

DYNAMICS OF CARBON STOCK IN THE STAND OF *PINETUM ANDROMEDO-ERIOPHOROSO-SPHAGNUM* OVER 50 YEARS UNDER EXTENSIVE DRAINAGE IN THE CONDITIONS OF THE SUBTAIGA OF EUROPEAN RUSSIA (WEST DVINA PEATLAND-FOREST STATION)

Egorov A.A. *, Glukhova T.V., Shirokovskaya A.A.

Институт лесоведения Российской академии наук, Успенское Московской обл.

*egorovfta@yandex.ru

Citation: Egorov A.A., Glukhova T.V., Shirokovskaya A.A. 2025. Dynamics of carbon stock in the stand of *Pinetum Andromedo-Eriophoroso-Sphagnum* over 50 years under extensive drainage in the conditions of the subtaiga of European Russia (West Dvina Peatland-Forest Station). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 16(2): 81-90.

DOI: 10.18822/edgcc642413

АННОТАЦИЯ

В 1972-1973 гг. на территории Западнодвинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН в Тверской области проводилось масштабное осушение торфяных земель в целях ведения эффективного лесного хозяйства [Biogeocenological ..., 1982]. В 1974 г. в *Сосняке андромедо-пушицево-сфагновом* на верховом болоте в середине межканавья была заложена постоянная пробная площадь. Повторные обследования этой пробной площади проводились в 1983 и 2023 гг. Степень осушения, соответствующая расположению пробной площади в середине 106-метрового межканавья, относится к экстенсивной.

Экстенсивное осушение Сосняка андромедо-пушицево-сфагнового Vб класса бонитета показало, что через 10 лет после осушения сформировался более продуктивный сосняк Vб бонитета, а через 50 лет – *Сосняк багульниково-сфагновый осушенный* Va бонитета. На основе таксационных данных был вычислен запас древостоя за три года наблюдений (1974, 1983, 2023), который составил 14.3, 24.4 и 50.0 м³/га соответственно. Для перевода запасов древостоя в запасы углерода в фитомассе древостоя (ствол, ветви, листва, корни) использовали конверсионный коэффициент, который в соответствии с методическими указаниями оказался равным 0.314. Анализ запасов углерода показал, что он через 10 лет увеличился в 1.7 раза, а через 50 лет – в 3.5 раза. Регрессионный анализ этих данных показал линейную зависимость запаса углерода (C) от возраста экстенсивного осушения за 50-летний период. Коэффициент детерминации (R²) регрессионного линейного уравнения высокий, однако уравнение недостоверно (p-value (F) > α).

За 50-летний период осушения средний ежегодный прирост по запасу древостоя составил 0.71 м³/га, а средний ежегодный прирост запаса углерода фитомассы древостоя – 0.24 т/га. Анализ литературы по осушенным болотным соснякам V-Vб бонитета показал, что запас древостоя в зависимости от давности осушения в целом может увеличиваться, реже – уменьшаться.

Ключевые слова: запасы растущего древостоя, запасы углерода, болотный лес, верховой торф, осушение.

ABSTRACT

In 1972-1973, large-scale drainage of peat lands for the purposes of effective forestry was carried out on the territory of the West Dvina Peatland-Forest Station of the Institute of Forest Science of the Russian Academy of Sciences in the Tver Region [Biogeocenological ..., 1982]. Here, in the conditions of the subtaiga of European Russia, swamp forests, bog moss forest and swamps are common, formed on different types of peat – from eutrophic to oligotrophic.

In 1974, a permanent sample plot was laid in the *Pinetum andromedo-eriophoroso-sphagnosum* on the oligotrophic bog. Repeated surveys of this sample plot were conducted in 1983 and 2023. The sample plot (SP) has the number 5-74, has an area of 0.36 ha and a rectangular shape of 36×100 m² (Fig. 1). The long side of the SP is located parallel to the drainage ditches 35 m from them. The distance between the ditches is 106 m. The depth of the peat is about 4 m. The drainage regime corresponding to the location of SP 5-74 in the middle of the 106-meter channel is considered extensive.

The peat soil was characterized by the constancy of the botanical composition of peat-forming agents up to 3.5 m and was represented by the upper magellanicum peat (*Sphagnum magellanicum* Brid.) with a degree of decomposition of 5-25%, deeper – sphagnum transition (*Sph. girgensonii* Russ.) with a decomposition rate of up to 30%. The carbon content in peat is 48-50%, the pH does not exceed 3.0, the ash content is 2-5%. High peat soil is characterized by a low volume mass (density): from 0.046 in the upper layers to 0.090 g/cm³ in the lower ones [Glukhova, 1990].

In 1974 SP 5-74 was laid in the *Pinetum andromedo-eriphoroso-sphagnosum*, which was characterized by Vb class of productivity and V class of age. In 1983, a more productive pine forest of the same V class of age was formed at this place, but still belonging to the Vb class of productivity: compare table 1 for 1983 $M = 24.4 \text{ m}^3/\text{ha}$, and for 1974 $M = 14.3 \text{ m}^3/\text{ha}$. In 2023, the *Pinetum ledoso-sphagnosum drained* of the Va class of productivity and V class of age with $M = 50.0 \text{ m}^3/\text{ha}$ was already described at this site. The taxational characteristics of the stand by year and layer are given in table 1.

