

ОЦЕНКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРИ АНАЛИЗЕ БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА В АГРОЛАНДШАФТАХ КАРЕЛИИ*

Ольга Николаевна Бахмет, *член-корреспондент РАН*

Любовь Павловна Евстратова, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

Елена Валентиновна Николаева, *кандидат сельскохозяйственных наук*

Любовь Викторовна Канцерова, *кандидат биологических наук*

Елена Викторовна Дубина-Чехович

Карельский научный центр Российской академии наук, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

E-mail: levstratova@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения видового состава многолетних трав и биопродуктивности долголетних фитоценозов в условиях Карелии для последующей оценки пулов углерода. На агроземе торфяном типичном в ходе 30-летней сукцессии произошла перестройка растительного покрова сенокосов с преобладанием в настоящее время крупнотравных сообществ. По результатам геоботанических описаний выделены виды-доминанты, соответствующие условиям избыточного увлажнения, высокой трофности почв и вносящие основной вклад в формирование продуктивности многолетней травянистой растительности. Хозяйственно ценный урожай сухой фитомассы злаково-разнотравного травостоя составил 10,16 т/га и существенно превысил аналогичные показатели (5,46 – 6,79 т/га) разнотравных фитоценозов. Запасы надземной фитомассы (от 12,06 до 17,94 т/га) были больше запасов подземной в 2,1–3,1 раза. Оценка растительного покрова на трансформированных агрофитоценозах дает представление о запасах углерода при сукцессионной смене многолетних травянистых растений.

Ключевые слова: агрофитоценозы, многолетние травы, видовой состав, продуктивность, надземная и подземная фитомасса, углерод

ASSESSMENT OF VEGETATION COVER WHEN ANALYZING THE CARBON BUDGET IN AGRICULTURAL LANDSCAPES OF KARELIA

O.N. Bakhmet, *Corresponding member of the RAS*

L.P. Evstratova, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

E.V. Nikolaeva, *PhD in Agricultural Sciences*

L.V. Kanzerova, *PhD in Biological Sciences*

E.V. Dubina-Chekhovich

Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

E-mail: levstratova@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of studying the species composition of perennial grasses and the bioproductivity of long-term phytocenoses in Karelia for the subsequent assessment of carbon pools. On the typical peat agrozone, during the 30-year succession, there was a restructuring of the vegetation cover of hayfields with the predominance of large-grass communities at present. Based on the results of geobotanical descriptions, dominant species were identified that correspond to the conditions of excessive moisture, high trophic soils and make the main contribution to the formation of productivity of perennial herbaceous vegetation. The economically valuable harvest of dry phytomass of grass-mixed herbage amounted to 10.16 t/ha and significantly exceeded similar indicators of 5.46–6.79 t/ha of mixed phytocenoses. The reserves of aboveground phytomass ranged from 12.06 to 17.94 t/ha and exceeded the underground reserves by 2.1–3.1 times. The assessment of vegetation cover on transformed agrophytocenoses gives an idea of carbon reserves during the successional change of perennial herbaceous plants.

Keywords: agrophytocenoses, perennial grasses, species composition, productivity, aboveground and underground phytomass, carbon

В решении проблемы повышения продуктивности долголетия агроландшафтов большое значение имеют многолетние травы, выполняющие природоохранные функции и влияющие на сохранение и накопление органического вещества в биосфере. Урожайность трав во многом определяется развитием корневой системы, которая, как основной источник органического углерода и азота для пополнения запасов гумуса, способствует расширенному воспроизводству плодородия почв. [10]

Важнейший элемент органического вещества — углерод, фонд которого распределяется в фитоценозах на два пула: углерод растительных и почвенных органических компонентов. Первый включает зеленую массу, корневую систему, надземные и подземные растительные остатки (мортмасса), второй — смесь неразложившихся и полуразложившихся, частично гумифицированных растительных остатков; микроббиомассы; продуктов метаболизма растений, животных и микроорганизмов. [18]

* Работа выполнена в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» № ВИП ГЗ/23-10 / The work was carried out within the framework of the Most important innovative project of state significance “Unified national monitoring system of climatically active substances” No VIP GZ/23-10.

