

Peculiarities of pollen emergence phenology in natural populations of *P. pityusa* Steven in the Mountain Crimea are considered. The influence of weather conditions on the specificity of the process of precipitation and distribution of pollen in the western and eastern parts of *P. pityusa* is shown. It was revealed that the wind regime during the period of the pollination phenophase reduces the probability of successful pollination of *P. pityusa* stands in the western part of the city of Karaul-Oba, since pollen with the prevailing movement of air masses moves to the east in a larger volume, this is also facilitated by stronger winds on the data territories. It was noted that in the stands of *P. pityusa* in the city of Karaul-Oba, the likelihood of a decrease in heterogeneity increases, which negatively affects the quality of seeds and the possibility of its seed renewal.

Key words: *pollen; precipitation; distribution; weather conditions; pollutants*

УДК 582.28 (630*231.1:574.42)

DOI: 10.36305/0513-1634-2022-145-88-95

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЗАПАСОВ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ НА ПЛОДОНОШЕНИЕ МАКРОМИЦЕТОВ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Ольга Михайловна Легощина, Елена Юрьевна Колмогорова,
Владимир Иванович Уфимцев

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения РАН
«Институт экологии человека» 650065, Россия, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10
E mail: legoshchina@mail.ru

Проанализирован химический состав лесной подстилки и проведен учет количества плодовых тел макроскопических грибов в сосновых насаждениях породного отвала угольного разреза (опытная площадка) и в Кузбасском ботаническом саду (контрольная площадка). Выявлено, что в сосновых насаждениях рекультивированных отвалов запас подстилки был ниже, чем в условиях контроля, при этом густота древостоев напрямую влияла на ее количество. Наблюдалась тенденция увеличения содержания общего азота и общего фосфора, а также снижение зольных элементов в подстилке с возрастанием степени сомкнутости лесного полога в сосновых древостоях породного отвала. Сосновые насаждения опытной площадки отличались максимальным количеством плодовых тел макромицетов, при этом условия среднесомкнутых древостоев были наиболее благоприятны для их массового плодоношения.

Ключевые слова: *посттехногенные ландшафты; сосновые насаждения; лесная подстилка; химический состав; макромицеты*

Введение

Развитие угольной отрасли приводит к серьезным изменениям природных ландшафтов и деградации растительного покрова на огромных территориях. В Кузбассе ежегодно увеличивается добыча угля, что способствует росту площадей, нарушенных горными работами. Лесная рекультивация является ведущим направлением восстановления земель нарушенных угледобывающей промышленностью [14].

Согласно ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель. Восстановление биологического разнообразия» на первый план выходит экологическая направленность лесной рекультивации, то есть формирование устойчивых самоподдерживающихся древостоев с высоким биологическим разнообразием [5]. В настоящее время актуальным направлением экологических исследований является изучение механизмов устойчивости и функционирования древесных насаждений на посттехногенных территориях, а также изучение видового разнообразия таких компонентов биоты, как растения, животные и грибы.

Лесная подстилка – это особый биогеоценотический горизонт, являющийся важным связующим звеном системы «растение – почва», который представляет собой детрит наземных экосистем, выполняющий системно-образующую и биогеохимическую функцию [3]. Макромицеты являются неотъемлемой функциональной и структурной частью биоценозов и выполняют, в частности, такую важную функцию как разложение органического вещества. Связь макроскопических грибов с экотопом, с одной стороны, заключается в обмене продуктами жизнедеятельности, а с другой – в преобразовании среды обитания [11, 15]. Согласно вышеизложенному, изучение параметров лесной подстилки, ее трансформации в условиях техногенно нарушенных территорий и тесная взаимосвязь со всеми компонентами фитоценоза является актуальным направлением исследований.

Цель работы - исследование взаимосвязи между накоплением лесной подстилки, содержанием в ней макро- и микроэлементов и численностью плодовых тел макромицетов в посттехногенных ландшафтах.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 2019-2020 гг. на постоянных пробных площадях, заложенных в искусственных сосновых насаждениях на бестранспортном отвале Кедровского угольного разреза без нанесения плодородного или потенциально плодородного слоя почвы. Субстрат отвала сложен из песчаников, алевролитов, а также небольшого количества магматических пород и лессовидных суглинков. Для контроля были выбраны сосновые древостои близкого возрастного состояния, произрастающие на зональных лугово-черноземных почвах в Кузбасском ботаническом саду города Кемерово. По данным проведенных ранее таксационных исследований [13] возраст насаждений рекультивированных отвалов на 2020 г. составил 30 лет (II класс возраста). Возраст деревьев контрольной площадки в 2020 г. составил 26 лет, следовательно, насаждения на отвалах близки по возрасту к лесным культурам на контрольных площадках [10]. Площадь исследуемых площадок составляла 900 м².

