

УДК 57.015.6

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ БОЛОТ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

О. А. Леонова*, Е. М. Волкова

Тульский государственный университет (просп. Ленина, 92, Тула, Россия, 300012),
*ya.oly2012@yandex.ru

Водораздельные болота на Среднерусской возвышенности встречаются нечасто, их роль в аккумуляции углерода изучена слабо, что не позволяет в полной мере оценить вклад этих экосистем в углеродный обмен с атмосферой. В статье обсуждаются результаты определения запасов углерода в торфяных залежах водораздельных болот, образованных в депрессиях карстового происхождения и имеющих различный генезис на северо-востоке Среднерусской возвышенности. Для расчета запасов углерода проведен отбор торфяных образцов с изучением их ботанического состава и физико-химических параметров. В образцах торфа определены объемный вес, зольность, содержание карбонатов и массовая доля углерода, на основании чего было рассчитано содержание органического углерода. Данный показатель имеет максимальное значение в древесно-сфагновых переходных (54,3 %), древесных (45 %) и травяно-сфагновых (43,3 %) низинных торфах. Расчет запасов углерода в торфах показал, что наиболее высокие значения свойственны травяно-сфагновому переходному торфу (456,4 кгС/м²). Послойное накопление торфяных отложений обеспечивает формирование общего запаса углерода на единице площади болот. Оценка общих запасов углерода свидетельствует о том, что продолжительность развития и условия обводнения болот, влияющие на формирование структуры торфяной залежи и интенсивность вертикального прироста торфа, способствуют максимальному накоплению углерода в смешанной торфяной залежи олиготрофного болота, возникшего в бореальный период голоцена (2909 кгС/м²). В болотах с разорванной или сплавинной залежами, развитие которых началось в субатлантический период, запасы углерода существенно ниже, несмотря на увеличение мощности торфяных отложений (1224–1385 кгС/м²). Полученные результаты отражают вклад разных типов водораздельных болот в депонирование углерода в торфяных залежах.

Ключевые слова: водораздельное болото; торфяная залежь; содержание и запас углерода; Среднерусская возвышенность

Для цитирования: Леонова О. А., Волкова Е. М. Запасы углерода в торфяных залежах водораздельных болот на северо-востоке Среднерусской возвышенности // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 8. С. 20–27. doi: 10.17076/eco1845

Финансирование. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-24-10054 «Оценка роли разных типов болот Среднерусской возвышенности в углеродном обмене с атмосферой как основа для создания карбонового полигона (на примере Тульской области)» и соглашения с комитетом Тульской области по науке и инноватике №10 от 11.04.2023 г.

O. A. Leonova*, E. M. Volkova. CARBON RESERVES IN PEAT DEPOSITS OF WATERSHED MIRES IN THE NORTH-EAST OF THE MIDDLE-RUSSIAN UPLAND

Tula State University (92 Lenin Ave., 300012 Tula, Russia), *ya.oly2012@yandex.ru

Watershed mires are infrequent on the Middle-Russian Upland and their role in carbon sequestration is poorly known, preventing a comprehensive assessment of the contribution of these ecosystems to carbon exchange with the atmosphere. The article discusses the results of determining the carbon reserves in peat deposits of watershed mires formed in depressions of karst origin and having different genesis in the north-east of the Middle-Russian Upland. To calculate the carbon reserves, peat samples were collected and their botanical composition and physico-chemical parameters were studied. The bulk density, ash content, carbonate content and mass fraction of carbon in the peat samples were determined, from which the organic carbon content was calculated. This value was the highest in woody-Sphagnum mesotrophic (54.3 %), woody (45 %), and herb-Sphagnum (43.3 %) eutrophic peat. The calculation of carbon reserves in peat shows that the highest values are characteristic of herb-Sphagnum mesotrophic peat (456.4 kgC/m²). Layer-by-layer accumulation of peat deposits ensures the formation of a total carbon pool per unit area of mires. The estimation of total carbon reserves indicates that the duration of mire development and the wetness conditions, which influence the structure of the forming peat deposit and the rate of vertical peat increment, have facilitated the highest carbon accumulation in the mixed peat deposit of an oligotrophic mire that emerged in the Boreal period of the Holocene (2909 kgC/m²). In mires with a discontinuous or floating deposit, which started developing in the sub-Atlantic period, carbon reserves are significantly lower, despite the build-up of the peat deposit thickness (1224–1385 kgC/m²). Our results reflect the contributions of different types of watershed mires to carbon deposition in peat deposits.

