

## Сезонная динамика запасов живого напочвенного покрова в сосняках Красноярской лесостепи

### Seasonal dynamics of groundcover biomass in pine forests growing in Krasnoyarsk forest-steppe zone

Мамедова С. К., Мельник А. И., Андропова А. А.

Mamedova S. K., Melnik A. I., Andronova A. A.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия  
E-mail: mamedova\_ceva@mail.ru

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

**Реферат.** В данной статье представлена сезонная динамика запасов живого напочвенного покрова в Красноярской лесостепи. Для этой цели проведены таксационные и геоботанические описания пробных площадей с различными лесорастительными условиями. Представлена методика сбора и методика обработки результатов исследования. Отмечено, что напочвенные растения характеризуются высокими значениями биомассы в период максимального роста. Так, в различных сосняках абсолютно сухой вес живого напочвенного покрова в июле варьировал от 0,90 до 1,44 т/га. На момент начала вегетации (май) вес растений составлял в пределах от 0,34 до 0,71 т/га, а на момент его предварительного завершения (сентябрь) – от 0,52 до 0,98 т/га. Доля участия каждого яруса живого напочвенного покрова изменялась в течение вегетационного сезона. Прирост зеленой массы травянистой растительности с мая по конец июля фиксировался в основном 0,20–0,40 т/га (46,5–66,7 %), а ее потеря (опад) к середине сентября составляла в среднем от 0,15 до 0,34 т/га (34,9–51,3 %) от общего запаса живого напочвенного покрова. Установлено, что в структуре напочвенного покрова приоритетную роль играют Зелёные мхи (Bryidae Engl.). В зеленомошных типах леса они достигали 55–80 % запасов. Наряду с биологическими особенностями видов на фитомассу напочвенного яруса влияет проективное покрытие и высота. Зависимость абсолютно сухой фитомассы от суммарного проективного покрытия живого напочвенного покрова наиболее адекватно описывалась уравнениями полиномиальной функции второго порядка.

**Ключевые слова.** Абсолютно сухой вес, высота напочвенного яруса, живой напочвенный покров, лесные горючие материалы, проективное покрытие, структура.

**Summary.** The research focuses on the seasonal dynamics of groundcover biomass in the Krasnoyarsk forest-steppe zone. Groundcover is defined as moss and herb layers. The paper presents inventory and geobotanical relevés of research plots with various site conditions. The methodology for data collection and processing of research results is also presented. Groundcover species exhibit high biomass values during the period of maximum growth. For instance, in various pine forests, the dry matter of groundcover in July ranged from 0.90 to 1.44 tonnes per hectare. At the beginning of the growing season (May), the weight of groundcover vegetation ranged from 0.34 to 0.71 tonnes per hectare, and in September it varied from 0.52 to 0.98 tonnes per hectare. The proportion of each layer of the groundcover varied throughout the growing season. Between May and the end of July, the biomass of herbaceous plants increased by 0.20–0.40 tonnes per hectare (46.5–66.7 %). By mid-September, the herb layer biomass had decreased due to leaf fall, averaging from 0.15 to 0.34 tonnes per hectare (34.9–51.3 %) of the total biomass. The forest floor structure is primarily influenced by feather mosses (Bryidae Engl.), which make up 55–80 % of the biomass in feather moss forest types. The biomass of the groundcover is influenced by the species' biological characteristics, as well as the foliage projective cover and height. The relationship between dry matter and the total foliage projective cover of the groundcover vegetation was best described by second-degree polynomial function.

**Key words.** Dry matter, groundcover, forest fuels, foliage projective cover, structure, vegetation height.

**Введение.** Успешность борьбы с лесными пожарами во многом зависит от объективности данных о запасах напочвенных горючих материалов, поскольку последние во многом определяют интенсивность горения, скорость продвижения кромки пожара и развитие низового пожара. Значимой составляющей лесных горючих материалов является живой напочвенный покров. Данных о запасах

напочвенных горючих материалов в научной литературе крайне недостаточно (Собачкин, Ковалева, 2020; Иванова, Иванов, 2020). Чаще всего при описании древостоев валеж не описывается, а при описании живого напочвенного покрова (ЖНП) не указывается его видовой состав и надземная фитомасса, а отмечается лишь проективное покрытие (Залесов и др., 2016).

