаются в рамках рекомендаций Зелёной книги Брянской области [7].

Растительные сообщества болотного памятника природы описывались в реперных точках на маршрутах согласно методике эколого-флористической классификации школы Ж. Браун-Бланке (1964); заложено 85

пробных площадок [8]. Учитывали число мохообразных в напочвенном покрове, а также на разложившемся валеже. Названия сообществ указаны согласно кодексу фитосоциологической номенклатуры; аналоги биоценозов описаны при исследовании других местообитаний. Для сообществ оценивалось альфа-разнообразие как видовое богатство и видовая насыщенность, бета-разнообразие — в понимании индекса разнообразия Симпсона [9].

Оценивали биологическую продуктивность укосным методом, подземную продукцию выявляли методом монолитов в июле-первой декаде августа. Запасы надземной фитомассы оценивали площадным методом: растительное вещество собирали с укосных площадок 25х25 см в 4-х повторностях, вычисляли среднее [10]. Запасы подземной фитомассы определяли в монолитах площадью 5х5 см глубиной до 15 см; опад — отмершие части травянистых и древесно-кустарниковых форм — собирали с площадок 25х25 см перед вырезанием монолита; учитывали и массу ветоши — отмерших частей растений, не потерявших связь с растением (для осок) [11].

Чистая первичная продукция рассчитывалась как сумма надземной и подземной биомассы [12, 13]. Пробы почвы отбирались общепринятым способом [14].

Аппликационным методом устанавливали скорость разложения целлюлозы (ЦА), выявляя активность целлюлаз; определяли потенциальную деструкцию (измерение в оптимальных статических экологических условиях в лаборатории) и актуальную (измерение непосредственно в природе). При наблюдении за потенциальной скоростью деструкции в качестве экспонированного материала использовали воздушно-сухую надземную биомассу. Растительные остатки экспонировали в течение 2 месяцев в почвах (субстратах) с того же участка. Активность целлюлозоразрушающих бактерий оценивали по шкале, разработанной Д.Г. Звягинцевым (1987) [15].

Эксперимент проводился в течение 2022–2024 гг., при этом погодные условия в годы проведения мониторинговых работ определялись как типичные для Брянской области, но за весь период наблюдений средняя температуры была выше среднемноголетних значений на 2–4 градуса.

В почвенных образцах устанавливали содержание углерода по Тюрину ($C_{орг}$), подвижные гуминовые вещества экстрагировали 0,1 М раствором $Na_4P_2O_7$ при разведении 1:15 (C_{lab}), определяли гидролитическую кислотность. Скорость разложения и потери углерода рассчитывали как процент от исходной массы и исходного содержания углерода.

Статистическую обработку данных проводили в пакете Microsoft Office Excel 2015, Statistica 10.0, использовали общепринятые статистические показатели [16].

Результаты исследований и обсуждение

Заложенный ландшафтный профиль в пределах охраняемой территории охватывал древесные, древесно-кустарниковые, травяные сообщества разной степени эвтрофикации — от мезотрофных до евтрофных, а также увлажнения. Основные виды фитоценозов, изученные в мониторинге, следующие: сообщество ассоциации *Betuletum humilis* Steffen 1931 (редкий кустарниковый фитоценоз), древесно-кустарниковое сообщество ассоциации *Climacio-Betuletum pubescentis* Fedotov 1999, небольшой участок высокотравного ельника в сообществе ассоциации *Cirsio oleracei-Piceetum abietis* Kharlampieva, Anishchenko 2011, еловые чернично-сфагново-долгомошные леса сообществ ассоциации *Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis* Polakowski 1962, сосновые кустарничко-сфагновые леса сообществ ассоциации *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* de Kleist 1929;

травяные сообщества на заторфованных низинах сообществ ассоциации *Caricetum cespitosae* Steffen 1931, мезотрофные топяные сообщества (низинные травяные болота) ассоциации *Caricetum rostratae* Aszód 1935 (субассоциация *Caricetum rostratae comaretosum palustris* Bulokhov 2001), травяно-гипновые болота ассоциации *Caricetum diandrae* Jonas 1933, заторфованные олуговелые сообщества *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmaria* Balátová–Tulacková 1978. Основные характеристики растительности болотных урочищ указаны в таблице 1.

Запасы фитомассы показаны в таблице для фотосинтезирующей части (надземной) и нефотосинтезирующей (подземной) в сообществах ландшафтных урочищ памятника природы (таблица 2).