Процессы гумификации и минерализации органических веществ в почве влияют на интенсивность эмиссии CO_2 на границе почва–приземный слой воздуха. [4]

В агрофитоценозах большое количество органического вещества сосредоточено в надземной сфере из-за фотосинтетического связывания углерода. В благоприятных экологических условиях для травянистой растительности с увеличением объемов аккумуляции этого элемента растет биопродуктивность многолетних травостоев и сток углерода из атмосферы. Интенсивность связывания растениями атмосферного CO_2 и длительное хранение углерода в почве (секвестрация) во многом определяются видовым составом многолетних трав, структурной организацией фитоценоза, плотностью, возрастом травостоя, природно-климатическими условиями территории. Абиотические факторы среды и технологии возделывания трав отражаются на продуктивности растений изменением их фотосинтетической активности. При ухудшении температурного и водного режимов в агрофитоценозах снижается продуктивность надземных органов и возрастает подземная фитомасса. [7]

На образование общей фитомассы расходуется определенное количество органического вещества (углерод), часть которого отчуждается при уборке урожая. Режимы хозяйственного пользования кормовых угодий влияют на запасы корневых остатков, определяющих объемы органического углерода в почве. В случае распашки многолетних агрофитоценозов накопленный в почве углерод может быть частично потерян. [12]

Оценку биологической продуктивности травяных экосистем [17] можно экстраполировать для анализа продуктивности агрофитоценозов многолетних трав, поскольку процесс фотосинтеза одних и тех же видов трав, произрастающих в природных экосистемах и агроценозах, не отличается. Для решения вопросов по рациональному использованию сенокосов, при изучении баланса углерода в агроландшафтах изначально потребовалось оценить запасы фитомассы и продуктивность долголетних агрофитоценозов. Это актуально для почв осушенных торфяников, которые рассматривают как важный источник поступления CO_2 в атмосферу.

Цель работы – изучить видовой состав и биопродуктивность многолетней травянистой растительности сенокосов на агроземе торфяном типичном для последующей оценки запасов углерода в условиях Республики Карелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на осушенных сельскохозяйственных угодьях, расположенных в Прионежском муниципальном районе южной агроклиматической зоны Карелии. В течение года рассматриваемая территория характеризуется недостаточной теплообеспеченностью (сумма активных температур – $1400...1600^\circ\text{C}$) и чаще всего избыточным увлажнением ($650...725$ мм). Имеются засушливые периоды в полевом сезоне. [1]

Отрастание многолетних травянистых растений в 2023 году наблюдали на фоне повышенной

среднемесячной температуры воздуха и дефицита осадков (ГТК май – $0,77$). Весенние запасы продуктивной влаги в почве способствовали активному формированию ассимиляционного аппарата растений. Их интенсивный рост и массовое цветение проходили в условиях недостаточной теплообеспеченности и неравномерного распределения осадков (ГТК июнь – $1,08$, ГТК июль – $3,21$). Благоприятный комплекс тепла и влаги был во время репродуктивного развития и завершения цикла сезонного роста многолетних трав (ГТК август – $1,37$, ГТК сентябрь – $1,82$).

Повышенное увлажнение второй половины вегетационного периода в сочетании с температурным режимом, близким к среднегумидным значениям, способствовали значительному накоплению фитомассы многолетних трав.

На мелиорированных агроландшафтах Карелии с помощью архивных почвенных карт КарНЦ РАН [2] выбраны три земельных участка (№ 30, 43, 137) мелиоративного объекта ДКП «Центральный», которые отведены под сенокосы. В соответствии с Паспортом мелиоративной системы [15] площадь участка составляет $9,0...14,6$ га. Перезалужение проводили 30 лет назад двукисточником тростниковым.

В исследовании представлены наиболее типичные для природно-климатической зоны Южной Карелии торфяные почвы [21], которые характеризуются специфическими физико-химическими свойствами, обусловленными их генезисом. На земельных участках уровень грунтовых вод в августе находился на глубине: около 100 см – № 30, 120 – 43 , 70 см – № 137.