На каждой пробной площадке (опытной и контрольной) проведено визуальное разделение сосновых насаждений по сомкнутости лесного полога, что позволило выделить три участка: редкосомкнутые насаждения (редины) (20-30%); среднесомкнутые (50-60%); высокосомкнутые (80-90%) [9].

Микологические исследования проводили в течение летне-осеннего периода (с июня по сентябрь). Учет количества плодовых тел макромицетов с их фотофиксацией проводили через каждые 7-10 дней. Идентификация плодовых тел и эколого-трофический анализ проводили по Справочнику-определителю «Грибы СССР» [6].

Отбор подстилки проводили трехкратно в начале, середине и в конце вегетации. Лабораторная подготовка образцов для озоления заключалась в высушивании лесной подстилки до воздушно-сухого состояния в течение 4 часов при 105°C и взвешивании на аналитических весах. В аналитических пробах методом мокрого озоления определяли общее содержание азота и фосфора [8]. Содержание золы определяли по ГОСТ 24027.2-80 [4].

Статистическую обработку результатов исследования проводили в программе Statistica 8.0. Рассчитывали средние значения, ошибку средней и проводили корреляционный анализ между исследуемыми показателями.

Результаты и обсуждение

Как известно, основной функцией лесной подстилки является повышение плодородия лесных почв. Анализ запасов лесной подстилки на исследуемых площадках наблюдения выявил тенденцию увеличения массы подстилки с возрастанием степени сомкнутости лесного полога сосновых древостоев (рис. 1). Так в насаждениях опытной площадки со средне- и высокосомкнутыми кронами показатели запаса подстилки возрастали на 27 и 24% соответственно в сравнении с редкостойными насаждениями. Накопление подстилки в условиях контроля происходило более интенсивно, чем в сосняках породного отвала, здесь значения были выше в среднем в 1,3-2 раза по сравнению с опытной площадкой.

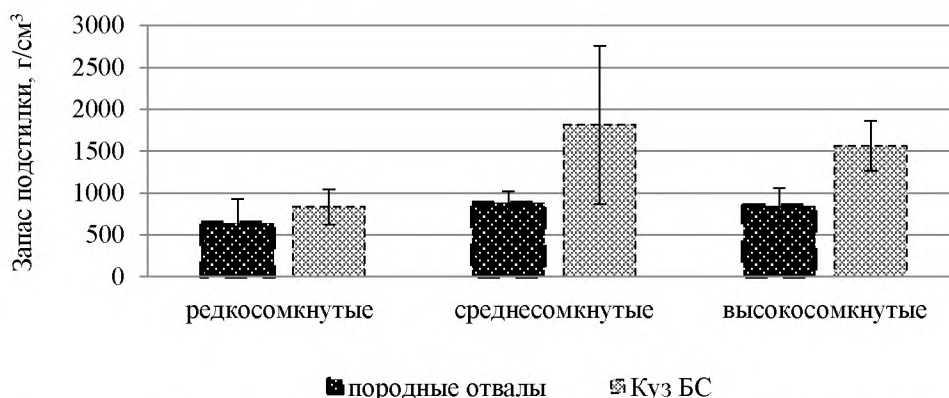


Рис. 1 Запасы подстилки в насаждениях *Pinus sylvestris* L. на площадках наблюдения

Отмечается, что с увеличением густоты древостоя доля трудноразлагаемых остатков подстилки несколько снижается, то есть ускоряется процесс ее разложения [1]. Это объясняется тем, что в сосняках с низкой густотой древостоев поверхность почвы сильно прогревается и лесная подстилка иссушается, что негативно отражается на процессе ее разложения (рис. 1).