Надземная фитомасса характеризуется значительными показателями для высокотравных сообществ ассоциации *Cirsio oleracei-Piceetum abietis*, также открытых болотных урочищ ассоциации *Caricetum cespitosae*, заболоченных сосняков сообщества *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris*. В этих случаях на открытом болоте возрастает

Таблица 1.

Данные по биологическому разнообразию в древесных и травяных сообществах памятника природы «Болото Тёплое»

Показатели биоразнообразия	Сообщества ассоциаций								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее число видов в местообитаниях ($M \pm m$)	38,52,5	40,7 $\pm$ 2,5	82,4 $\pm$ 4,1	36,8 $\pm$ 1,9	58,5 $\pm$ 2,3	87,2 $\pm$ 2,9	37,5 $\pm$ 1,7	32,7 $\pm$ 1,3	55,7 $\pm$ 1,5
Индекс Симпсона ($M \pm m$)	42,1 $\pm$ 2,2	43,8 $\pm$ 2,7	88,7 $\pm$ 2,9	39,7 $\pm$ 2,4	62,6 $\pm$ 2,9	95,7 $\pm$ 2,7	40,1 $\pm$ 2,1	35,8 $\pm$ 1,9	59,4 $\pm$ 1,7
Среднее число мохообразных ($M \pm m$)	7,3 $\pm$ 0,5	9,2 $\pm$ 0,5	15,7 $\pm$ 0,9	9,5 $\pm$ 0,5	10,1 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 0,5	3,5 $\pm$ 0,2	3,5 $\pm$ 0,2	7,5 $\pm$ 0,5

Примечание. Древесные и древесно-кустарниковые сообщества: 1 ассоциация (acc.) *Betuletum humilis* Steffen 1931. 2 acc. *Climacio-Betuletum pubescentis* Fedotov 1999. 3 acc. *Cirsio oleracei-Piceetum abietis* Kharlampieva, Anishchenko 2011. 4 acc. *Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis* Polakowski 1962. 5 acc. *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* de Kleist 1929. Травяные сообщества: 6 acc. *Caricetum cespitosae* Steffen 1931. 7 acc. *Caricetum rostratae* Aszód 1935 (субассоциация *Caricetum rostratae comaretosum palustris* Bulokhov 2001). 8 acc. *Caricetum diandrae* Jonas 1933. 9 acc. *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmaria* Balátová–Tulacková 1978.

Источник: Составлено автором на основании собственных исследований.

Таблица 2.

Показатели запасов фитомассы ($г/м^2$) в древесных и травяных сообществах памятника природы «Болото Тёплое»

Показатели	Сообщества ассоциаций								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фитомасса надземная ($M \pm m$)	38,5 $\pm$ 2,5	40,7 $\pm$ 2,5	82,4 $\pm$ 4,1	36,8 $\pm$ 1,9	58,5 $\pm$ 2,3	87,2 $\pm$ 2,9	37,5 $\pm$ 1,7	32,7 $\pm$ 1,3	55,7 $\pm$ 1,5
Фитомасса подземная ($M \pm m$)	42,1 $\pm$ 2,2	43,8 $\pm$ 2,7	88,7 $\pm$ 2,9	39,7 $\pm$ 2,4	62,6 $\pm$ 2,9	95,7 $\pm$ 2,7	40,1 $\pm$ 2,1	35,8 $\pm$ 1,9	59,4 $\pm$ 1,7
Суммарное значение ($M \pm m$)	80,6 $\pm$ 7,4	84,5 $\pm$ 6,7	171,1 $\pm$ 11,3	76,5 $\pm$ 6,4	121,1 $\pm$ 11,9	149,8 $\pm$ 12,7	77,6 $\pm$ 5,9	68,5 $\pm$ 5,3	115,1 $\pm$ 10,2

Примечание. Обозначения аналогичны таблице 1.

Источник: Составлено автором на основании собственных исследований

вклад травянистых растений в запас фотосинтезирующей биомассы, что характерно также для развитого травяного яруса высокотравных ельников. Наибольшая подземная фитомасса выявлена также для этих сообществ ассоциаций; в биокосном теле под этими сообществами формируется масса корней травянистых растений и кустарников.

В травяных болотах вклад древесного и кустарникового яруса в продукцию невелик. Однако при оценке баланса углерода важно учитывать запасы биомассы древесного яруса лесных болот ввиду широкого распространения сосновых и еловых сообществ в болотах различного трофического статуса Нечерноземья РФ. Для древесных болотных сообществ также показан вклад в депонирование углерода в биомассе (таблица 3).