По данным ФГБУ САС «Карельская» кислотность почвенного раствора пахотного горизонта агрозема торфяного типичного $5,5...5,7$ (слабокислая), обеспеченность почв подвижными соединениями фосфора и калия повышенное и очень высокое ($910...2500$ мг/кг и $132...692$ мг/кг почвы соответственно), что связано с особенностями подстилающих почвообразующих пород. Вышеуказанные показатели плодородия почв благоприятны для возделывания большинства видов многолетних кормовых трав.

На каждом из мелиоративных участков обособлен выдел с пробной площадью (ПП) и буферной зоной. [14] Пробная площадь представлена в трехкратной повторности, включает относительно равномерно распределенных 9 элементарных участков (ЭУ). На отдельном ЭУ (10×10 м) осуществляли полное геоботаническое описание, отмечали проективное покрытие встречаемых видов в %, а также выделяли доминирующие виды растений по общепринятой методике. [9, 16] Таксономия сосудистых растений приведена по [20] с учетом более поздней работы. [11]

При максимальном формировании травостоя (середина июля) на каждом ЭУ однократно делали укос на уровне поверхности почвы с использованием рамки размером 50×50 см, были учтены надземные растительные остатки (мортмасса). [22]

Влажность зеленой массы определяли путем высушивания отобранного образца, его вес в дальнейшем пересчитывали на урожайность сухой фитомассы и массу растительных остатков (т/га). [13]

Таблица 1.

Результаты факторного анализа
по данным геоботанических описаний

Вид растения	Факторная нагрузка (% общей дисперсии)					
	F1 (24,1)	F2 (16,8)	F3 (13,6)	F4 (9,4)	F5 (8,1)	F6 (7,4)
Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	-0,66	-0,16	-0,04	-0,24	-0,19	0,44
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	-0,69	-0,15	0,08	0,39	-0,04	0,21
Осока прямоколосая <i>Carex atherodes</i> Spreng.	0,73	-0,11	-0,02	-0,07	-0,07	0,24
Лабазник (таволга) вязолистный <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	0,86	0,04	-0,09	-0,10	0,05	-0,19
Двуклосточник тростниковый <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) <i>Rauschert</i>	0,73	-0,16	-0,06	-0,04	-0,14	-0,13
Камыш лесной <i>Scirpus sylvaticus</i> L.	0,83	-0,12	-0,02	-0,07	-0,06	0,26
Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	-0,10	0,57	-0,06	-0,19	0,69	0,07
Мятлик обыкновенный <i>Poa trivialis</i> L.	-0,07	0,97	-0,04	-0,06	-0,09	0,03
Вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i> L.	-0,02	0,98	-0,02	-0,05	-0,04	-0,01
Пикульник красивый <i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	-0,08	-0,04	0,99	-0,05	-0,02	0,03
Лютик едкий <i>Ranunculus acris</i> L.	-0,09	-0,04	0,99	-0,05	-0,02	0,03
Пырей ползучий <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	-0,17	-0,08	-0,05	0,84	0,04	0,08
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	-0,03	-0,05	-0,04	0,89	0,05	-0,02
Бодяк полевой <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	-0,26	-0,11	-0,17	0,35	0,62	0,24
Хвощ луговой <i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	-0,17	0,38	-0,11	-0,05	-0,64	0,20
Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> <i>C. Hartm.</i>	0,01	-0,09	-0,06	-0,11	-0,05	-0,90

пырей ползучий) объединяют их требования к эдафическим условиям. Данные виды предпочитают влажную, но хорошо дренированную почву, богатую органическим веществом с нейтральной или слабокислой реакцией.

Противоположные знаки при высоких значениях нагрузок пятого фактора указывают на отсутствие хвоща лугового в фитоценозах, где встречается бодяк полевой, кострец безостый, и наоборот. По шестому фактору установлено, что вейник тростниковидный произрастает независимо от встречаемости других видов, поскольку он — сильный эдификатор, обладающий аллелопатическими свойствами. Вейник предпочитает умеренно увлажненные, кислые или слабокислые почвы со средним содержанием минерального азота.

По результатам кластерного анализа получены три группы ЭУ, корректность выделения которых подтверждена дискриминантным анализом на 100% (табл. 2, рисунок).