Keywords: watershed mire; peat deposit; carbon content and reserves; Middle-Russian Upland

For citation: Leonova O. A., Volkova E. M. Carbon reserves in peat deposits of watershed mires in the north-east of the Middle-Russian Upland. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2023. No. 8. P. 20–27. doi: 10.17076/eco1845

Funding. The study was supported by RSF grant #23-24-10054 “Assessment of the role of different types of mires of the Middle-Russian Upland in carbon exchange with the atmosphere as a basis for the establishment of a carbon testing ground (Tula Region case study)” and under Agreement with the Tula Regional Committee on Science and Innovation Studies #10 of 11.04.2023.

Введение

Болотные экосистемы играют важную роль в биогеохимическом круговороте, что проявляется в депонировании углерода из атмосферы в органическом веществе болотных фитocenozов с последующей его аккумуляцией в торфяных отложениях [Holmquist et al., 2014]. Аккумуляция углерода как в растительности, так и в торфяных залежах разных типов болот происходит с разной интенсивностью, что зависит от комплекса экологических параметров. Итоговым показателем является запас углерода в торфяных залежах [Залесов, 2021]. Оценка запасов углерода в разных типах болотных экосистем весьма актуальна, поскольку позволяет понять роль этих экосистем в депонировании углерода.

Несмотря на низкую заболоченность Среднерусской возвышенности (0,5 %), на данной

территории сформированы болота разных типов, в частности водораздельные сфагновые, которые имеют небольшие (до 1 га) площади [Волкова, Зацаринная, 2023]. Они отличаются по комплексу параметров, что оказывает влияние на интенсивность депонирования углерода и его запасы в торфяных залежах. Однако сведения о запасах углерода в болотах региона крайне малочисленны, что не позволяет оценить роль болот Среднерусской возвышенности в углеродном обмене с атмосферой.

Материалы и методы

Исследования проводили в северо-восточной части Среднерусской возвышенности. Объектами являлись водораздельные болота, сформированные в депрессиях карстово-суффозионного происхождения и имеющие разный генезис (рис. 1).



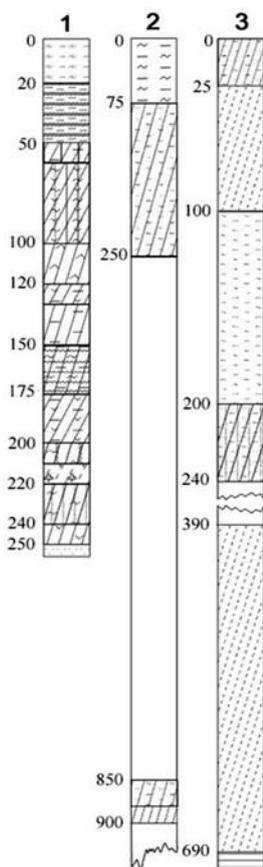
Рис. 1. Объекты исследования

Fig. 1. Objects of research

Болото Клюквя, являющееся наиболее древним (более 9 тыс. лет), сформировано на склоне водораздела в депрессии карстово-суффозионного происхождения глубиной 2,5 метра,

которая подстилается песками [Волкова и др., 2020]. Питание болота осуществляется преимущественно атмосферными осадками и бедными грунтовыми водами, что способствует формированию олиготрофной растительности [Волкова и др., 2017]. Торфяная залежь целостная, без разрывов. В составе залежи представлены переходные и верховые виды торфа (рис. 2) [Волкова, 2018].

Болота Главное и Кочаки сформированы в карстово-суффозионных депрессиях глубиной 6 и более метров, которые подстилаются озерными глинами или делювиальными суглинками. Питание выклинивающимися грунтовыми водами и стекающими поверхностными водами, реже атмосферными осадками обеспечивает формирование эвтрофной растительности по окрайкам, мезо- и олиготрофной растительности в центральных частях сплавин. Торфяные залежи редко целостные (по окрайкам), чаще – разорванные или сплавинные. В составе залежей представлены низинные и переходные виды торфа (рис. 2) [Волкова, 2018].