В результате анализа компонентного состава подстилки сосновых насаждений опытной площадки были выделены её доминирующие составляющие, такие как шишки, ветки, кора и хвоя. В опаде редкосомкнутых древостоев преобладали хвоя и шишки, они составляют 63 и 35% соответственно от общей массы опада. В среднесомкнутых древостоях превалировали хвоя, шишки, и кора их процентное соотношение составляло 54, 20 и 19%. В высокосомкнутых древостоях хвоя являлась доминирующим компонентом подстилки и составляла 82%. Таким образом, хвоя является главным компонентом в подстилке всех типов древостоев (редкосомкнутые, среднесомкнутые и высокосомкнутые).

Разложение лесной подстилки является основным источником возвращения азота и зольных элементов в почву. Состав и структура химических элементов отражает характер биологического круговорота веществ между почвой и растительностью [7]. Изучение химического состава лесной подстилки сосновых насаждений рекультивированных отвалов угольного разреза показало превышение золы над содержанием общего азота и общего фосфора (рис. 2). При этом количественное содержание зольных элементов варьировало в диапазоне от 1,26 до 1,55% на исследуемых площадках, содержание общего фосфора в диапазоне от 0,3 до 0,51%. Содержание общего азота занимало промежуточное положение между золой и общим фосфором в подстилке и изменялось в пределах 0,61-1,03%.

Анализ содержания зольных элементов в лесной подстилке исследуемых площадок показал повышенные их концентрации в осенний и весенний периоды. На

участках пробных площадей (контрольной и опытной) с разной сомкнутостью лесного полога была выявлена тенденция снижения содержания зольных элементов по мере увеличения густоты сосновых насаждений. В подстилке искусственных сосновых древостоев породного отвала с разной сомкнутостью кроны наблюдалось незначительное варьирование содержания золы в диапазоне 1,38-1,45%, при этом содержание золы в подстилке редкосомкнутых древостоев достоверно было выше показателей высокосомкнутых насаждений (рис. 2). Сравнительный анализ зольных элементов в подстилке опытной и контрольной площадок выявил превышение золы на 13-17% в опаде сосновых насаждений, произрастающих на зональных лугово-черноземных почвах (рис. 2).

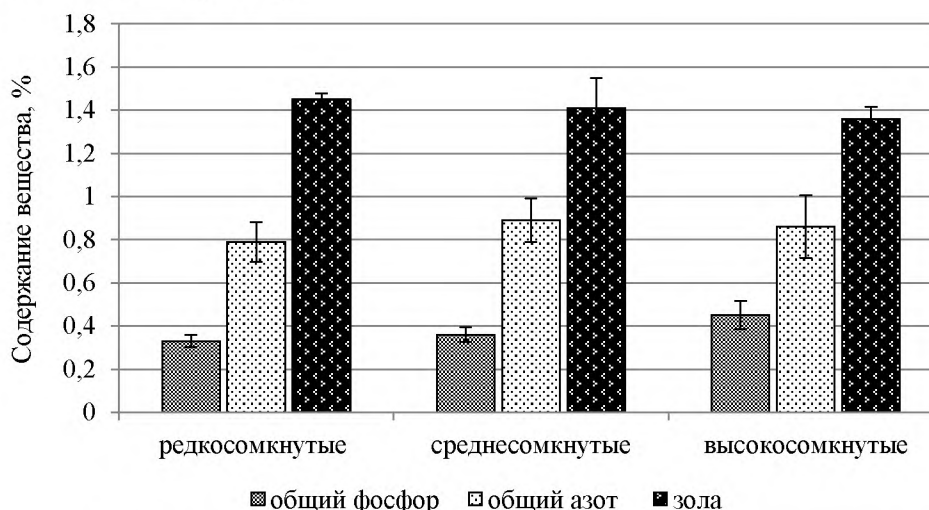


Рис. 2 Содержание химических элементов в подстилке искусственных сосновых насаждений породного отвала (2019-2020 гг.)