Extensive drainage of *Pinetum andromedo-eriphoroso-sphagnosum* with Vb productivity class showed that 10 years after drainage, a more productive pine forest was formed, and 50 years later – *Pinetum ledoso-sphagnosum drained* with Va productivity class. Based on the taxation data, the stock of stand was calculated for three years of observations (1974, 1983, 2023), which amounted to 14.3, 24.4 and $50.0 \text{ m}^3/\text{ha}$, respectively. To convert stand stocks into carbon stocks in the phytomass of a stand (trunk, branches, foliage, roots), a conversion coefficient was used, which, in accordance with the methodological guidelines [On approval ..., 2022] turned out to be 0.314. The analysis of carbon stocks showed that it increased 1.7 times in 10 years, and 3.5 times in 50 years.

Regression analysis of these data showed a linear dependence of the carbon stock (C) on the age of extensive drainage (A_{drain}) over a 50-year period (Fig. 2):

$$C = 0.2322 \times A_{\text{drain}} + 5.0116, \text{ t/ha,}$$

where $R^2 = 0.99$; p-value (F) = 0.064 for $\alpha = 0.05$.

The coefficient of determination (R^2) of the regression linear equation is high, but the equation is not reliable (p-value (F) > α). In the future, these data can be replenished by analyzing the increments of model trees or mathematical modeling.

Over the 50-year drainage period, the average annual increase in the stock of the stand was $0.71 \text{ m}^3/\text{ha}$ and the average annual increase in the carbon stock of the phytomass of the stand was 0.24 t/ha . An analysis of the literature on drained bog pine forests of the V-Vb bonitet showed that the stock of stands, depending on the age of drainage, may generally increase, less often decrease.

Keywords: stocks of growing stands, carbon stocks, bog forest, riding peat, drainage.

ВВЕДЕНИЕ

Осушение болот в России проводилось для нужд сельского и лесного хозяйства, а также для добычи торфа. Основная площадь осушения затронула европейскую часть страны и частично юг Западной Сибири и Дальнего Востока [Sirin, 2022]. Осушение земель сопровождается выделением парниковых газов, причем наиболее сильная их потеря происходит при добыче торфа [Suvorov et al., 2010, 2015; Chistotin, 2016; Sirin, 2022; Sirin, Suvorov, 2022]. При этом потери углерода за счёт разложения осушенного торфа при его интенсивной добыче могут составлять более 10% [Suvorov et al., 2015; Sirin, 2022]. Меньшие потери углерода происходят при осушении болотных лесов, что связано с меньшей интенсивностью осушения и увеличением продуктивности древостоя [Sirin, 2022]. В то же время эмиссия метана через осушительные каналы даже при их небольшой доле от площади осушения может быть существенной [Sirin et al., 2012]. Моделирование на примере осушенных болотных лесов в Финляндии показывает, что осушение в конечном счёте приводит к снижению эмиссии парниковых газов [Minkkinen et al., 2002]. Несмотря на некоторую противоречивость информации о роли осушенных болотных лесов в поглощении парниковых газов, древесный ярус однозначно выступает как элемент секвестрации углерода. Для выявления роли осушения на потоки парниковых газов необходимо проводить многолетние исследования на одних и тех же пробных площадях.

В этой статье мы рассмотрим динамику запасов углерода в древостое *Сосняка андромедо-пушицево-сфагнового* за 50 лет при экстенсивном осушении в условиях подтайги европейской России на осушенном верховом торфянике, расположенном на территории Западнодвинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН в Тверской области.

Западнодвинский лесоболотный стационар был создан для разработки практических рекомендаций по ведению лесного хозяйства на болотных землях. Здесь в условиях подтайги Европейской России распространены болотные леса и болота, сформированные на разных типах торфа – от низинного до верхового. В 1972-1973 гг. на территории проводилось масштабное осушение торфяных земель в целях ведения эффективного лесного хозяйства [Biogeocenological ..., 1982].

В 1974 г. в *Сосняке андромедо-пушицево-сфагновом* на верховом болоте в середине межканавья была заложена постоянная пробная площадь (ПП) под номером 5-74 [Biogeocenological ..., 1982: таблица 7 и таблица 18] (Рис. 1). Повторные обследования этой ПП проводились в 1983 и

2023 г. За 1974 г. имеются результаты таксационного обследования растущего древостоя [Biogeocenological ..., 1982]. За 1983 г. имеются первичные таксационные описания древостоя, хранящиеся в архиве Западнодвинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН. Современные таксационные исследования этой ПП были проведены спустя несколько десятилетий – в 2023 г. в рамках проекта важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» [Егоров, Глухова, 2024].

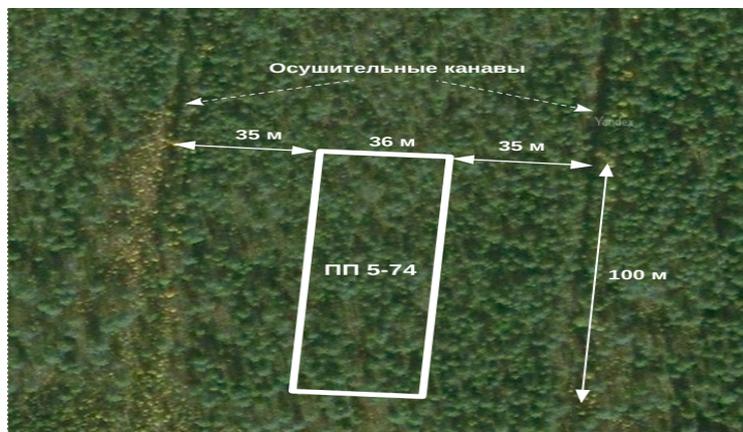


Рис. 1. Расположение ПП 5-74 на верховом торфе в середине межканавья на Западнодвинском лесоболотном стационаре ИЛАН РАН.