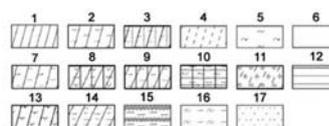


Условные обозначения:

- 1 – болото Клюквя,
- 2 – болото Главное,
- 3 – болото Кочаки

Legend:

- 1 – Klyukva mire,
- 2 – Glavnoye mire,
- 3 – Kochaki mire



Виды торфа. Низинные: 1 – осоковый, 2 – осоково-сфагновый, 3 – травяно-сфагновый, 4 – гипновый, 5 – сфагновый, 11 – травяно-гипновый, 13 – травяной.

Переходные: 7 – осоково-сфагновый, 8 – древесно-травяной, 9 – древесно-сфагновый, 10 – древесно-пушицево-сфагновый, 14 – травяно-сфагновый.

Верховые: 15 – пушицево-сфагновый, 16 – сфагновый.

Минеральные отложения: 6 – вода, 12 – глинистые и суглинистые, 17 – песчаные.

Peat. Eutrophic: 1 – sedge, 2 – sedge-sphagnum, 3 – grass-sphagnum, 4 – bog, 5 – sphagnum, 11 – grass-bog, 13 – grass.

Mesotrophic: 7 – sedge-sphagnum, 8 – wood-grass, 9 – wood-sphagnum, 10 – wood-cotton grass-sphagnum, 14 – grass-sphagnum.

Oligotrophic: 15 – cotton grass-sphagnum, 16 – sphagnum.

Mineral deposits: 6 – water, 12 – clayey and loamy, 17 – sandy.

Рис. 2. Стратиграфические колонки торфяных отложений исследуемых болот

Fig. 2. Stratigraphic columns of peat deposits of the studied mires

Для отбора образцов проводили бурение торфяных залежей буром конструкции Инстторфа до минерального дна в наиболее глубокой части болот, являющейся «генетическим центром». Образцы торфа (каждые 10 см) отбирали по профилям залежей, пакетировали и хранили в холодильнике. Для каждого образца определен объемный вес. Для оценки содержания органического вещества в каждом образце определяли зольность и содержание карбонатов гравиметрическим методом [ГОСТ 34467-2018]. Долю органического вещества для каждого образца торфа (%) рассчитывали как: $100\% - \text{зольность} (\%) - \text{карбонатный углерод (неорганический)} (\%)$. Определение содержания углерода (%) в образцах проводили, зная содержание органического вещества в единице объема торфа, а также массовую долю углерода, полученную с использованием CHNSO-анализатора LECO TruSpecMicro в Институте органической химии им. Н. Д. Зелинского РАН. Запас углерода в каждом 10-см слое торфяной залежи рассчитывали исходя из произведения содержания углерода (%) и объемного веса торфа. Полученное значение умножали на мощность торфяного слоя (10 см). Послойное суммирование запасов углерода каждого 10-см слоя торфяной залежи позволило определить запас углерода на 1 м² каждого болота.

Результаты и обсуждение

Водораздельные болота северо-востока Среднерусской возвышенности разнообразны по генезису, что отражается на характере растительности и структуре торфяных отложений. Проведенные исследования показали, что в торфяных залежах углерод накапливался с разной интенсивностью.

Болото Клюква характеризуется торфяной залежью мощностью 250 см, которая образована верховыми и переходными торфами со степенью разложения от 5 до 35 %. Результаты анализа торфов показали, что их объемный вес варьирует от 0,14 до 0,53 г/см³ и в среднем составляет 0,26 г/см³ (рис. 3). Наиболее высокие значения характерны для торфов, в составе которых доминируют древесные остатки, залегающие на глубине 90–120 см и имеющие степень разложения 25–30 %. Содержание зольных элементов варьирует от 3 до 14,3 % (в среднем 7,6 %), что объясняется доминированием низкозольных сфагновых мхов по всему профилю торфяной залежи. Наиболее высокие показатели характерны для глубины 170–200 см, где отмечено увеличение доли трав, что

соответствует травяно-сфагновому переходному торфу (рис. 2). Доля карбонатного (неорганического) углерода достигает 26 % в придонных образцах, снижаясь до 2,9 % в сфагновом переходном торфе. На основании рассмотренных показателей рассчитано содержание органического вещества (ОВ) в каждом образце торфа. Полученное значение составляет в среднем 82,3 % (варьирует в диапазоне от 60 до 93,9 %) (рис. 3). Параметр является обратно пропорциональным к показателям зольности. Так, наиболее низкие значения в придонных слоях (60–67 %) обусловлены высоким содержанием зольных элементов (13,8 %). Максимальная доля ОВ характерна для древесно-сфагнового переходного торфа.