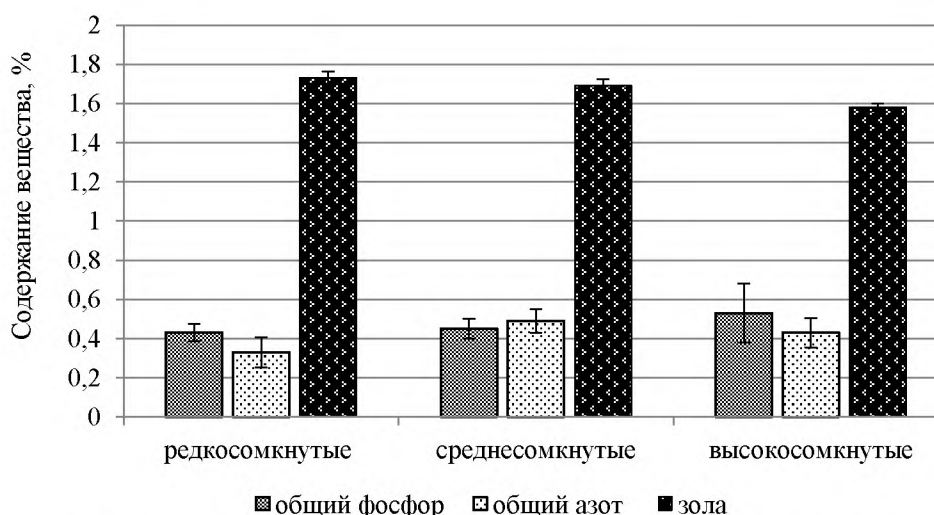


Рис. 3 Содержание химических элементов в подстилке сосновых насаждений Кузбасского ботанического сада (2019-2020 гг.)

Из всего многообразия функций, которые присущи лесной подстилке в лесных биогеоценозах, нужно отметить концентрационную, что характеризует подстилку как своеобразное депо зольных элементов, азота и углерода [2, 12] (рис. 3).

На основании результатов двухлетних наблюдений была выявлена тенденция увеличения содержания общего азота в подстилке с возрастанием степени сомкнутости

крон сосновых древостоев (см. рис. 2). Максимальное накопление азота происходило в подстилке среднесомкнутых сосновых насаждений, а минимальное в редкосомкнутых, при этом разница составляла 11% для опытной площадки и 33% для контрольной. Данный показатель в высокосомкнутых сосновых древостоях также превышал значения редкостойных насаждений на 8 и 23% соответственно для опада с породного отвала и с зональных почв (см. рис. 3).

Изучение содержания общего фосфора в подстилке сосновых насаждений опытной и контрольной площадок в течение вегетационного периода выявило максимальное накопление данного элемента в весенние и осенние месяцы. Уровень общего фосфора в опаде, на породном отвале в сосновых насаждениях с редкосомкнутым и среднесомкнутым лесным пологом, практически не различался и варьировал в диапазоне от 0,3 до 0,36% (рис. 4). Максимальное содержание фосфора выявлено в древостоях с высокосомкнутой кроной, где в среднем значения были выше, чем на двух других площадках на 26 и 20% соответственно.

Учет плодовых тел макромицетов на исследуемых площадках показал, что наибольшее их количество наблюдалось в сосновых насаждениях породного отвала (рис. 4). Так в среднем за два года исследования на техногенных территориях в искусственных сосновых насаждениях количество плодовых тел составило 7 994 шт., что превышало значения контрольной площадки на 40%.

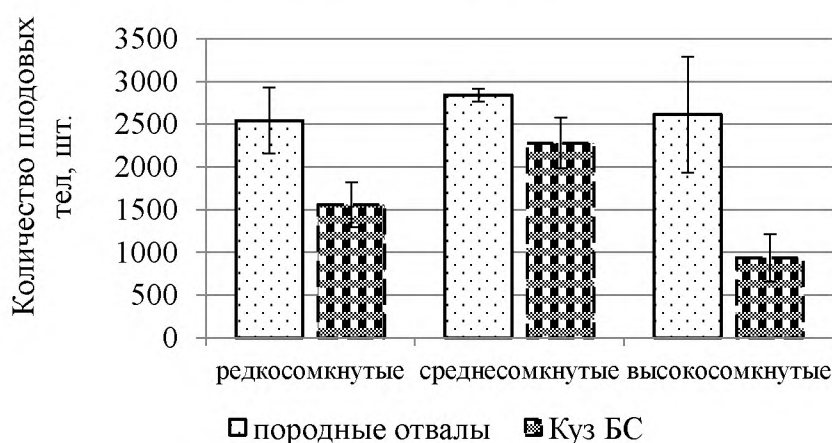


Рис. 4 Количество плодовых тел макромицетов в сосновых насаждениях исследуемых площадок (2019-2020 гг.)