Вклад древесного яруса в общие запасы углерода фитомассы (г/м^2) достаточно велик и должен рассматриваться в общем вкладе болот в поглощение углерода. Значительными показателями характеризуется фитомасса стволов и листьев в ельниках сфагновых и сосняках. Запасы биомассы изменяются в зависимости от размера деревьев и числа на пробной площадке. Аналогичные показатели получены для болотных сообществ северных болот [17].

Углерод депонируется и в биокосном компоненте болотных ландшафтов. Содержание органического вещества в субстратах (торфах, торфяных почвах) в сообществах болот показано в таблице 4.

Показатели содержания органических веществ в субстратах и лабильной фракции несущественно различа-

Таблица 3.

Показатели запасов фитомассы (г/м^2) различных частей древесных растений сообществ урочищ болота Тёплое

Сообщества ассоциаций	Метрические показатели ($M \pm m$)			
	Побеговая масса (листья)	Стволы (побеги 1 и 2 порядка)	шишки	Высота деревьев, м / диаметр ствола, см
<i>Betuletum humilis</i>	$856 \pm 17,9$	$4000 \pm 122,9$	–	$2,78 \pm 0,3 / 9,4 \pm 0,3$
<i>Climacio-Betuletum pubescentis</i>	$984 \pm 18,1$	$7850 \pm 165,7$	–	$5,7 \pm 0,4 / 14,7 \pm 0,9$
<i>Cirsio oleracei-Piceetum abietis</i>	$806 \pm 15,8$	$9260 \pm 177,2$	$83,5 \pm 6,4$	$12,9 \pm 1,1 / 33,8 \pm 3,1$
<i>Sphagno girgensohnii-Piceetum abietis</i>	$872 \pm 16,6$	$9657 \pm 183,4$	$79,4 \pm 6,8$	$16,7 \pm 1,5 / 41,1 \pm 3,7$
<i>Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris</i>	$863 \pm 16,1$	$9893 \pm 191,4$	$92,5 \pm 7,9$	$17,3 \pm 1,4 / 44,5 \pm 3,9$

Источник: Составлено автором на основании собственных исследований.

Таблица 4.

Показатели содержания органических соединений и целлюлозолитическая активность субстратов в болотных ландшафтах

Сообщества	pH (H_2O)	$C_{\text{орг}}$ (% $M \pm m$)	$C_{\text{лаб}}$ мг/100 г субстрата / % от $C_{\text{орг}}$ почвы	ЦА, % сутки $M \pm m$)
1	7,3	$21,45 \pm 1,3$	707 / 35,8	1,15
2	6,5	$21,39 \pm 1,3$	712 / 33,9	1,12
3	5,8	$21,47 \pm 1,3$	723 / 39,4	1,10
4	5,4	$19,35 \pm 1,2$	638 / 31,2	1,10
5	5,9	$16,30 \pm 0,05$	657 / 30,5	1,14
6	6,1	$18,52 \pm 1,3$	715 / 42,3	1,22
7	6,5	$17,91 \pm 1,2$	722 / 39,9	1,28
8	5,9	$16,57 \pm 1,1$	725 / 40,2	1,25
9	7,1	$7,99 \pm 0,9$	730 / 39,2	1,29

Примечание. Обозначения сообществ аналогичны таблице 1.

Источник: Составлено автором на основании собственных исследований.

ются для различных сообществ болотных ландшафтов. Наибольшее содержание C_{org} зарегистрировано для древесных сообществ в болотных урочищах, для участка высокотравного ельника сообщества ассоциации *Cirsio oleracei-Piceetum abietis*, богатого гелофитами и евтрофными видами, с хорошо развитым горизонтом накопления гумуса, для сообщества с берёзой приземистой. Аналогичные показатели получены и для фракции лабильного органического вещества. Различия статистически недостоверны. Показатели ЦА относятся к средним, однако активность целлюлозолитических бактерий, оцененная косвенно, снижена в связи с двумя засушливыми летними сезонами, с количеством осадков, соответствующим 55 % от нормативных значений. Установлена положительная корреляционная связь между суммой среднемесячных осадков за летние месяцы и целлюлозолитической активностью ($r = 0,72$). Также выявлена положительная сильная корреляционная связь с органическим углеродом и среднемесячными количествами осадков в июне, июле и августе ($R^2=0,65$ $R=0,72$ $R^2=0,71$ соответственно).

Высвобождение углерода из различных компонентов фитомассы сообществ болот косвенно характеризует

ет потери углерода. Для сообществ лесных и травяных болотных участков памятника природы «Болото Тёплое» указана актуальная скорость разложения растительных остатков различного происхождения (рисунок 1, 2).