В первый кластер (I) включено 15 ЭУ (ПП 30 — 8 ЭУ и ПП 43 — 7 ЭУ), на которых преобладали

Травянистую растительность сенокосов поделили на хозяйственно-ботанические группы: злаки, бобовые, разнотравье. Запасы подземной фитомассы учитывали в местах укосов путем отбора монолитов почвы (25×25 см) на основную глубину распространения корней растений — 30 см. С одной ПП брали 9 монолитов, из которых извлекали корни травянистых растений, не разделяя на виды. Отмытые от почвенных частиц живые и мертвые корни высушивали и взвешивали. [3, 22, 23]

Общий запас фитомассы травостоя находили суммированием сухого вещества надземной и подземной фитомассы. Запасы надземной фитомассы включали сухую фитомассу и надземную мортмассу, подземной — общий вес живых и отмерших корней.

Обработку результатов геоботанических описаний проводили с привлечением методов многомерного статистического анализа: факторный (метод главных компонент), кластерный (метод Варде, Евклидово расстояние) и дискриминантный [8]. Объектами явились 27 элементарных участков, а переменными — показатели проективного покрытия (более 1%) каждого из 16 доминирующих видов растений. Выделенные по проценту общей дисперсии (более 75%) факторы отражали структуру связи между переменными. Продуктивность сухой массы, весовых показателей надземной мортмассы и общей подземной фитомассы обрабатывали с использованием однофакторного дисперсионного анализа. [5]

Данные экспериментальных исследований статистически обрабатывали на персональном компьютере в среде Microsoft Excel 10 и компьютерной программы StatGraphics Centurion XV.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По геоботаническим описаниям агрофитоценозов выявили различия в их видовом составе. С привлечением факторного анализа получено 6 факторов (F₁—F₆), нагрузки на переменные которых приведены в таблице 1.

По высоким нагрузкам факторов предположили совместное произрастание отдельных видов растений. По первому фактору одинаковые знаки и повышенные нагрузки при переменных свидетельствовали о частом одновременном присутствии в изученных травостоях купыря лесного и крапивы двудомной или сочетания видов: осока прямоколосая, лабазник (таволга) вязолистный, двуклосточник тростниковый, камыш лесной. Вышеуказанные представители отнесены к многолетним высокорослым травянистым растениям. [20] Первые два предпочитают открытые территории, хорошо увлажненные и богатые минеральным азотом почвы. Вторые четыре вида произрастают во влажных условиях. Высокие положительные значения нагрузок второго фактора свидетельствуют о приуроченности к совместному существованию костреца безостого, мятлика обыкновенного и вероники длиннолистной, третьего — пикульника красивого и лютика едкого, четвертого — пырея ползучего и горошка мышиного. Особенность костреца, мятлика и вероники — обитание на плодородных почвах, пикульника и лютика — приуроченность к влажной среде. Ценные кормовые растения (горошек мышиный,

Таблица 2

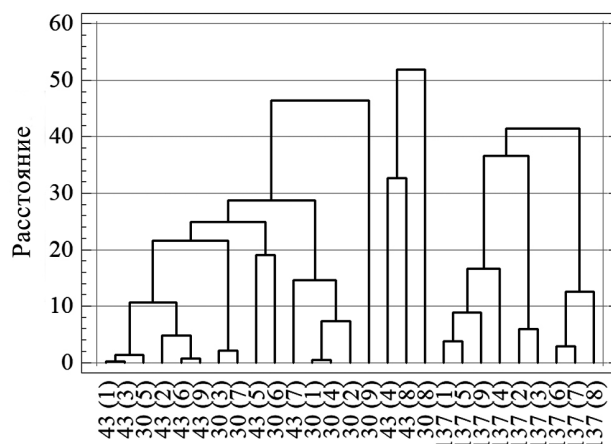
Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	31,40	26,67	3,89
Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L.	52,00	25,00	4,44
Осока прямоколая <i>Carex atherodes</i> Spreng.	0,00	0,00	8,11
Лабазник (таволга) вязолистный <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	2,67	10,00	36,67
Двукисточник тростниковый <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert	0,00	0,00	25,00
Камыш лесной <i>Scirpus sylvaticus</i> L.	0,00	0,00	3,89
Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub	4,87	11,67	0,00
Мятлик обыкновенный <i>Poa trivialis</i> L.	0,47	5,00	0,00
Вероника длиннolistная <i>Veronica longifolia</i> L.	0,67	11,67	0,00
Пикульник красивый <i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	0,00	1,67	0,00
Лютик едкий <i>Ranunculus acris</i> L.	0,01	0,67	0,00
Пырей ползучий <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	0,40	0,00	0,01
Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	0,20	0,01	0,11
Бодяк полевой <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2,93	0,00	0,00
Хвощ луговой <i>Equisetum pretense</i> Ehrh.	0,00	1,67	0,01
Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> C. Hartm.	0,33	0,00	11,11