Болота Главное и Кочки сформировались в субатлантический период голоцена в глубоких карстово-суффозионных депрессиях. Такие болота характеризуются обильным увлажнением и формированием разорванных/сплавинных торфяных залежей. Торфяная залежь болота Главное образована двумя различными по генезису частями, что отражается на составе и мощности торфяной залежи, а также на характере растительного покрова. Так, окраинная часть имеет целостную торфяную залежь мощностью до 450–500 см, образованную низинными торфами со степенью разложения до 45 %. Объемный вес торфяных образцов варьирует от 0,01 до 0,54 г/см³, максимальные значения характерны для древесно-травяного низинного торфа. Показатель зольности в среднем составляет 25 % (от 5,6 до 97,2 %). Доля карбонатного углерода варьирует от 3,4 до 22,8 %, наиболее высокие показатели характерны для сфагнового низинного торфа. Содержание органического вещества по профилю торфяной залежи составляет в среднем 65,9 % (14,4–90,1 %) (рис. 3), увеличиваясь в травяно-сфагновом низинном торфе. Центральная часть болота Главное представлена сплавинной мощностью 200 см, которая образована переходными торфами (степень разложения 5–23 %). По сравнению с окраинной частью объемный вес торфяных образцов центральной части ниже и в среднем составляет 0,26 г/см³ (рис. 3), что коррелирует с низкой степенью разложения торфов. Показатель зольности достигает 50 %, а доля карбонатного углерода не превышает 17 %. Расчет доли органического вещества показал, что параметр в целом изменяется незначительно и в среднем составляет 74,1 % (32,8–92,5 %) (рис. 3). Снижение показателя отмечено на глубине 120–130 см в сфагновом переходном торфе с высоким содержанием зольных элементов.