Горимость напочвенных лесных горючих материалов в пожароопасный период зависит в первую очередь от их влажности. Как полагают Г. Я. Климчик и др. (2012), мхи и лишайники уже на 4–5-й день после дождя, а трава – на 2–3-й день представляют потенциальную опасность возникновения пожара при дневной температуре воздуха свыше 20 °С.

В своей работе Л. И. Аткина, Н. И. Стародубцева (2005) отмечают, что нарастание зеленой массы в напочвенном покрове служит препятствием возникновению и распространению процессов горения. По наблюдениям Н. М. Баранова (1979), горение не может распространяться по живому напочвенному покрову, если надземная масса трав достигнет 60 % максимального запаса и будет превосходить запас ветоши.

Целью настоящей работы является изучение сезонных изменений структуры и запасов живого напочвенного покрова в сосняках Красноярской лесостепи.

**Материалы и методы.** Полевые исследования осуществляли на территории Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М. Ф. Решетнева (г. Красноярск) с широко известными апробированными методиками (Рубцов, Бунькова, 2017; Голуб, Николайчук, 2021).

Учет надземной фитомассы живого напочвенного покрова (ЖНП) проводили с трехразовой повторностью (май, июль, сентябрь) на одних и тех же пробных площадях с разными таксационными характеристиками. Для этой цели закладывали учетные площадки размером 0,25 м<sup>2</sup>. Их количество на каждой пробе определяли в зависимости от степени однородности растительного покрова (8–10 шт.). В качестве инструментов использовали деревянную рамку (0,5 × 0,5 м), рулетку и ножницы.

На учетных площадках сначала фиксировали видовой состав (Беглянова и др., 1979), проективное покрытие каждого вида и высоту (толщину) яруса растительности. Затем все растения срезали ножницами на уровне поверхности почвы и сортировали по группам: травы, мхи, папоротники. Каждую фракцию с подписанными этикетками укладывали в полиэтиленовые пакеты и отправляли в лабораторию.

Стоит пояснить, что травяная ветошь и мертвая часть мохового яруса отсеивались. Толщина (длина) мха замерялась до первых признаков отмирания осевого стебля.

Для определения влажности растений отбирали навески в воздушно-сухом состоянии. Исходные образцы хранили в сушильном шкафу при температуре 105 °С до наступления постоянной массы (с точностью до 0,01 г). Полученные данные навесок в воздушно-сухом и абсолютно сухом состоянии использовали для вычисления абсолютно сухого веса ЖНП.

Все количественные показатели (проективное покрытие, высота или толщина, встречаемость вида и фитомасса, коэффициенты гигроскопичности) обработаны в программе «Microsoft Excel».

**Результаты и их обсуждение.** Для изучения динамики запасов живого напочвенного покрова заложено четыре пробных площади (ПП № 1–4), таксационная характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика сосняков

| ПП | Состав | А, лет | Н, м | D <sub>1,3</sub> , см | Бонитет | Полнота | Запас, м <sup>3</sup> /га | Тип леса                                     | Высота над ур. м., м |
|----|--------|--------|------|-----------------------|---------|---------|---------------------------|--|----------------------|
| 1  | 10С    | 86     | 27,0 | 25,5                  | I       | 1,3     | 500                       | Сосняк грушанково-разнотравно-зеленомошный   | 264                  |
| 2  | 10С    | 80     | 25,0 | 27,7                  | I       | 1,4     | 520                       | Сосняк орляково-осочково-разнотравный        | 278                  |
| 3  | 10С    | 95     | 27,0 | 24,7                  | I       | 1,3     | 420                       | Сосняк кустарниково-разнотравно-зеленомошный | 394                  |
| 4  | 9С1Б   | 97     | 22,4 | 30,0                  | III     | 0,6     | 252                       | Сосняк зеленомошно-осочково-разнотравный     | 298                  |

Примеч.: представлены средние значения возраста (А), высоты (Н), диаметра на высоте груди (D<sub>1,3</sub>).