Средние показатели запасов сухой фитомассы агрофитоценозов представлены в таблице 3. С привлечением однофакторного дисперсионного анализа установлено, что травостой ПП 137 достоверно отличался от остальных большей урожайностью зеленой ($F\text{-ratio} = 20,60$, $p\text{-value} = 0,0000$, $LSD = 3,98$) и сухой фитомассы злаковых трав, а также общей сухой массы травостоя. Многолетние травы на ПП 30 выделялись большим урожаем зеленой массы разнотравья ($F\text{-ratio} = 4,93$, $p\text{-value} = 0,0161$, $LSD = 9,37$). Наименее продуктивным оказался

В надземной сфере установлены большие запасы мортмассы 6,60...7,78 т/га, но существенных отклонений между растительными остатками на трех ПП не было. На основе анализа весовых показателей сухой подземной части растений выявлено, что ПП 43 достоверно отличалась от остальных меньшей массой живых корней и подземной мортмассой.

По запасам фитомассы травянистых растений можно оценить пулы углерода. При анализе бюджета углерода на агродерново-подзолистой типичной почве Карелии исследованиями [6] установлено, что общие его запасы в фитомассе злаково-разнотравного травостоя составили 9,3 т С/га, в том числе подземной – 5,8 и надземной – 3,5 т С/га. Доля каждого пула органического углерода соответствовала 8 и 4%. Запасы углерода почвы под сенокосом – 66,5 т С/га (88%).

Выводы. Агрофитоценозы многолетних трав на агроземе торфяном типичном, пересевавшиеся 30 лет назад, в настоящее время представлены разнотравным (ПП 30 и 43) и злаково-разнотравным (ПП 137) травостоями. В результате сукцессионных процессов наиболее распространены крупнотравные сообщества. В период максимального формирования травостоев выделены виды-доминанты, соответствующие условиям избыточного увлажнения и высокой трофности почв: купырь лесной, крапива двудомная, лабазник вязолистный, кострец безостый и вероника длиннолистная — на ПП 30 и 43, а также двукосточник тростниковый, вейник тростниковидный, осока прямоколосая, лабазник вязолистный — на ПП 137. Хозяйственно ценный



**Кластерная дендрограмма элементарных участков
(номера 1...9 в скобках) на ПП 30, 43, 137
по данным геоботанических описаний.**

Таблица 3.
Структура растительного покрова
и сухое вещество фитомассы многолетних трав, т/га

Компонент	Номер пробной площади		
	30	43	137
Надземная фитомасса			
Запас сухой фитомассы	6,79	5,46	10,16* (F-ratio = 8,81, p-value = 0,0013, LSD = 2,39)**.
В том числе			
злаковые	0,40	1,38	4,61* (F-ratio = 20,86, p-value = 0,0000, LSD = 1,41)
бобовые	0,06	0,04	0,01
разнотравье	6,33	4,04	5,54
Запас надземной мортмассы	7,63	6,60	7,78
Запас надземной фитомассы	14,42	12,06	17,94
Подземная фитомасса			
Запас подземной фитомассы в слое 0...30 см	7,00	3,86* (F-ratio = 5,18, p-value = 0,0135, LSD = 2,74)	7,95
Общая фитомасса			
Запас фитомассы травостоя	21,42	15,92	25,89
Отношение надземной мортмассы к сухой фитомассе	1,12	1,21	0,77
Отношение подземной фитомассы к надземной	0,49	0,32	0,44

Примечание: * — достоверные отклонения значений от других ПП, ** F-ratio — критерий Фишера фактический, p-value — уровень значимости, LSD — наименьшая существенная разность.