Fig. 1. Location of SP 5-74 on the oligotrophic peat in the middle of the inter-channel at the West Dvina Peatland-Forest Station of the Institute of Forest Science of the RAS.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ПП 5-74 имеет координаты центра N 56.15464, E 32.16945, её площадь составляет 0.36 га и имеет прямоугольную форму 36×100 м². Длинная сторона ПП располагается параллельно осушительным канавам в 35 м от них. Расстояние между канавами составляет 106 м. Мощность торфа около 4 м. Режим осушения средней части межканавья, в которой располагается ПП 5-74, относится к экстенсивному.

Торфяная почва характеризовалась постоянством ботанического состава торфообразователей до 3.5 м и была представлена верховым магелланикум-торфом (*Sphagnum magellanicum* Brid.) со степенью разложения 5-25%, глубже – сфагновым переходным (*Sph. girgensonii* Russ.) со степенью разложения до 30%. Содержание углерода в торфах 48-50%, рН_{сол} не превышает 3.0, зольность составляет 2-5%. Для верховой торфяной почвы характерна низкая объемная масса (плотность): от 0.046 в верхних слоях до 0.090 г/см³ – в нижних [Glukhova, 1990].

Для корректного сравнения таксационные показатели растущего древостоя за прошлые годы наблюдений были уточнены: часть приведенных измерений 3-го яруса за 1974 г. [Biogeocenological ..., 1982: таблица 18] мы отнесли к подросту и поэтому исключили их из дальнейшего анализа. Данные подеревной инвентаризации за 1983 г. были разделены на 3 яруса и подрост. При инвентаризации 2023 г. была использована методика, разработанная в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН [On the approval ..., 2023]. В результате в 2023 г. были выделены два яруса в древостое. Данные за 2023 г. приведены в Приложении. Имеющиеся данные по древесному ярусу были приведены к следующим показателям: средний возраст (A_{cp}), класс возраста; средняя высота (H_{cp}), м; средний диаметр (D_{cp}), см; запас (M), м³/га. Вычисление средних таксационных показателей в целом для древостоя и по ярусам проводилось как взвешенное через сумму площадей сечения (A_{cp} , H_{cp} , D_{cp} за 1983 и A_{cp} , D_{cp} за 1974 и 2023 гг.) и запасы (для H_{cp} за 1974 и 2023 гг.). Более подробно методические аспекты исследования приведены в работе А.А. Егорова и Т.В. Глуховой [2024].

Расчет запасов углерода в древостое (C_{dp}) по годам осушения проводился с применением конверсионных коэффициентов (K), рекомендованных в методических указаниях Минприроды РФ [On approval ..., 2022: таблица 24.4]. Расчет осуществляется по формуле:

$$C_{dp} = K \times M, \text{ т/га.}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 1974 г. ПП 5-74 закладывалась в *Сосняке андромедо-пушицево-сфагновом*, который характеризовался Vб классом бонитета в возрасте 86 лет [Egorov, Glukhova, 2024]. В 1983 г. на этом месте формируется более продуктивный сосняк того же V класса возраста, но все еще относящийся к Vб классу бонитета. В 2023 г. на этом месте уже был описан *Сосняк багульниково-сфагновый осушенный* Va класса бонитета и V класса возраста с $M = 50.0 \text{ м}^3/\text{га}$ [Egorov, Glukhova, 2024]. Таксационная характеристика древостоя по годам и ярусам приведена в таблице 1.

Таблица 1. Таксационные показатели и запасы углерода в древостое *Сосняка андромедо-пушицево-сфагнового* за 50 лет при экстенсивном осушении.

Table 1. Taxation indicators and carbon stock in the stand of the *Pinetum andromedo-eriophoros-sphagnosum* over 50 years with extensive drainage.

Год	Ярус	Класс возраста	Класс бонитета	H_{cp} , м	D_{cp} , см	M , м ³ /га	C_{op} , т/га
1974	1	V	Vб	5.6	9.1	6.7	4.7
	2			4.0	5.1	6.3	
	3			2.7	2.7	1.3	
	Итого						
1983	1	V	Vб	6.9	10.8	11.9	8.0
	2			4.6	7.1	10.8	
	3			2.9	3.4	1.7	
	Итого						
2023	1	V	Va	8.3	10.4	44.2	16.5
	2			4.9	5.6	5.8	
	Итого						

Обозначения показателей приведены в тексте.

Данные за 1974 и 2023 гг. приведены в соответствии с данными [Егоров, Глухова, 2024].

Для перевода запасов древостоя M в запасы углерода в фитомассе древостоя (ствол, ветви, листва, корни) используют конверсионные коэффициенты, которые зависят от породы, возраста спелости и природной зоны и подзоны [On approval ..., 2022: таблица 24.4]. Территория Западновинского лесоболотного стационара расположена в подтайге (хвойно-широколиственные леса), что соответствует зоне 3 – «южная тайга и более южные климатические зоны» [по: On approval ..., 2022: таблица 24.4]. Возраст технической спелости для сосновых насаждений V бонитета составляет 100-120 лет и выше [Анучин, 1960]. Исходя из этого, низкбонитетный сосновый древостой V класса возраста относится к приспевающим. Этим критериям соответствует конверсионный коэффициент, равный 0.314. Таким образом, через запас древостоя был рассчитан запас углерода в древостое (последняя колонка в Табл. 1).