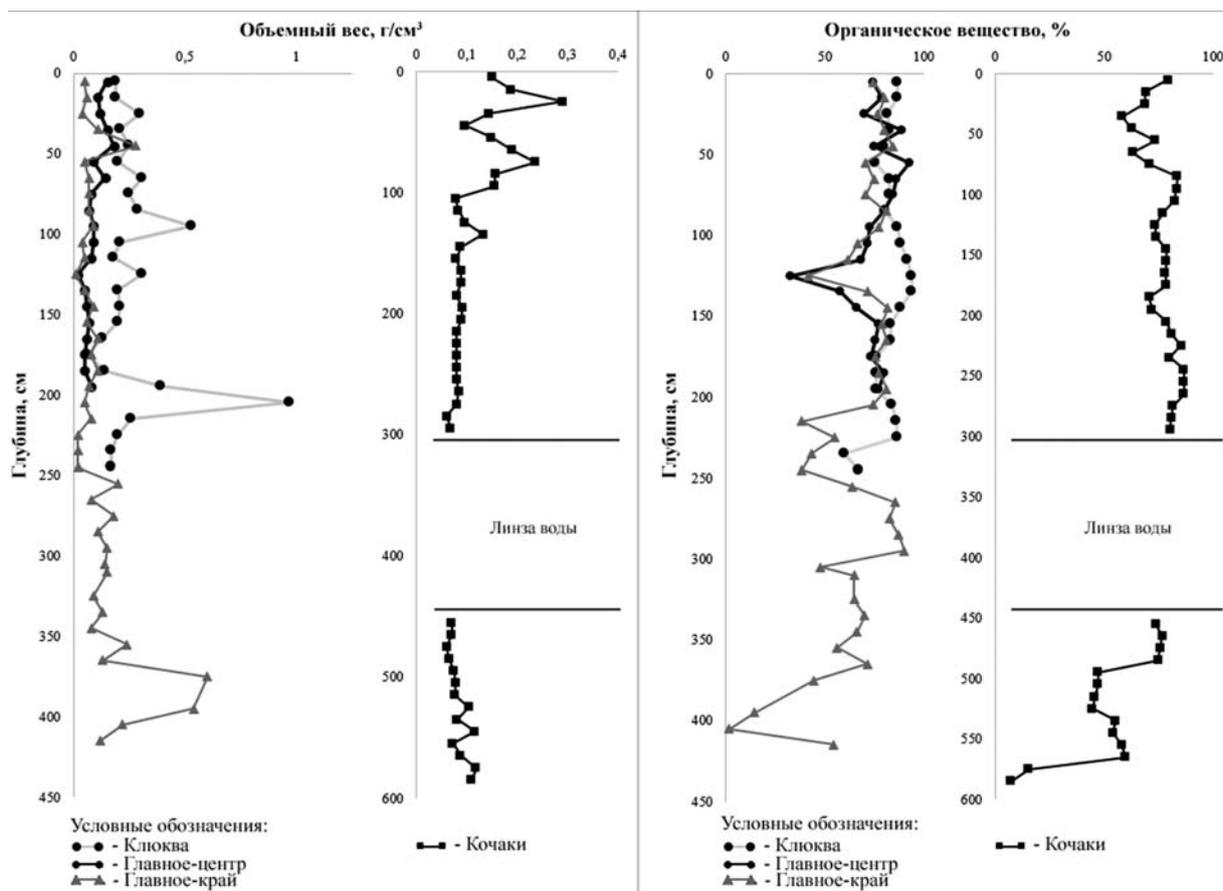


Рис. 3. Объемный вес и содержание органического вещества по профилям торфяных залежей модельных болот

Fig. 3. Volume weight and organic matter content by the profiles of peat deposits of model mires

Болото Кочаки имеет разорванную торфяную залежь, которая состоит из придонной и сплавинной части, разделенных линзой воды. По ботаническому составу залежь образована низинными торфами за исключением верхнего слоя сплавинны, где произошел переход к мезо- и олиготрофной стадиям развития. Объемный вес торфов варьирует от 0,06 до 0,3 г/см³ (рис. 3), наиболее низкие значения характерны для травяного низинного торфа на глубине 280–290 см. Зольность торфа в придонной части достигает 70 %, что связано с привнесом глинистых частиц с минерального дна болота. Наиболее низкие значения параметра также характерны для нижней сильно обводненной части сплавинны (4,5–6 %). Доля карбонатного углерода не превышает 21 %. Расчет доли органического вещества показал, что параметр варьирует от 7,3 до 86,6 % (рис. 3). Высокое содержание органики в нижней части сплавинны (80,3–86,6 %) коррелирует с низкой долей зольных элементов.

Полученные результаты по физико-химическим показателям торфов на исследуемых болотах позволили рассчитать содержание ор-

ганического вещества в торфяных образцах. Результаты показали, что содержание углерода в образцах торфа на болоте Клюква варьирует от 33,6 до 54,3 % (рис. 4). При этом наиболее низкие значения характерны для верховых торфов, в составе которых высока доля сфагновых мхов с минимальными значениями объемного веса. Показатель увеличивается в торфах с высокой долей древесных остатков (на глубине 130–140 см), где достигает 54,3 %.

Содержание углерода в окраинной и сплавинной части болота Главное несколько отличается. Так, в окраинной части, сформированной низинными торфами, показатель в среднем составляет 31,5 % (варьирует от 7 до 45 %) и увеличивается в торфах, содержащих древесные остатки (рис. 4). В центральной части, образованной переходными сфагновыми торфами, содержание углерода в среднем составляет 34,7 %. Содержание углерода по профилю торфяной залежи болота Кочаки варьирует существенно – от 3,8 до 43,3 % (рис. 4). Минимальные значения отмечены в придонных слоях – 14,5 %. В сплавинной части содержание