На пробных площадях произрастают в основном чистые сосновые древостой (*Pinus sylvestris* L.), либо сосновые древостой с примесью березы (*Betula pendula* Roth) с возрастом от 80 до 97 лет. Общий запас древесины варьировал от 252 до 520 м<sup>3</sup>/га.

Сезонное изменение запасов наземной растительности связано с фенологическими стадиями её развития, а также гидроклиматическими условиями местопроизрастания.

В нашем исследовании в условиях подтаежно-лесостепного района Средней Сибири максимальное нарастание зеленой массы приходится на конец июля (рис. 1). Например, в сосняке кустарниково-разнотравно-зеленомошном запас ЖНП на данный период составил 1,44 т/га, в сосняке грушанково-разнотравно-зеленомошном – 1,11 т/га, а в сосняке зеленомошно-осочково-разнотравном – 1,18 т/га. Наименьший запас отмечается в сосняке орляково-осочково-разнотравном (0,90 т/га).

Прирост зеленой массы травянистой растительности к летнему периоду составил 0,20-0,40 т/га (46,5–66,7 %). Исключение – это сосняк зеленомошно-осочково-разнотравный, под пологом которого наращивание фитомассы незначительно – 0,05 т/га (9,8 %).

Интенсивное отмирание трав (опад) наблюдается во второй декаде сентября, когда теряется в среднем от 0,15 до 0,34 т/га (34,9–51,3 %) от общего запаса ЖНП.

При изучении живого напочвенного покрова по отдельным ярусам, в структуре приоритетную роль играют Зелёные мхи (*Bryidae* Engl.). В сосняках зеленомошной формации они достигают 55–80 % от общих запасов ЖНП. Преобладание фитомассы мохового покрова над травяно-кустарничковым в зеленомошных типах леса подтверждается и рядом других исследователей (Аткина, Бугакова, 2002; Иванова, Иванов, 2020).