урожай многолетних трав, на формирование которого затрачена часть органического вещества, составил 5,46...10,16 т/га, 56,6% запасов надземной фитомассы и 39,2% общих запасов фитомассы травостоя. Запасы подземной фитомассы (3,86...7,95 т/га) определяют не только интенсивность развития надземной сферы растений, но и способствуют накоплению органического вещества почв. При перепашке темпы его разложения увеличиваются, что приводит к эмиссии CO₂ в атмосферу, поэтому для рационального использования ценных мелиорированных земель и секвестрации углерода целесообразно применять низкзатратные приемы поверхностного улучшения кормовых угодий в зависимости от состояния сенокосов: удаление кочек, расчистка мелиоративных каналов для отвода застойных вод, борьба с сорной растительностью, омоложение травостоев с помощью неглубокого дискования и последующего прикатывания почвы или подсева злаковых трав в дернину с одновременным внесением минеральных удобрений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. Л., 1974. 114 с.
- Агрохимические карты. Технология создания и использования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.gisinfo.ru (Дата обращения 27.02.2023).
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В. и др. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 185 с.
- Бирюкова О.Н., Бирюков М.В. Запасы органического углерода в почвах // Национальный атлас почв. Ф-т почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Астрель, 2011. С. 242–243.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Дубровина И.А., Мошкина Е.В., Сидорова В.А. и др. Влияние типа землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода в среднетаежной подзоне Карелии // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1392–1406.
- Зверева Г.К. Агроценозы (понятия, структура, особенности функционирования): учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2006. 118 с.
- Ким Дж.-О., Мьюллер П.У., Клекка У.Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансовая статистика, 1989. 215 с.
- Корчагин А.А. Видовой состав растительных сообществ и методы его изучения / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М.; Л.: АН СССР, 1964. Т. 3. С. 39–62.
- Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Природосохраняющие свойства многолетних кормовых трав // Успехи современного естествознания. 2014. № 12. С. 111–115.
- Кравченко А.В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск, 2007. 403 с.
- Кудеяров В.Н. Влияние удобрений и системы земледелия на секвестрацию углерода в почвах // Агрохимия. 2022. № 12. С. 79–96.
- Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
- Методическое руководство по сбору и обработке данных о запасах и бюджете углерода на уровне площадки мониторинга в почвах / В надз. Минобрнауки, ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева». v.1-28.11.2022. [Электронный ресурс]. М.: МБА, 2023. 22 с. Режим доступа: http://www.ritm-c.ru/metodica-po-otsenke-pulov-ugleroda-v-sx-pochвах_2023_0628.pdf (Дата обращения 22.09.2023).
- Паспорт мелиоративной системы «Осушительная система «Вилга-ДКП-Центральный»», 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://inform-raduga.ru/gts/2592> (Дата обращения 27.02.2023).
- Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. В 5 т. Т. 3. М.-Л.: Наука, 1964. 530 с.
- Продуктивность травяных экосистем: справочник / Составители А.А. Титлянова, С.В. Шибарева; Почвенный институт им. В.В. Докучаева; Институт почвоведения и агрохимии СО РАН. М.: ООО «Издательство МБА», 2020. 100 с.
- Самбу А.Д., Дапылдай А.Б., Куулар А.Н. Пул углерода в травяных экосистемах и агроценозах Тувы // Вестник КрасГАУ. 2009. № 12. С. 50–56.
- Титлянова А.А., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П. и др. Продуктивность степей // Степи Центральной Азии. Новосибирск, 2002. С. 95–173.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
- Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