Изучение соотношения грибов разных эколого-трофических групп на опытной площадке показало доминирование симбиотрофов (микоризообразующих грибов) над сапротрофами – 78 и 22% соответственно. На контрольной площадке наблюдалась обратная тенденция, численность сапротрофов была выше, чем симбиотрофов – 71 и 29% соответственно. Такое соотношение эколого-трофических групп может быть связано с толщиной подстилки, а также различием видового состава симбиотрофов опытной и контрольной площадок и, следовательно, их вертикальной структурой в корнеобитаемом горизонте техногенного элювия. Специальными исследованиями установлено, что изменения качественного и количественного состава микоризообразующих грибов связаны с особенностями естественных и антропогенных сукцессий микоризообразующих грибов. Оба вида сукцессий вызываются изменением условий накопления и разложения опада [16] (таблица).

Анализ численности грибов в сосновых насаждениях с разной сомкнутостью крон показал, что на контрольной и опытной площадках наибольшая урожайность

грибов наблюдается в древостоях со среднесомкнутым лесным пологом (см. рис. 4). В искусственных сосновых насаждениях породного отвала, в высокосомкнутых и редкостойных древостоях численность плодовых тел снижалась на 8 и 10% соответственно.

Таблица

Коэффициенты корреляции между исследуемыми показателями в насаждениях *Pinus sylvestris* L. на площадках наблюдения (2019-2020 гг.)

Коррелирующие признаки	Достоверный коэффициент корреляции (r), n=50, при p<0,05.	
	породный отвал	Куз БС
Запас подстилки – количество плодовых тел макромицетов	+0,87	+0,79
Запас подстилки – содержание общего азота в подстилке	+0,89	–
Содержание общего азота в подстилке – содержание общего фосфора в подстилке	+0,69	–
Содержание общего азота в подстилке – количество плодовых тел макромицетов	+0,89	+0,72
Содержание золы в подстилке – содержание общего фосфора в подстилке	–0,86	–0,76
Содержание золы в подстилке – количество плодовых тел макромицетов	–0,83	–
Запас подстилки– содержание золы в подстилке	–0,81	–
Содержание общего азота в подстилке – содержание золы в подстилке	–0,79	–

В результате проведенного корреляционного анализа между изучаемыми показателями опытной площадки, были выявлены достоверные положительные корреляции между запасами подстилки и количеством плодовых тел макромицетов (n=50; при p<0,05 и r=+0,87); между запасами подстилки и содержанием общего азота в подстилке (n=50; при p<0,05 и r=+0,89); между содержанием общего азота и содержанием общего фосфора в лесной подстилке (n=50; при p<0,05 и r=+0,69); между содержанием общего азота в подстилке и количеством плодовых тел макромицетов (n=50; при p<0,05 и r=+0,89) (табл.). Также нами были выявлены отрицательные корреляционные связи между изучаемыми признаками в сосновых насаждениях породного отвала: между содержанием общей золы и содержанием общего фосфора в подстилке (n=50; при p<0,05 и r= -0,86); между содержанием золы в подстилке и количеством плодовых тел макромицетов (n=50; при p<0,05 и r= -0,83); между запасами подстилки и содержанием золы в подстилке (n=50; при p<0,05 и r= -0,81); между содержанием общего азота и содержанием золы в подстилке (n=50; при p<0,05 и r= -0,79).

Выводы

Полученные результаты показали, что в сосновых насаждениях опытной площадки породного отвала на современном этапе функционирования создались благоприятные условия для плодоношения макромицетов.

Немаловажную роль в этом играет лесная подстилка, выполняющая важную средообразующую функцию. Ее толщина достаточна и оптимальна для образования плодовых тел по сравнению с контрольной площадкой.

Условия среднесомкнутых древостоев наиболее благоприятны для массового плодоношения макромицетов как в насаждениях породного отвала, так и на контрольной площадке в Кузбасском ботаническом саду.

В искусственных сосновых древостоях со среднесомкнутым и высокосомкнутым лесным пологом процессы разложения лесной подстилки идут наиболее интенсивно, в результате чего в ней возрастает содержание общего азота и снижается содержание зольных элементов.

Содержание общего азота в подстилке сосновых насаждений породного отвала благоприятствует более интенсивному образованию плодовых тел грибов по сравнению с контрольными древостоями.

Таким образом, лесная подстилка в сосновых насаждениях породного отвала выполняет важную средообразующую функцию, способствует созданию благоприятной среды для плодоношения макромицетов в экстремальных условиях произрастания.