Для экспериментальных лабораторных условий определение скорости разложения растительных остатков в лесных участках болота показало незначительное преобладание разложения травянистых и кустарниковых остатков над остатками мохообразных. Наибольшие показатели разложения выявлены для условий сообществ ассоциации *Climacio-Betuletum pubescentis*, наименьшие — для сообществ ассоциации *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris*.

Разложение остатков травянистых растений и небольшого количества биомассы мохообразных для участков травяных болот протекает быстрее, чем для древесных. Наибольшая доля разложившихся остатков (37 %) отмечена для сформированных в результате сукцессии постболотных сообществ ассоциации *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmaria*. Таким образом экспериментально выяснено, что древесные болота вносят

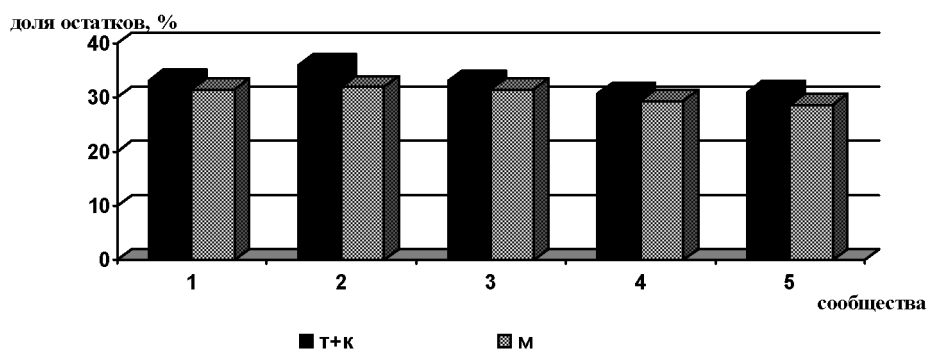


Рис. 1. Показатели разложившихся остатков фитомассы за экспонируемый период в сообществах древесных болот урочищ памятника природы

Примечание. Доля остатков, % — доля разложившихся растительных остатков в % за период в 2 месяца. Разлагающиеся остатки в эксперименте: т+к — остатки травянистых растений и кустарников, остатки мохообразных.

Наименование сообществ соответствует таблице 1.

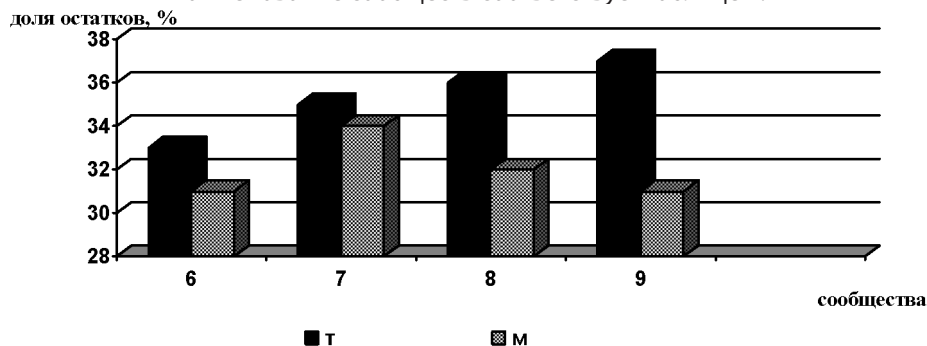


Рис. 2. Показатели разложившихся остатков фитомассы за экспонируемый период в сообществах травяных болот урочищ памятника природы

Примечание. Доля остатков, % — доля разложившихся растительных остатков в % за период в 2 месяца. Разлагающиеся остатки в эксперименте: т — остатки травянистых растений, остатки мохообразных.

Наименование сообществ соответствует таблице 1

большой вклад в сохранение углерода (меньшая скорость разложения остатков) по сравнению с травяными болотами; более обводнённые травяные участки болот — сохраняют углерод лучше, чем менее обводнённые, а также гигрофитные луговые участки.

Полученные результаты по уточнению вклада биотических, биокосных компонентов болотных сообществ в памятнике природы «Болото Тёплое» — один из первых этапов исследования роли болот обширного старосвоенного региона в углеродный цикл. Сравнительная характеристика содержания углерода в биокосном составляющем (субстратах) болот для Нечерноземья РФ в условиях Брянской области может быть дана только в сравнении с лугами различного трофического статуса и увлажнения. В почвах болотных участков содержится среднее количество углерода (C_{орг}) по сравнению с ксерофитными и мезофитными травяными участками [18].