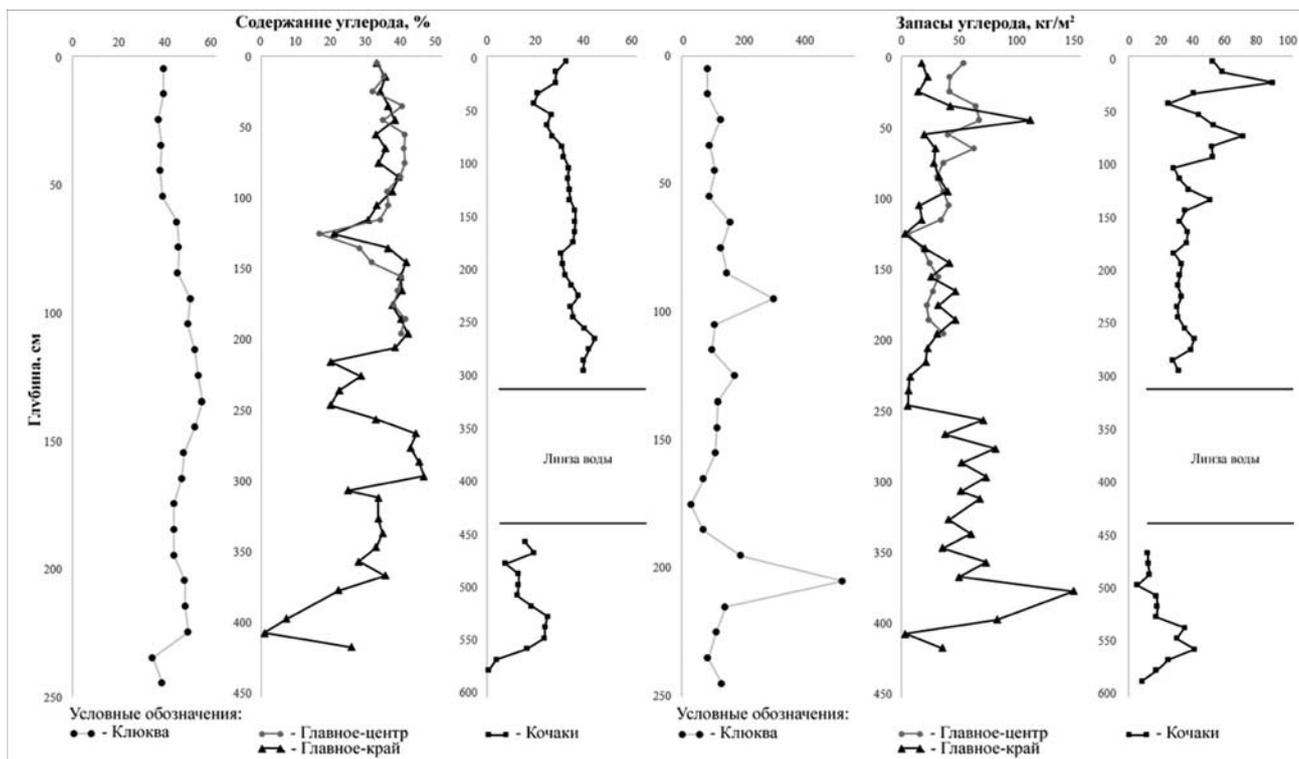


Рис. 4. Содержание и запасы углерода по профилям торфяных залежей модельных болот
 Fig. 4. Carbon content and reserves by the profiles of peat deposits of model mires

углерода увеличивается до 43,3 % в травяно-сфагновом низинном торфе.

На основании данных по содержанию углерода определены его запасы в торфяных отложениях болот. Оценка запасов углерода в залежи болота Клюква показала, что значения варьируют от 57 до 456,4 кгС/м² (рис. 5). Наиболее высокие характерны для травяно-сфагнового переходного торфа, который имеет максимальные показатели объемного веса (0,53–0,9 г/см³) и низкие показатели зольности (4–6 %) (рис. 3). Минимальные запасы углерода отмечены на глубине 170–180 см, что коррелирует с наиболее высокими показателями зольности (14,3 %) в торфяной залежи и, напротив, низкими показателями объемного веса (0,06 г/см³).