Запас углерода в *Сосняке андромедо-пушицево-сфагновом* до осушения в 1974 г. составлял 4.7 т/га. Через 10 лет, в 1983 г., в результате экстенсивного осушения запас углерода в сосняке составил 8.0 т/га. Через 50 лет после экстенсивного осушения сформировался *Сосняк багульниково-сфагновый осушенный* с запасом углерода 16.5 т/га. Регрессионный анализ этих данных показал линейную зависимость запаса углерода (C_{op}) от возраста экстенсивного осушения ($A_{осуш}$) за 50-летний период (Рис. 2):

$$C_{op} = 0.2322 \times A_{осуш} + 5.0116, \text{ т/га,}$$

где $R^2 = 0.99$; p-value (F) = 0.064 при $\alpha = 0.05$.

Коэффициент детерминации (R^2) регрессионного линейного уравнения высокий, однако уравнение недостоверно (p-value (F) > α). В дальнейшем это уравнение можно уточнить за счет изучения хода роста насаждения на примере модельных деревьев. Но и при таком несовершенстве уравнение показывает линейную тенденцию изменения запаса древостоя в изучаемом сосняке в период осушения до 50 лет.

Используя данные за 50 лет после осушения (Табл. 1), рассчитали за этот период средний ежегодный прирост по запасу древостоя M , который составил $0.71 \text{ м}^3/\text{га}$, и средний ежегодный

прирост запаса углерода насаждения $C_{op} = 0.24$ т/га. Полученный нами показатель среднего ежегодного прироста древостоя согласуется с оценками для осушенных сосняков, имеющих до осушения Vб бонитет, а после – V-Va, приводимыми в литературе: 0.5-1.0 м³/га [Tarakanov, 2005], < 1 м³/га [Karpechko, Bondarik, 2010: 21].

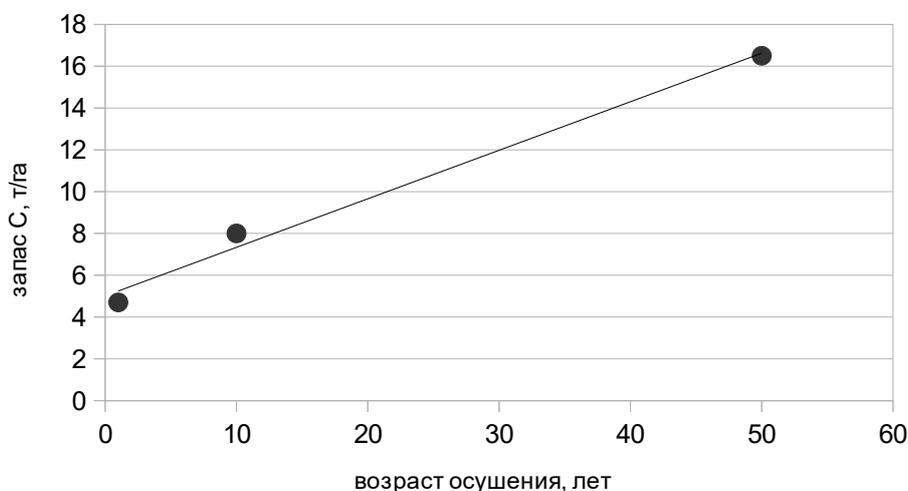


Рис. 2. График зависимости запаса углерода от возраста экстенсивно осушенного *Сосняка андромедо-пушицево-сфагнового* V класса возраста за 50-летний период. Уравнение регрессии приведено в тексте.

Fig. 2. Graph of the dependence of carbon stock on the age of extensively drained of the *Pinetum andromedo-eriphorosum-sphagnosum* with V age class over a 50-year period. The regression equation is given in the text.

Анализ данных, приведенных в других исследованиях по динамике продуктивности древостоя после осушения, показал, что «бонитет в осушаемых олиготрофных сосняках может остаться прежним или измениться не более чем на один класс в ту или другую сторону» [Егоров, Глухова, 2024: 622]. И действительно, анализ литературы по динамике запасов древостоя в осушенных болотных сосняках V-Vб бонитета показал, что запас M в зависимости от давности осушения может меняться (приводимый ниже класс бонитета в виде одной цифры обозначает, что бонитет до и после осушения не изменился, а два класса бонитета, приведенные через дефис, – первая цифра до осушения, вторая цифра после осушения):

1) увеличиваться (*Сосняк сфагновый* Vб-Va бонитета в северной тайге Приморского района Архангельской обл. [Изотов, 1983]; *Сосняк багульниково-сфагновый* V-IV бонитета в южной тайге Тверской обл. [Ivanov, Vunin, 1986]; болотные сосняки Va бонитета Европейского Севера РФ [Tarakanov, 2004]; сосняк на верховых торфах Va бонитета в Волжско-Камском междуречье [Когеранов, 2006]; сосняк кустарниковый на болоте в средней тайге Ленинградской обл. [Ahti et al., 2011]; *Сосняк кустарничково-сфагновый* и *Сосняк багульниковый* Va бонитетов в южной тайге Зауралья [Solntsev et al., 2014]; *Сосняк сфагновый* V бонитета в северной тайге Коми [Pakhuchij et al., 2019]);

2) уменьшаться (*Сосняк кустарничково-сфагновый* Va бонитета в южной тайге Зауралья [Solntsev et al., 2014]);

3) вначале увеличиваться, а потом уменьшаться, но в целом увеличиваться (*Сосняк багульниково-сфагновый* Va-V бонитета в северной тайге Коми [Pakhuchij et al., 2019]). Вероятно, этот вариант является вариантом первого, т. к. в целом происходит увеличение запаса в зависимости от давности осушения.