Заключение

Оценка запасов и составляющих баланса углерода болот в Брянской области и результатов многолетних исследований по южно-таёжной подзоне Западной Си-

бири позволила выделить сходные закономерности: в древесных болотах вклад в образование фитомассы вносят стволы и побеговая масса древесных растений; на участках древесных болот надземная фитомасса меньше, чем подземная, на участках травяных болот — подземная (корневая фитомасса) преобладает над надземной; чистая первичная продукция выше для урочищ травяных обводнённых болот по сравнению с лесными болотными сообществами [11, 13, 19]. Таким образом, в силу естественных климатических, почвенно-грунтовых и ботанических условий формирования болотных сообществ в условиях Брянской области они уступают болотам севера, северо-запада и востока РФ по накопительным возможностям углерода, однако их вклад в депонирование соединений углерода значителен, что подтверждается вышеописанными показателями, а также при увеличивающемся тренде увеличения стока углерода в болотные сообщества. Исследования биоценозов болотных участков ландшафтов памятника природы может служить базой для дальнейших сравнительных экомониторинговых работ в связи с присутствием на охраняемом природном объекте эталонных участков растительности.

ЛИТЕРАТУРА

- Ballut-Dajud G.A. Factors affecting wetland loss: A review / G.A. Ballut-Dajud, L.C.S. Herazo, G. Fernández-Lambert, J.L. Marín-Muñiz, M.C.L. Méndez, E.A. Betanzo-Torres // *Land*. 2022. — Vol. 11. — 434. doi: 10.3390/land11030434.
- Mitra S. Global Inventory of the Wetlands and their role in the Carbon cycle / S. Mitra, R. Wassmann, P.L. G. Vlek. — № 64. — Bonn: Center for Development Research, 2023. — 44 p.
- Huang W. Vegetation and carbon sink response to water level changes in a seasonal lake wetland / W. Huang, X. Liu, L. Tian, G. Cui, Y. Liu // *Front. Plant Sci.* 2024. Vol. 15. 151445906
- Анищенко Л.Н. Мохообразные лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья / Л.Н. Анищенко // *Бюллетень брянского отделения РБО*. — 2018. — № 3 (15). — С. 3–12.
- Крапивин Д.А. Предварительный анализ флоры Пальцовского полесья / Д.А. Крапивин // *Учёные записки Брянского государственного университета*. — 2022. — № 2. — С. 48–55.
- Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ. Брянская область. — М., 2007. — 1144 с.
- Зелёная книга Брянской области (растительные сообщества, нуждающиеся в охране). — Брянск, 2012. — 146 с.
- Braun-Blanquet J. *Pflanzensociologie*: 3. Aufl. / J. Braun-Blanquet — Wien; New York, 1964. — 865 S.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран. — М.: Мир, 1992. — 182 с.
- Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. — М.: Россельхозакадемия, 1997. — 156 с.
- Головацкая Е.А. Биологическая продуктивность олиготрофных и эвтрофных болот южно-таёжной подзоны Западной Сибири / Е.А. Головацкая // *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. — 2009. — № 2. — С. 38–53.
- Титлянова А.А. Продуктивность травяных экосистем: Справочник / А.А. Титлянова, С.В. Шибарева. — М.: Изд-во МБА, 2020. — 100 с.
- Титлянова А.А. Круговорот углерода в травяных экосистемах при зарастании отвалов / А.А. Титлянова, Н.П. Миронычева-Токарева, Н.Б. Наумова // *Почвоведение*. — 1988. — № 7. — С. 164–174.
- ГОСТ 17.4.4.02-17 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. — М.: Стандартинформ, 2018. — 14 с.
- Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 255 с.
- Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. — М. Наука, 1990. — 296 с.
- Титлянова А.А. Изменение продуктивности болотных и травяных экосистем по широтному градиенту / А.А. Титлянова, Е.К. Вишнякова // *Почвы и окружающая среда*. — 2022. — Т. 5. — № 2. e176. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.176>
- Potsepai S.N. Soils of xerophytic meadows of the Middle Podesen'ya: on the issues of accumulation of organic substances and biochemical activity / S.N. Potsepai, L.N. Anishchenko, M.V. Semyshchev, P.P. Atroshenko // *Agrarian science*. — 2024. — Vol. 3. — P. 109–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-109-113>
- Коронатова Н.Г. Обзор исследований продукционно-деструкционных процессов в болотах Западной Сибири: методы и результаты / Н.Г. Коронатова // *Почвы и окружающая среда*. 2022. Т. 5. № 2. e170. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.170>.