*Работа выполнена по государственному заданию ФИЦ УУХ СО РАН
(Проект 0286-2022-0010)*

Список литературы

1. Аткина, Л.И., Стародубцева Н.И. Запас и структура лесной подстилки в сосняках Джабык-Карагайского бора // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – 2004. – Вып. 24. – С. 41-45.
2. Бобкова К.С., Лиханова Н.В. Потоки азота и зольных элементов в системе «почва-фитоценоз» на вырубках среднетаежных ельников Республики Коми // Лесоведение. – 2019. – № 6. – С. 512-523.
3. Богатырев Л.Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. – 1996. – № 4. – С. 501-511.
4. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. Технические требования: дата введения 01.01.1981. Лекарственное растительное сырье. Часть 2. Корни, плоды, сырье: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
5. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Изд. официальное. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 апреля 2017 г. № 283-ст. – М.: Стандартинформ, 2017. – 23 с.
6. Грибы СССР / сост. М.В. Горленко, М.А. Бондарцева, Л.В. Гарибова и др. – М.: Мысль, 1980. – 303 с.
7. Гынинова А.Б., Дыржинов Ж.Д., Гончиков Б.-М.Н., Бешенцев А.Н. Антропогенная трансформация подтаежных почв дельты реки Селенги // География и природные ресурсы. – 2016. – № 5. – С. 83-91. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2016-5(83-91)
8. Кидин В.В. Практикум по агрохимии. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Колос, 2008. – 599 с.
9. Колмогорова Е.Ю., Уфимцев В.И. Некоторые особенности химического состава опада сосны обыкновенной, произрастающей в условиях породного отвала // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11-2. – С. 267-272. – [Электронный ресурс] – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36937>
10. Легощина О.М., Уфимцев В.И. Особенности искусственных насаждений *Pinus sylvestris* L. на отвалах Кедровского угольного разреза (Кемеровская область) //

Труды Карельского научного центра РАН. – №12. – 2020. – С. 27-34. DOI: 10.17076/esc01209

11. *Переведенцева Л.Г., Шишигин А.С., Челакова Ю.А.* Агарикоидные базидиомицеты заповедника «Басеги» // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2016. – №. 2. – С. 109-115.

12. *Решетникова Т.В.* Лесная подстилка как депо биогенных элементов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 74-81.

13. *Уфимцев В.И., Беланов И.П.* Самовозобновление сосны обыкновенной на отвалах угольной промышленности в лесостепной зоне Кузбасса // Вестник Крас. ГАУ. – Вып. 12. – 2015. – С. 23-31.

14. *Уфимцев В.И., Манаков Ю.А.* Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе. – Кемерово: КРЭОО «Ирбис», 2017. – 44 с.

15. *Федоров Н.И., Парфенова Г.Г.* Изменения видового состава макромицетов антропогенно-нарушенных насаждений сосны обыкновенной в условиях БССР // Проблемы лесоведения и лесной экологии: тезисы докл. (Минск, 20-23 сентября 1990 г.). – 1990. – Ч. 2. – С. 616-618.

16. *Шубин В.И.* Эктомикоризные грибы: их место и значение в структурно-функциональной организации лесных биогеоценозов // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги. Материалы Всероссийской с междунар. уч. науч. конф. (Петрозаводск, 11-15 сентября 2017 г.). – Петрозаводск, 2017. – С. 327-329.

Статья поступила в редакцию 05.04. 2022 г.

Legoshchina O.M., Kolmogorova E.YU., Ufimtsev V.I. Influence of the chemical composition and stocks of the forest litter on the fruiting of macromycetes in pine plantations of post-technogenic landscapes // *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.* // *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.* – 2022. – № 145. – P. 88-95.

The chemical composition of the forest litter was analyzed and the number of fruit body macromycetes in the pine plantations of the waste dump of the coal mine (experimental site) and in the Kuzbass Botanical Garden (control site) was taken into account. In pine plantations of reclaimed dumps, the stock of litter was lower than under control conditions, while the density of forest stands directly affected the amount of coniferous litter. There was a trend towards an increase in the content of total nitrogen and total phosphorus, as well as a decrease in ash elements with an increase in the degree of canopy density in pine forest dumps. Pine plantations of the experimental site were distinguished by the maximum number of fruiting bodies of macromycetes fungi, while the most favorable conditions for mass fruiting of higher fungi are formed in medium-closed forest stands.

Key words: *post-technogenic landscapes; pine plantation; forest litter; chemical composition; macromycetes*