Таким образом, как показывает анализ литературы, увеличение запаса древостоя в олиготрофных сосняках вследствие осушения является достаточно закономерным явлением, за редким исключением. Однако прямое сравнение среднего ежегодного прироста изменения запаса от давности осушения с этими данными будет некорректным из-за разной продуктивности сосняков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере осушенного *Сосняка андромедо-пушицево-сфагнового* Vб класса бонитета выявлено, что через 10 лет после осушения сформировался более продуктивный сосняк Vб бонитета, а через 50 лет – *Сосняк багульниково-сфагновый осушенный* Va бонитета с запасами углерода больше в 1.7 и в 3.5 раза соответственно. Изменение запаса древостоя в изучаемом сосняке за 50 лет осушения носит линейный характер. За 50-летний период осушения средний ежегодный прирост по запасу древостоя составил 0.71 м³/га, а средний ежегодный прирост запаса углерода фитомассы древостоя – 0.24 т/га. Анализ литературы по осушенным болотным соснякам V-Vб бонитета показал, что запас древостоя в зависимости от давности осушения в целом может увеличиваться, реже – уменьшаться.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа частично выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах».

APPENDIX

№	Ярус	d1.3, см	№	Ярус	d1.3, см	№	Ярус	d1.3, см	№	Ярус	d1.3, см	№	Ярус	d1.3, см
1	2	6,3	87	1	10,1	194	2	7,2	301	1	9,7	393	1	6,7
2	2	5	89	2	5,3	195	2	4,5	303	2	5,3	394	2	7,1
3	2	5,1	90	2	4,8	196	1	8,1	304	1	13,7	395	1	10
4	1	7,1	91	1	9,2	198	1	7,6	306	1	13,9	397	1	7,7
5	1	8,4	92	1	7	200	2	4,2	308	1	15,8	398	1	10,7
6	1	10,7	95	1	16,3	201	2	4,5	312	1	9,5	400	1	8
8	1	9,8	96	1	7,8	204	1	7,8	313	1	13,6	401	1	5
10	1	10,1	98	2	9,1	205	1	8,4	314	1	8,4	402	1	12,5
11	2	4	99	2	4	206	1	7,9	316	2	5,2	404	1	16,5
12	1	9	100	1	8,2	208	1	9,8	317	1	10,7	406	1	13,6
15	1	16,3	104	1	12,3	209	1	7,3	318	2	6,7	408	2	8,5
16	1	15,4	106	2	4,5	212	2	4,2	319	1	8,7	409	1	11
17	1	8,3	107	2	5	213	2	5,8	320	1	14,7	410	2	6,2
19	1	9,8	108	2	5	216	1	10,2	321	1	10,7	411	1	10,3
20	1	6,5	111	2	4,7	218	1	7,5	324	2	4	413	1	12,5
23	1	4,1	112	2	4,2	219	1	8,1	325	2	4,6	414	1	11,5
24	1	8,4	114	1	12,5	220	1	8,6	326	2	5	415	1	13,5
25	1	11,3	116	1	16	221	2	5,6	328	1	13	417	2	6,6
26	1	6	117	1	11,1	222	2	5	330	2	9,8	418	2	8,6
28	1	8,4	119	1	8	224	1	10	331	1	13,5	420	2	5,8
29	1	9	122	1	10	226	2	4,9	332	2	4,7	422	1	9
30	1	7	123	1	5,6	227	2	6,6	333	2	5,4	423	2	7
32	1	10,8	124	1	10	232	1	5,2	336	1	8,3	425	1	14,6
33	1	8,7	127	1	12,6	235	2	4,3	337	2	6,7	426	2	5,6
34	2	4,6	130	1	6,2	236	1	6,7	338	2	6,3	427	1	11,3
35	1	10,3	131	2	4,1	237	1	8,9	339	1	16	429	1	13,1
38	1	17	134	1	7,3	238	2	4,9	342	2	6,3	430	2	5,7
39	1	8,4	136	2	4	241	1	9	343	2	4,5	431	1	12
40	1	7	138	1	8	242	1	12,6	344	2	7	432	1	8,3
42	2	4,2	140	2	8	244	2	5,4	345	1	10	433	2	5,3
45	1	7,3	141	1	7,1	245	1	13,4	346	2	6,6	436	1	18,5
46	1	13	142	1	15,2	250	1	7,3	347	1	14	437	2	6,5
48	1	7	143	2	4,5	251	2	5	350	1	13,6	438	2	5
49	1	5,7	145	2	4,8	253	2	4,7	352	2	6,7	439	1	14,1
50	1	8	150	1	14	254	2	4,1	353	1	10,4	440	1	7
51	1	7,5	151	2	5	256	2	6,3	354	1	13,5	441	1	9
52	1	9	154	2	5,6	257	2	5	355	2	5	443	2	6,2
53	1	13,1	155	1	14	259	2	6	358	1	12,6	445	1	11,2
54	1	11,2	156	2	4	261	1	6,1	359	1	14,5	446	1	11
55	2	4	157	1	6,8	263	2	5,7	360	1	14,5	447	1	9
56	1	6,1	158	1	11,7	265	1	14,6	361	2	6	448	1	8,5
57	1	8,1	159	1	12,2	267	1	8,5	362	1	8,8	452	2	11,5
58	1	8,7	161	2	4,2	270	1	8	363	2	8	453	1	16,5
59	1	15,4	165	1	12,5	273	2	4,3	364	2	5	454	2	5,3
62	1	11	167	2	6,7	274	2	4,6	365	1	9,5	456	2	6
64	1	6,7	169	2	5,3	275	2	7,6	368	1	8,2	458	2	6,2
65	1	10,1	170	1	9,1	276	1	15	369	1	9,6	461	2	7,2
67	2	4,8	171	2	5,6	277	2	4,2	370	1	14	462	1	14,5
70	2	4,7	172	2	5,7	278	1	17	374	1	21	463	1	13,3
72	1	10,3	174	1	8,1	282	1	9	375	1	11	464	2	4,1
73	1	17,3	175	1	10,4	284	2	5	377	1	11	465	1	9,7
74	1	6,3	177	1	6	286	1	12,8	378	1	12	466	1	7
75	2	4,8	178	1	4,6	287	2	4,7	379	2	6,5	467	1	9
77	2	6,6	180	1	7	288	2	4,3	380	2	6	468	1	7,2
78	1	12,3	182	1	11	289	1	10,4	381	1	13,4	470	1	12
79	1	15,3	183	1	11,2	290	1	12,6	384	2	4,7	471	2	4,1
80	2	4,2	184	1	9	293	2	5,6	385	1	12,6	472	1	7,7
82	2	5,3	186	1	10,9	296	2	5,8	389	2	8,1	473	2	5,6
83	2	4	191	2	4,8	297	1	9	390	1	13,6	474	2	4
85	1	11,3	193	1	4,9	300	1	10,7	392	2	6,3	475	2	5