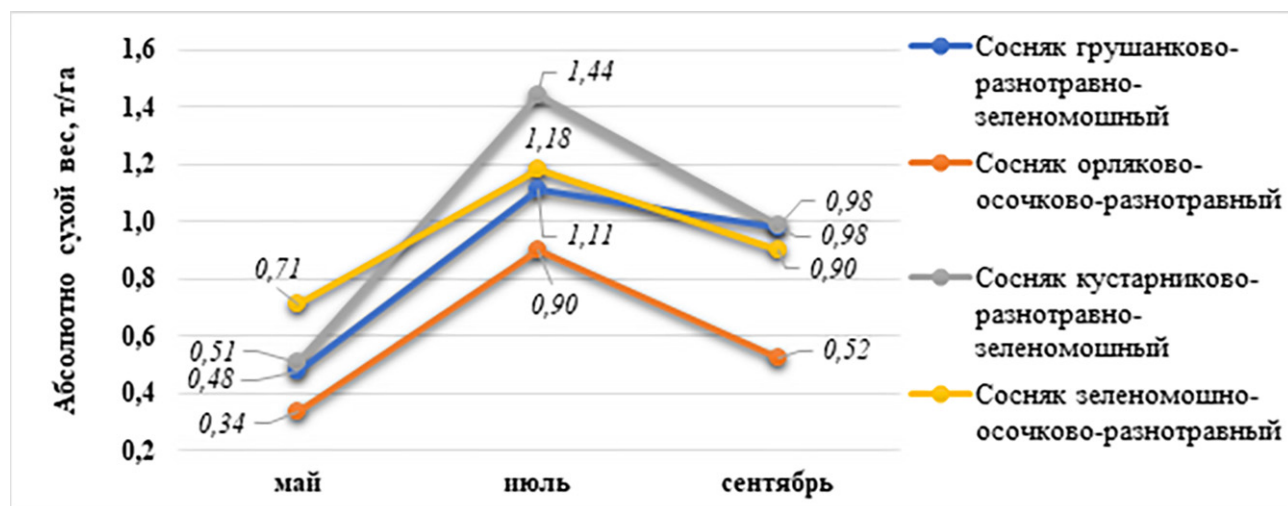


Рис. 1. Динамика запасов живого напочвенного покрова.

В отличие от травяного покрова абсолютно сухая фитомасса мхов с июля по сентябрь по данным двух пробных площадей снижается незначительно, либо стабильно. Наиболее низкие запасы зеленой части мохового покрова наблюдаются в мае месяце по причине его массового разложения (пожелтения, заплесневения) после схода снежного покрова.

Более подробное распределения запасов ЖНП представлено в таблице 2.

Таблица 2

Сезонное распределение запасов ЖНП, т/га / %

| Фракция    | Сосняк грушанково-разнотравно-зеленомошный |                      |                    | Сосняк орляково-осочково-разнотравный |                      |                    |
|------------|--|----------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|
|            | май  | июль                 | сентябрь           | май                                   | июль                 | сентябрь           |
| Травы      | $\frac{0,13}{28}$                          | $\frac{0,39}{35}$    | $\frac{0,19}{20}$  | $\frac{0,34}{100}$                    | $\frac{0,74}{82}$    | $\frac{0,40}{77}$  |
| Мхи        | $\frac{0,34}{72}$                          | $\frac{0,73}{65}$    | $\frac{0,79}{80}$  | -                                     | -                    | -                  |
| Орляк      | -  | -                    | -                  | -                                     | $\frac{0,16}{18}$    | $\frac{0,12}{23}$  |
| <b>ЖНП</b> | $\frac{0,48}{100}$                         | $\frac{(1,11)}{100}$ | $\frac{0,98}{100}$ | $\frac{0,34}{100}$                    | $\frac{(0,90)}{100}$ | $\frac{0,52}{100}$ |

Продолжение табл. 2

| Фракция    | Сосняк кустарниково-разнотравно-зеленомошный |                      |                    | Сосняк зеленомошно-осочково-разнотравный |                      |                    |
|------------|--|----------------------|--------------------|--|----------------------|--------------------|
|            | май  | июль                 | сентябрь           | май                                      | июль                 | сентябрь           |
| Травы      | $\frac{0,23}{45}$                            | $\frac{0,43}{30}$    | $\frac{0,28}{29}$  | $\frac{0,46}{64}$                        | $\frac{0,51}{43}$    | $\frac{0,33}{36}$  |
| Мхи        | $\frac{0,28}{55}$                            | $\frac{1,01}{70}$    | $\frac{0,70}{71}$  | $\frac{0,26}{36}$                        | $\frac{0,68}{57}$    | $\frac{0,58}{64}$  |
| Папоротник | -  | -                    | -                  | -  | -                    | -                  |
| <b>ЖНП</b> | $\frac{0,51}{100}$                           | $\frac{(1,44)}{100}$ | $\frac{0,98}{100}$ | $\frac{0,71}{100}$                       | $\frac{(1,18)}{100}$ | $\frac{0,90}{100}$ |

Наряду с биомассой напочвенного покрова важно изучить флористический состав, горизонтальную и вертикальную структуру.

Видовое разнообразие живого напочвенного покрова в сосняке грушанково-разнотравно-зеленомошном (ПП № 1) представлено 27 видами, относящимися к 12 семействам. В период максимального вегетационного роста наблюдали, что среди всех семейств наиболее встречаемыми являлись: вересковые – *Ericaceae* Juss. (100 %), розоцветные – *Rosaceae* Juss. (60 %), бобовые – *Fabaceae* Lindl. (70 %) и ландышевые – *Convallariaceae* Horan. (70 %).