Запасы углерода на окраинной части болота Главное изменяются в широких пределах и в среднем составляют 33,8 кгС/м² (2–128,3 кгС/м²) (рис. 5). Максимальные значения отмечены на глубине 370–380 см (128,3 кгС/м²), где в составе низинного торфа увеличивается доля древесных остатков, что коррелирует с высоким объемным весом – 0,6 г/см³ (рис. 3). Сходные значения отмечены для сфагнового низинного торфа на глубине 40–50 см – 103,6 кгС/м² (объемный вес – 0,3 г/см³). При снижении объемного веса торфов до 0,02 г/см³ и соот-

ветствующего увеличения показателей зольности (до 50 %) происходит снижение запасов углерода до 2–5 кгС/м².

Запасы углерода в сплавине центральной части болота Главное варьируют от 13,5 до 61,7 кгС/м² (рис. 4). При этом максимальные значения характерны для глубины 0–70 см (35–61,7 кгС/м²), в остальных слоях показатель снижается и составляет в среднем 25,5 кгС/м²,

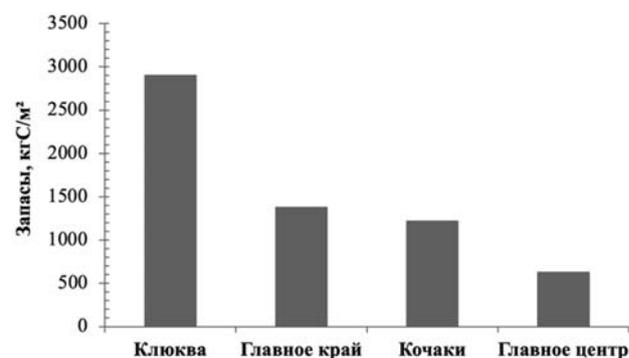


Рис. 5. Общие запасы углерода на 1 м² водораздельных болот Среднерусской возвышенности
 Fig. 5. Total carbon reserves per 1 m² of watershed mires of the Middle-Russian Upland

что коррелирует с показателями зольности и объемного веса (рис. 3).

В разорванной торфяной залежи болота Кочаки запасы углерода изменяются в пределах от 4,5 до 80 кгС/м² (рис. 4). В придонных образцах показатели наиболее низкие, что коррелирует с высоким содержанием зольных элементов (78 %). На глубине 450–470 см торф имеет низкий объемный вес, что отражается на запасах углерода – 10–11 кгС/м². Максимальные значения характерны для травяно-сфагнового торфа сплавинной части болота (глубина 20–30 и 70–80 см) – 62–80 кгС/м² при объемном весе образцов 0,24–0,3 г/см³.

Общий запас углерода в торфяных залежах отражает специфику болотных экосистем и их роль в аккумуляции атмосферного углерода. Так, наиболее высокие запасы углерода характерны для болота Клюква и составляют 2909 кгС/м² (рис. 5). Для торфяной залежи болота Кочаки и окраинной части болота Главное запас существенно ниже – 1224 и 1385 кгС/м² соответственно. В сплавинной части болота Кочаки запас углерода составляет 1057 кгС/м², а придонная часть имеет запас всего 168 кгС/м². Центральная часть болота Главное является наиболее молодой, и общий запас углерода в сплавине не превышает 634 кгС/м². Полученные значения соответствуют опубликованным в литературе [Holmquist et al., 2014; Hribljan, 2015; Залесов, 2021].

Заключение

Проведенные исследования отражают различия по запасам углерода в торфах с разными биологическими и физико-химическими свойствами. Полученные результаты свидетельствуют о том, что углерод активно накапливается в древесно-травяных низинных и травяно-сфагновых переходных торфах.

Общий запас углерода в торфяной залежи на единице площади зависит от мощности отложений торфа, продолжительности развития болота, а также экологических условий (прежде всего обводненности), обеспечивающих интенсивность вертикального прироста торфов. Высокие значения общего запаса углерода на олиготрофном болоте Клюква, формирование которого началось в бореальный период голоцена, связаны с длительным временем аккумуляции углерода из атмосферы. На болотах Кочаки и Главное запас углерода существенно ниже, что обусловлено «молодостью» болот, сформированных в субатлантический период голоцена. Кроме того, для указанных болот характерна высокая обводненность

торфяных залежей, что обеспечило интенсивный вертикальный прирост и формирование торфов с низкой степенью разложения.