№	Ярус	d1.3, см												
476	2	5,3	568	1	6	659	2	7,2	748	1	6	835	1	5,7
478	2	11	569	1	16	660	1	14,5	749	2	5,4	837	2	8,7
479	1	10,9	570	2	4,5	661	2	5,3	750	1	13	838	1	15,5
480	1	8	572	1	11	663	1	6	752	2	4	839	1	14
481	1	8,5	573	1	9	664	1	6,1	753	2	6,7	840	1	10,1
482	2	6,7	575	1	16	665	2	4,5	754	1	17,7	841	1	14
483	1	10,8	576	2	4,2	666	2	6,4	756	1	10,5	844	1	5,2
484	1	11,6	577	1	14	667	1	13,7	757	1	14	845	2	5,7
485	1	8,1	579	2	8,4	671	1	11,6	758	1	18,7	847	1	6,8
487	1	9,1	580	1	14,1	672	1	8,5	759	1	8,3			
488	1	11,8	582	1	14,5	675	2	5,2	760	2	5			
489	1	15	583	1	6,6	677	1	9,3	761	1	11,7			
490	1	16,2	584	1	12	678	2	4	765	1	18,3			
491	1	10,2	585	1	11,7	679	1	9,7	766	1	13,1			
492	2	5	586	1	8,3	682	2	4,7	771	1	10,2			
493	1	13,3	587	1	6	686	1	9,8	774	1	14,3			
495	2	4,4	588	1	7,1	687	1	9,8	776	2	6,6			
496	1	13,2	589	1	10	689	1	15,5	777	1	8,7			
497	1	9,4	590	1	11,3	690	1	14,3	779	2	4			
498	2	5,7	592	1	10,4	691	1	10,3	781	1	13			
499	1	10,4	595	2	4,8	692	1	12,7	782	2	4,5			
500	2	4,4	596	2	4,3	693	2	8,3	783	1	13,7			
501	1	7,4	597	2	4,2	694	1	12	784	2	8			
502	1	16,5	601	1	14,2	695	1	16,5	785	1	18			
503	1	7	604	1	5,9	696	1	10	786	1	12			
504	1	6	605	2	6	697	1	7	787	2	6,8			
508	2	7	608	1	8,4	698	1	7	788	1	6			
509	1	5,4	609	1	8,8	699	1	15,6	789	1	7			
510	1	10,1	610	1	7	700	1	12,5	790	1	5			
512	1	5,3	611	2	5,5	701	1	11,5	791	1	12	№	Ярус	h, м
515	1	9	612	1	11	702	2	4,5	792	1	15	40	1	6,5
516	1	6,4	613	1	7,2	704	1	12,8	795	1	9	79	1	9
517	1	7,4	615	1	11,3	705	1	4,5	796	2	4	80	2	3,5
519	2	5	619	1	6	706	1	13	797	1	10	119	1	6
521	1	10,4	625	1	9	708	1	17	799	2	4,3	155	1	7
522	1	10	626	1	6	709	1	7,5	801	2	4,3	160	2	3
524	2	5,4	629	1	8,3	710	1	15,5	803	1	10,4	245	1	9
526	1	8,7	630	2	6,1	713	1	12,3	804	2	5	280	2	3
527	2	5,2	631	1	13,3	715	1	11,3	805	1	8,8	320	1	7
528	1	5,2	634	1	8,5	717	1	14,5	806	1	11	360	1	10
530	1	14	635	1	7,7	718	1	9,1	807	1	5,4	400	1	6,5
531	1	7,6	636	1	5,1	720	1	10,4	810	1	5,5	404	1	9,5
533	1	12,5	637	1	7,3	721	1	12,7	811	1	7,6	440	1	7
534	2	4,3	638	1	9,5	722	1	9,4	812	1	9	480	1	8
536	2	5,3	639	1	9,6	723	1	7,8	813	1	8,8	519	2	5
538	2	4,3	640	2	5	725	1	15,3	814	2	7,6	560	1	8,5
539	2	8	641	1	10	729	2	4,9	817	1	5,3	600	2	4
542	1	8,5	642	2	5,6	731	2	4,6	818	1	7,4	601	1	6,5
543	2	5,1	643	1	10,3	732	1	12,3	820	1	7,5	640	2	6
546	1	8	645	2	6	733	1	7,2	821	1	11,9	681	2	4
547	1	11,7	646	1	14,6	735	1	14,3	822	1	13,3	700	1	9
548	2	4,2	647	2	7,2	736	1	8,7	823	1	7,1	720	1	8
549	2	5,3	649	1	7,4	737	1	8,4	824	2	6	725	1	10,5
552	2	6,2	650	1	7,5	738	1	11,5	825	1	12,2	735	1	11
554	2	5,4	652	1	8,2	740	2	7,3	827	1	11,1	760	2	5
558	1	10,7	653	2	6,1	742	2	5,3	828	2	4	774	1	8
560	1	16,8	654	1	8,6	743	2	4,1	829	2	5,6	792	1	11,5
562	1	16	655	2	5,7	744	2	4,3	831	1	6,6	800	2	4,5
563	2	6	656	1	6,2	746	1	15	833	1	6,4	805	1	6,5
565	1	8	657	1	12,1	747	2	5,4	834	1	6	827	1	8,5