По проективному покрытию среди всех видов преобладали грушанка круглолистная – *Pyrola rotundifolia* L. (15,6 %), ортилия однобокая *Orthilia secunda* (L.) House (8,6 %) и зимолубка зонтичная – *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton (8,1 %).

В сосняке орляково-осочково-разнотравном (ПП № 2) определено 27 видов растений, относящихся к 14 семействам. Чаше всех встречались семейства: осоковые – *Cyperaceae* Juss. (100 %), розоцветные (100 %), бобовые (75 %), ландышевые (75 %), фиалковые – *Violaceae* Batsch (75 %), злаковые – *Poaceae* Barnhart (63 %). Среднее проективное покрытие осоки большехвостой (*Carex macroura* Meinsh.) составляет 66,3 %, костяники каменистой (*Rubus saxatilis* L.) – 7,6 %, а орляка обыкновенного (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) – 33,8 %.

В сосняке кустарниково-разнотравно-зеленомошном (ПП № 3) установлено 26 видов. Наиболее встречаемыми среди 15 семейств являлись осоковые (89 %), розоцветные (89 %), вересковые (78 %), ландышевые (56 %), мареновые – *Rubiaceae* Juss. (56 %). Проективное покрытие: осока большехвостая имеет 39,6 %, костяника каменистая – 9,4 %.

В сосняке зеленомошно-осочково-разнотравном (ПП № 4) зафиксировано 29 видов. Среди всех 15 семейств наиболее встречаемыми являлись осоковые (100 %), астровые – *Asteraceae* Bercht. et J. Presl (78 %), розоцветные (67 %), вересковые (56 %). Проективное покрытие осоки большехвостой составляет 66,0 %, полыни шелковистой – *Artemisia sericea* Weber ex Stechm. (4,2 %), ортилии однобокой – 3,6 %.

Основными доминантами среди Зелёных мхов по шкале покрытия Ж. Браун-Бланке являлись гилокомиум блестящий – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. (ПП № 1) и плеурозиум Шребера – *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. (ПП № 3). Содоминантами с проективным покрытием 5–50 % на других участках относились: гилокомиум блестящий (ПП № 3, 4), плеурозиум Шребера (ПП № 1, 4) и ритидиладельфус трёхгранный – *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. (ПП № 3, 4).

Среди редких видов мхов (менее 1 %) отмечались птилиум гребенчатый – *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. (ПП № 4) и дикранум многоножковый – *Dicranum polysetum* Sw. (ПП № 1, 3).

По нашим сведениям, суммарное проективное покрытие и высота растений изменялись так же, как и их запас в разные периоды вегетации (табл. 3).

Средняя высота травостоя в мае менялась от 5,5 до 16,1 см, в июле – от 14,0 до 22,1 см, а в сентябре – от 12,7 до 22,0 см. Высота орляка обыкновенного достигала 61 см. Толщина мха варьировала от 4,0 до 7,5 см.

На основе таблицы 3 построен график (рис. 2), который наглядно показывает зависимость абсолютно сухой фитомассы от суммарного проективного покрытия живого напочвенного покрова (травы + мхи + папоротники). Данная зависимость наиболее адекватно описывается уравнениями полиномиальной функции второго порядка.