Таким образом, запас углерода в торфяных залежах водораздельных болот зависит от комплекса факторов, среди которых определяющую роль играют условия водно-минерального питания. Проведенное исследование свидетельствует о важной роли водораздельных болот в углеродном обмене с атмосферой, что следует учитывать при разработке направлений менеджмента болотных экосистем, особенно в регионах с низкой заболоченностью.

Литература

Волкова Е. М. Болота Среднерусской возвышенности: генезис, структурно-функциональные особенности и природоохранное значение: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 2018. 46 с.

Волкова Е. М., Зацаринная Д. В. Типология и распространение болот на Среднерусской возвышенности // Разнообразии растительного мира. 2023. № 3(18). С. 30–43. doi: 10.22281/2686-9713-2023-3-30-43

Волкова Е. М., Новенко Е. Ю., Носова М. Б., Зацаринная Д. В. Динамика развития водораздельных болот на южной границе леса в Европейской России // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 2017. Т. 122, № 1. С. 47–59.

Волкова Е. М., Новенко Е. Ю., Юрковская Т. К. Возраст болот Среднерусской возвышенности // Известия РАН. Сер. геогр. 2020. № 84(4). С. 551–561. doi: 10.31857/S2587556620040135

ГОСТ 34467-2018. Грунты. Методы лабораторного определения содержания карбонатов.

Залесов С. В. Роль болот в депонировании углерода // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 7. С. 6–9. doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.033

Holmquist J. R., MacDonald G. M., Gallego-Sala A. Peatland initiation, carbon accumulation, and 2 ka depth in the James Bay Lowland and adjacent regions // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. 2014. Vol. 46. P. 19–39. doi: 10.1657/1938-4246-46.1.19

Hribljan J. A., Cooper D. J., Sueltenfuss J., Wolf E. C., Heckman K. A., Lilleskov E. A., Chimner R. A. Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia // Mires and Peat. 2015. Vol. 15(12). P. 1–14.

References

ГОСТ 34467-2018. Soils. Laboratory methods for determination of calcium carbonate content. (In Russ.)

Holmquist J. R., MacDonald G. M., Gallego-Sala A. Peatland initiation, carbon accumulation, and 2 ka depth in the James Bay Lowland and adjacent regions. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. 2014;46:19–39. doi: 10.1657/1938-4246-46.1.19

Hribljan J. A., Cooper D. J., Sueltenfuss J., Wolf E. C., Heckman K. A., Lilleskov E. A., Chimner R. A. Carbon storage and long-term rate of accumulation in high-altitude Andean peatlands of Bolivia. *Mires and Peat*. 2015;15(12):1–14.

Volkova E. M. Mires of the Middle-Russian Upland: genesis, structural and functional features and environmental significance: Summary of DSc (Dr. of Biol.) thesis. St. Petersburg; 2018. 46 p. (In Russ.)

Volkova E. M., Novenko E. Yu., Nosova M. B., Zatsarinnaya D. V. Dynamics of the development of watershed mires on the southern border of the forest in European Russia. *Byulleten' MOIP = Bull.*

Moscow Soc. Nat. Biol. Ser. 2017;122(1):47–59. (In Russ.)

Volkova E. M., Novenko E. Yu., Yurkovskaya T. K. The age of the mires of the Middle-Russian Upland. *Izvestiya RAN. Ser. Geogr.* 2020;84(4):551–561. doi: 10.31857/S2587556620040135 (In Russ.)

Volkova E. M., Zatsarinnaya D. V. Typology and distribution of mires on the Middle-Russian Upland. *Diversity of the Plant World*. 2023;3(18):30–43. doi: 10.22281/2686-9713-2023-3-30-43 (In Russ.)

Zalesov S.V. The role of mires in carbon deposition. *International Research Journal*. 2021;7:6–9. doi: 10.23670/IRJ.2021.109.7.033 (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 10.11.2023; принята к публикации / accepted: 27.11.2023.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Леонова Ольга Андреевна

аспирант

e-mail: ya.oly2012@yandex.ru

Волкова Елена Михайловна

д-р биол. наук, доцент, заведующая кафедрой биологии

e-mail: convallaria@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Leonova, Olga

Doctoral Student

Volkova, Elena

Dr. Sci (Biol.), Associate Professor, Head of Biology Department