Данные таксации растущего С на ПП 5-74 на 2023 г.-2

ЛИТЕРАТУРА

- Anuchin N.P. 1960. *Optimal cutting ages for forests of the European part of the USSR*. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat. 132 p. (in Russian). [Анучин Н.П. 1960. Оптимальные возрасты рубки для лесов Европейской части СССР. М.-Л.: Гослесбумиздат. 132 с.]
- Ahti E., Nousiainen H., Konstantinov V.K., Tihonov S.V. The Finnish experience of 70-year wetland drainage in roshchinsky forestry enterprise, Karelian isthmus. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva*. 2(25): 38-46 (in Russian). [Аhti Э., Ноусайнен Х., Константинов В.К., Тихонов С.В. 2011. Финский опыт 70-летнего осушения болот в Рошинском лесхозе на Карельском перешейке // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. Санкт-Петербург, № 2(25). С. 38-46.]
- Biogeocenological study of swamp forests in connection with experimental hydro-reclamation*. 1982. Nauka, Moscow, 208 p. (in Russian). [Биогеоценологическое изучение болотных лесов в связи с опытной гидромелиорацией. 1982. Москва: Наука. 208 с.]
- Chistotin M.V., Suvorov G.G., Sirin A.A. 2016. The temporal pattern of methane emission from drained peat soil at pot experiment as depended on vegetation and soil moisture. *Agrokhimia*, 12: 20-33 (in Russian). [Чистотин М.В., Суворов Г.Г., Сиринов А.А. 2016. Динамика эмиссии метана из осушенной торфяной почвы в зависимости от растительности и режима увлажнения (результаты вегетационного опыта) // Агрохимия. No 12. С. 20-33.]
- Ivanov A.I., Bunin M.A. 1986. Changes in the structure of swamp pine forest stands in the first 10 years after drainage, *Lesovedenie*, 2: 38-44 (in Russian). [Иванов А.И., Бунин М.А. 1986. Изменение структуры древостоев болотных сосняков в первые 10 лет после осушения // Лесоведение, № 2. С. 38-44.]
- Egorov A.A., Glukhova T.V. 2024. Changes in the structure of a stand on a drained oligotrophic swamp for 50 years on West dvina peatland-forest station in Tver oblast. *Lesovedenie*, 6: 617-625 (in Russian). [Егоров А.А., Глухова Т.В. 2024. Изменение структуры древостоя на осушенном олиготрофном болоте за 50 лет на Западнодвинском лесоболотном стационаре в Тверской области // Лесоведение, № 6, с. 617-625]. DOI: 10.31857/S0024114824060036
- Glukhova T.V. 1990. *Chemical composition of soil and groundwater of forest swamps and removal of substances from runoff during hydroforestry*. Abstract of the dissertation of the candidate of Biology sciences. Moscow, 18 p. (in Russian). [Глухова Т.В. 1990. Химический состав почвенно-грунтовых вод лесных болот и вынос веществ со стоком при гидроресомелиорации: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва. 18 с.]
- Izotov V.F. 1983. Changes in the conditions of habitat and growth of North taiga sphagnum pine in connection with drainage. Problems of environmental management in the conditions of the north of the European part of the USSR. Vologda. pp. 46-59 (in Russian). [Изотов В.Ф. 1983. Изменения условий произрастания и роста севернотаежного сосняка сфагнового в связи с осушением // Проблемы природопользования в условиях севера европейской части СССР. Вологда. С. 46-59.]
- Karpechko Yu.V., Bondarik N.L. 2010. *The hydrological role of forestry and forestry operations in the taiga zone of the European North of Russia*. Petrozavodsk: Karelian SC RAS. 225 p. (in Russian). [Карпечко Ю.В., Бондарик Н.Л. 2010. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. Петрозаводск: Кар НЦ РАН, 225 с.]
- Korepanov D.A. 2006. *Forestry efficiency of dehumidification of excessively moistened lands of the Volga-Kama interfluve*. Abstract of the dissertation for the doctor of agricultural sciences. Yekaterinburg. 42 p. (in Russian). [Жорепанов Д.А. 2006. Лесоводственная эффективность осушения избыточно увлажненных земель Волжско-Камского междуречья. Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук по спец. Екатеринбург. 42 с.]
- Minkinen K., Riitta K., Savolainen I., Laine J. 2002. Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100 – the impact of forestry drainage. *Global Change Biology*, 8(8): 785–799. DOI: 10.1046/j.1365-2486.2002.00504.x
- The methodology of field work on forest taxation on permanent test areas of intensive test sites within the framework of the implementation of an innovative project of national importance "Carbon in ecosystems: monitoring"*, Consortium No. 4 (manuscript). 2003. СЕРП RAS, Moscow (in Russian). [Методика полевых работ по таксации леса на постоянных пробных площадях тестовых полигонах интенсивного уровня в рамках реализации инновационного проекта государственного значения «Углерод в экосистемах: мониторинг». Консорциум № 4 (рукопись). 2023. М.: ЦЭПЛ РАН.]
- On approval of the methodology for quantitative determination of greenhouse gas emissions and greenhouse gas uptake*. 2022. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated 05/27/2022 N 371 (in Russian). [Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов. 2022. Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371].
- Pakhuchij V.V., Pakhuchaya L.M., Guber D.V. Dynamics of forest inventory values for pine stands on objects of forest drainage in the Komi Republic. *Actual problems of the forest complex*, 54: 39-42 (in Russian). [Пахучий В.В., Пахучая Л.М., Губер Д.В. 2019. Динамика таксационных показателей сосновых древостоев на объектах гидромелиорации в Республике Коми // Актуальные проблемы лесного комплекса. № 54. С. 39-42.]
- Sirin A.A. 2022. Mires and peatlands: carbon, greenhouse gases, and climate change. *Biology Bulletin Reviews*, 12 (Suppl 2): 123-139. DOI: 10.1134/S2079086422080096 [Сиринов А.А. 2022. Болота и антропогенно-измененные торфяники: углерод, парниковые газы, изменение климата // Успехи современной биологии. Т. 142. № 6. С. 560-577.]
- Sirin A.A., Suvorov G.G. 2022. Greenhouse gas emissions from peat extraction in the center of the European part of Russia. *Russian Meteorology and Hydrology*. 47 (3): 207-216. [Сиринов А.А., Суворов Г.Г. 2022. Эмиссия парниковых газов на торфоразработках в центре Европейской России // Метеорол. гидрол. № 3. С. 68-80.]
- Sirin A.A., Suvorov G.G., Chistotin M.V., Glagolev M.V. 2012. Values of methane emission from drainage ditches. *Environmental dynamics and global climate change*, 3 (2): 1-10 (in Russian). [Сиринов А.А., Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Глаголев М.В. 2012. О значениях эмиссии метана из осушительных каналов // Динам. окр. среды глоб. измен. клим. 2012. Т. 3. № 2. С. 1-10.]