Таблица 3

## Структура живого напочвенного покрова

| ПП | Тип леса                                     | Наименование        | Показатели  | Время вегетации |      |          |
|----|--|---------------------|-------------|-----------------|------|----------|
|    |  |                     |             | май             | июль | сентябрь |
| 1  | Сосняк грушанково-разнотравно-зеленомошный   | Травяной ярус       | СПП, %      | 17,8            | 50,3 | 28,6     |
|    |  |                     | Высота, см  | 5,5             | 14,0 | 12,7     |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,13            | 0,39 | 0,19     |
|    |  | Моховой ярус        | СПП, %      | 45,0            | 70,7 | 71,5     |
|    |  |                     | Толщина, см | 4,0             | 4,5  | 5,5      |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,34            | 0,73 | 0,79     |
| 2  | Сосняк орляково-осочково-разнотравный        | Травяной ярус       | СПП, %      | 75,5            | 99,4 | 88,6     |
|    |  |                     | Высота, см  | 10,4            | 22,1 | 22,0     |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,34            | 0,74 | 0,40     |
|    |  | Папоротниковый ярус | СПП, %      | -               | 33,8 | 26,9     |
|    |  |                     | Высота, см  | -               | 58,0 | 61,0     |
|    |  |                     | Масса, т/га | -               | 0,16 | 0,12     |
| 3  | Сосняк кустарниково-разнотравно-зеленомошный | Травяной ярус       | СПП, %      | 29,7            | 58,0 | 49,9     |
|    |  |                     | Высота, см  | 16,1            | 22,1 | 21,8     |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,23            | 0,43 | 0,28     |
|    |  | Моховой ярус        | СПП, %      | 30,8            | 53,0 | 51,2     |
|    |  |                     | Толщина, см | 4,3             | 5,5  | 7,5      |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,28            | 1,01 | 0,70     |
| 4  | Сосняк зеленомошно-осочково-разнотравный     | Травяной ярус       | СПП, %      | 46,9            | 83,8 | 52,2     |
|    |  |                     | Высота, см  | 14,4            | 19,7 | 18,0     |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,46            | 0,51 | 0,33     |
|    |  | Моховой ярус        | СПП, %      | 24,8            | 29,6 | 40,8     |
|    |  |                     | Толщина, см | 4,4             | 5,4  | 5,4      |
|    |  |                     | Масса, т/га | 0,26            | 0,68 | 0,58     |

Примеч.: СПП – суммарное проективное покрытие, %.

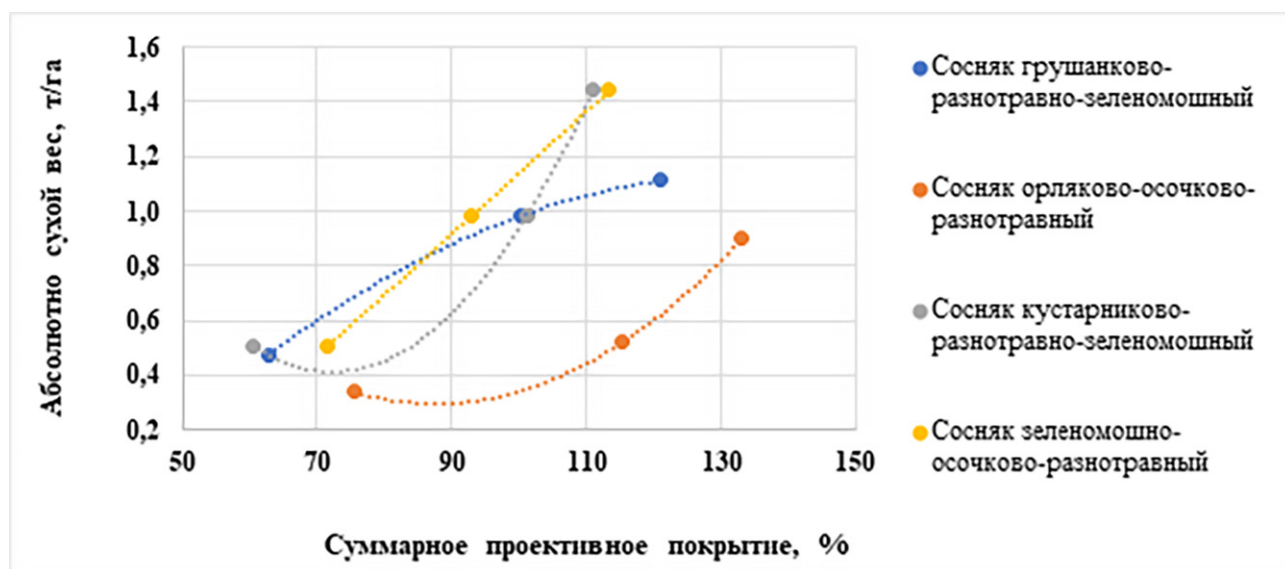


Рис. 2. Связь абсолютно сухой фитомассы ЖНП и суммарного проективного покрытия.