22. Reinsh S., Linstädter A., Beil I. et al. Aboveground plant biomass. In: Halbritter A.H. (ed.) The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate-change experiments and observational studies (ClimEx). 2020. P. 46–63.
 23. Schmidt I.K., Ostonen I., Blume-Werry G. Belowground plant biomass. In: Halbritter A.H. (ed.) The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate change experiments and observational studies (ClimEx). 2020. P. 63–76.
- REFERENCES**
1. Agroklimaticheskie resursy Karel'skoj ASSR. L., 1974. 114 s.
 2. Agrohimicheskie karty. Tekhnologiya sozdaniya i ispol'zovaniya. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: www.gisinfo.ru. (Data obrashcheniya 27.02.2023).
 3. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V. i dr. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonah. M.: Mysl', 1978. 185 s.
 4. Biryukova O.N., Biryukov M.V. Zapasy organicheskogo ugleroda v pochvah // Nacional'nyj atlas pochv. F-t pochvovedeniya MGU im. M.V. Lomonosova. M.: Astrel', 2011. S. 242–243.
 5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
 6. Dubrovina I.A., Moshkina E.V., Sidorova V.A. i dr. Vliyaniye tipa zemlepol'zovaniya na svoystva pochv i strukturu ekosistemnykh zapasov ugleroda v srednetazhnoj podzone Karelii // Pochvovedenie. 2021. № 11. S. 1392–1406.
 7. Zvereva G.K. Agrocenozy (ponyatiya, struktura, osobennosti funkcionirovaniya): uchebnoye posobie. Novosibirsk: Izd-vo NGPU, 2006. 118 s.
 8. Kim Dzh.-O., M'yuller P.U., Klekka U.R. i dr. Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz. M.: Finansovaya statistika, 1989. 215 s.
 9. Korchagin A.A. Vidovoj sostav rastitel'nykh soobshchestv i metody ego izucheniya / Red. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagina. M.; L.: AN SSSR, 1964. T. 3. S. 39–62.
 10. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Prirodosokhranyayushchie svoystva mnogoletnih kormovykh trav // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2014. № 12. S. 111–115.
 11. Kravchenko A.V. Konspekt flory Karelii. Petrozavodsk, 2007. 403 s.
 12. Kudеyаrov V.N. Vliyaniye udobreniy i sistemy zemledeliya na sekvestraciyu ugleroda v pochvah // Agrohimiya. 2022. № 12. S. 79–96.
 13. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'turami. M.: Rossel'hozakademiya, 1997. 156 s.
 14. Metodicheskoe rukovodstvo po sboru i obrabotke dannykh o zapasakh i byudzhete ugleroda na urovne ploshchadki monitoringa v pochvah / V nadzag. Minobrnauki, FGBNU FIC «Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva». v.1-28.11.2022. [Elektronnyj resurs]. M.: MBA, 2023. 22 s. Rezhim dostupa: http://www.ritm-c.ru/metodica-po-otsenke-pulov-ugleroda-v-sh-pochvah_2023_0628.pdf (Data obrashcheniya 22.09.2023).
 15. Paspport meliorativnoy sistemy «Osushitel'naya sistema "Vilga-DKP-Central'nyj"», 2022. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://inform-raduga.ru/gts/2592> (Data obrashcheniya 27.02.2023).
 16. Polevaya geobotanika / Pod red. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagina. V 5 t. T. 3. M.-L.: Nauka, 1964. 530 s.
 17. Produktivnost' travnykh ekosistem: spravochnik / Sostaviteli A.A. Titlyanova, S.V. Shibareva; Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva; Institut pochvovedeniya i agrohimii SO RAN. M.: OOO «Izdatel'stvo MBA», 2020. 100 s.
 18. Sambuu A.D., Dapyl'daj A.B., Kuular A.N. Pul ugleroda v travnykh ekosistemah i agrocenozah Tuvy // Vestnik KrasGAU. 2009. № 12. S. 50–56.
 19. Titlyanova A.A., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P. i dr. Produktivnost' stepej // Step'i Central'noj Azii. Novosibirsk, 2002. S. 95–173.
 20. Cherepanov S.K. Sosudystry rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). SPb., 1995. 992 s.
 21. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 s.
 22. Reinsh S., Linstädter A., Beil I. et al. Aboveground plant biomass. In: Halbritter A.H. (ed.) The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate-change experiments and observational studies (ClimEx). 2020. P. 46–63.
 23. Schmidt I.K., Ostonen I., Blume-Werry G. Belowground plant biomass. In: Halbritter A.H. (ed.) The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate change experiments and observational studies (ClimEx). 2020. P. 63–76.

Поступила в редакцию 03.11.2023

Принята к публикации 14.11.2023