Solntcev R.V., Chindyaev A.S., Nagimov Z.Y. 2014. The influence of drainage reclamation on the mode of soil and groundwater and the growth of pine trees by diameter. *Modern Problems of Science and Education*, 5: article 744 (in Russian). [Солнцеv Р.В., Чиндяев А.С., Нагимов З.Я. 2014. Влияние осушительной мелиорации на режим почвенно-грунтовых вод и прирост деревьев сосны по диаметру // Современные проблемы науки и образования, № 5. Статья 744.]. Suvorov G.G., Chistotin M.V., Sirin A.A. 2010. Effect of vegetation and moisture conditions on the emission of methane from drained peat soil. *Agrohimia*, 12: 37-45 (in Russian). [Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Сирин А.А. 2010. Влияние растительности и режима увлажнения на эмиссию метана из осушенной торфяной почвы // Агрохимия. № 12. С. 37-45.].

Suvorov G.G., Chistotin M.V., Sirin A.A. 2015. The carbon losses from a drained peatland in Moscow oblast used for peat extraction and agriculture. *Agrohimia*, 11: 51-62 (in Russian). [Суворов Г.Г., Чистотин М.В., Сирин А.А. 2015. Потери углерода при добыче торфа и сельскохозяйственном использовании осушенного торфяника в Московской области // Агрохимия. 2015. № 11. С. 51-62.].

Tarakanov A.M. 2004. Growth progress of modal pine and spruce stands on drainage areas of the European North. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 5.: 32-4 (in Russian). [Тараканов А.М. 2004. Ход роста модальных сосновых и еловых древостоев на осушаемых землях Европейского Севера // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. № 5. С. 32-42.].

Tarakanov A.M. 2005. Characteristics of amelioration fund and natural peculiarities of bog forests of the European north of Russia. *Arctic Environmental Research*, 2: 56-63 (in Russian). [Тараканов А.М. 2005. Характеристика гидролесомелиоративного фонда и природные особенности заболоченных лесов Европейского Севера России // Arctic Environmental Research, № 2. С. 56-63.].

Поступила в редакцию: 01.12.2024
Переработанный вариант: 07.07.2025
Принято в печать: 09.07.2025
Опубликована: 23.07.2025