**Выводы.** Исследование в области изучения сезонного изменения структуры и запасов живого напочвенного покрова в сосняках Красноярской лесостепи выявило следующее:

- абсолютно сухой вес живого напочвенного покрова в мае варьирует от 0,34 до 0,71 т/га, в июле – от 0,90 до 1,44 т/га, а в сентябре – от 0,52 до 0,98 т/га;
- к сентябрю отмирает в среднем от 0,15 до 0,34 т/га травяного покрова, что составляет 34,9–51,3 % от общего запаса ЖНП, фиксируемого в момент максимальной вегетации;
- в сосняках зеленомошной формации запасы мохового покрова достигают 55–80 % от общих запасов живого напочвенного покрова;
- с увеличением суммарного проективного покрытия и средней высоты (толщины) растительности наблюдается увеличение её надземной фитомассы.

**Благодарности.** Исследование проводилось в рамках государственного задания, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для реализации проекта «Динамика восстановления таежных лесов Центральной Сибири, нарушенных энтомофагами» (№ FEFE-2024-0029) коллективом научной лаборатории «Лесных экосистем».

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аткина Л. И., Бугакова Т. М.* Масса мохового яруса и его микробиологическая активность в сосновых лесах Нижнего Приангарья // Леса Урала и хозяйство в них, 2002. – № 22. – С. 46–51.
- Аткина Л. И., Стародубцева Н. И.* Фитомасса живого напочвенного покрова различных категорий земель // Леса Урала и хозяйство в них, 2005. – № 26. – С. 63–69.
- Баранов Н. М.* Влияние сезонного развития травостоя на пожарное созревание лесных участков в горах Хамар-Дабана // Моделирование в охране лесов от пожара. – Красноярск, 1979. – С. 33–38.
- Беглянова М. И., Васильева Е. М., Кашина Л. И. и др.* Определитель растений юга Красноярского края / Отв. ред. И. М. Красноборов, Л. И. Кашина. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. – 670 с.
- Голуб В. Б., Николайчук Л. Ф.* Л. Г. Раменский и аллометрия растений (история и современное состояние проблемы) // Разнообразие растительного мира, 2021. – № 1 (8). – С. 30–50.
- Залесов С. В., Осипенко А. Е., Шубин Д. А.* Запасы напочвенных горючих материалов в искусственных сосняках Алтайского края // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова, 2016. – № 2 (43). – С. 73–79.
- Иванова Г. А., Иванов В. А.* Зональность лесных горючих материалов и их пирогенная трансформация в сосняках Средней Сибири // Известия ВУЗов. Лесной журнал, 2020. – № 4 (376). – С. 9–22.
- Климчик Г. Я., Усень В. В., Мухуров Л. И., Саевич Ф. Ф.* Особенности пирологической характеристики и загораемости лесных горючих материалов // Труды БГТУ. Лесное хозяйство, 2012. – № 1. – С. 90–92.
- Рубцов П. И., Бунькова Н. П.* Динамика живого напочвенного покрова в сосняке ягодниковом Шарташского лесопарка г. Екатеринбург // Леса России и хозяйство в них, 2017. – № 1 (60). – С. 25–32.
- Собачкин Р. С., Ковалева Н. М.* Динамика лесных горючих материалов в сосняке разнотравно-зеленомошном после экспериментального низового пожара // Лесоведение, 2020. – № 3. – С. 205–211.