

УДК 663.1; 579.6

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ВЫСШИХ ГРИБОВ – БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, СОЗДАНИЕ БИОРЕСУРСНЫХ ЦЕНТРОВ, КОНСОЛИДАЦИЯ И КООРДИНАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ (ПО ИТОГАМ КУРЧАТОВСКОГО ГЕНОМНОГО ФОРУМА, 21–22 ОКТЯБРЯ 2024 Г.)

© И.Н. Павлов^{1,2*}, С.П. Синеокий³, Ю.А. Литовка^{1,2}, А.С. Яненко³

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Академгородок, 50/28, Красноярск, 660036, Россия, forester24@mail.ru

² Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049, Россия

³ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», пл. Академика Курчатова, 1, Москва, 123182, Россия

21–22 октября 2024 года в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» в рамках II Международного форума природоподобных технологий состоялся Курчатовский геномный форум, на котором рассматривались вопросы реализации нового национального проекта «Биоэкономика». На секции «Генетические технологии для промышленной микробиологии» одним из ключевых рассматриваемых направлений было изучение, сохранение и использование ценных генетических ресурсов, включая формирование ценных коллекций микробных биоресурсов, создание биоресурсных центров и Национальной базы генетической информации. Среди микробных биоресурсов, важных для развития биоэкономики, особое место занимают высшие грибы. В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН создана коллекция грибов из таксонов *Ascomycetes* и *Basidiomycetes*, которая насчитывает более 1.5 тыс. штаммов. Предлагается создание системы, обеспечивающей совместный поиск индустриальных партнеров по решению конкретных технологических задач биотехнологическими методами на основе имеющихся коллекций микроорганизмов; подготовку коллективных заявок на гранты; проведение приоритетных фундаментальных и прикладных исследований; создание объединенного реестра, каталога, общей базы данных; взаимную поддержку и помощь в сохранении коллекционных штаммов; реализацию совместных сложных научно-исследовательских разработок с использованием биоресурсных коллекций микроорганизмов; генетические и технологические решения для масштабирования биотехнологических процессов.

Ключевые слова: национальный проект «Биоэкономика», макромицеты, микромицеты, коллекции генетических ресурсов микроорганизмов.

Для цитирования: Павлов И.Н., Синеокий С.П., Литовка Ю.А., Яненко А.С. К вопросу изучения высших грибов – биотехнологический потенциал, создание биоресурсных центров, консолидация и координация исследований (по итогам Курчатовского геномного форума, 21–22 октября 2024 г.) // Химия растительного сырья. 2025. №1. С. 409–412. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250116727>.

Уникальные природные ресурсы России, фундаментальная наука, опирающаяся на глубокие исторические корни и опыт советского периода, определяют высокий потенциал развития биоэкономики и биотехнологии. В Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» в рамках II Международного форума природоподобных технологий (21–22.10.2024) состоялся Курчатовский геномный форум, на котором рассматривались вопросы реализации нового национального проекта «Биоэкономика». Исследование, сохранение и использование ценных генетических ресурсов, включая формирование ценных коллекций микробных биоресурсов, создание биоресурсных центров и Национальной базы генетической информации стало одним из ключевых рассматриваемых направлений секции «Генетические технологии для промышленной микробиологии».

* Автор, с которым следует вести переписку.

Нормативной основой для создания в РФ современной инфраструктуры в области микробных биоресурсов биотехнологического назначения стали вышедшие в последние месяцы нормативные акты (Указ Президента Российской Федерации № 913 от 25.10.2024 г. «О Национальном центре генетических ресурсов микроорганизмов», Указ Президента Российской Федерации № 902 от 21.10.2024 г. «О межведомственной комиссии по вопросам формирования, сохранения и использования коллекций генетических ресурсов микроорганизмов») и, наконец, Федеральный закон от 30.11.2024 г. № 428-ФЗ «О биоресурсных центрах и биологических (биоресурсных) коллекциях и о внесении изменений в статью 29 Федерального закона "О животном мире"».

Среди микробных биоресурсов, важных для развития биоэкономики, особое место занимают макромицеты. Одна из ведущих научных школ в РФ в области изучения и формирования уникальной коллекции высших грибов создана в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. С момента своего создания (1944 г.) в Институте леса особое внимание всегда уделялось исследованию грибов, включая работы академика Владимира Николаевича Сукачева по биогеоценологии. Н.П. Кутафьева (ученый и великий энтузиаст-миколог) с 70-х годов XX века сформировала обширную гербарную коллекцию макромицетов, которая стала дальнейшей основой для современных микологических исследований. Высшие грибы, в силу определенной специфики лесного института, стали специализацией ряда научных лабораторий. В 2014 г. коллекция чистых культур грибов существенно расширилась в результате многолетних исследований Сибирского государственного технологического университета. В настоящее время коллекция грибов из таксонов Ascomycetes и Basidiomycetes составляет более 1,5 тыс. штаммов. Для большинства грибов выполнена молекулярно-генетическая идентификация по широкому спектру праймеров (ITS, TEF, GPD, TUB2, RPB2). Для некоторых штаммов проведено полногеномное секвенирование. Наиболее широко в коллекции представлены грибы рода *Fusarium*, выделенные из различных регионов и экотопов, – их общее количество насчитывает 391 штамм. Наличие обширной коллекции позволило Институту леса в процессе выполнения хоздоговорной тематики сформировать долгосрочное сотрудничество с промышленными партнерами (НорНикель, Полюс-Красноярск и др.), а также пополнить коллекцию чистых культур микро- и макромицетов уникальными арктическими штаммами.

Грибы обладают уникальными метаболическими особенностями и важны для биотехнологической промышленности благодаря особенностям генома, особой физиологии и высокой экологической пластичности. Число видов высших грибов на Земле, принадлежащих к Ascomycetes и Basidiomycetes, в настоящее время оценивается в 140–150 тыс., но только 10% известны науке [1–3]. Из них около 2000 видов пригодны для потребления, а всего около 200 традиционно используют для пищевых целей, приготовления лекарственных и других препаратов [4, 5]. Промышленное крупномасштабное производство и применение некоторых грибных белков доказывает высокий биотехнологический потенциал высших грибов и позволяет считать их ценным, но относительно малоизученным источником уникальных белков. Грибные протеины, включая ферменты, часто имеют существенные отличия от микробных, животных и растительных белков, в том числе за счет значительной термоустойчивости и pH-стабильности [6].

Значительным преимуществом биологически активных ингредиентов из грибов является их безопасность для потребления и применения, определяемая долгосрочным опытом исследования их влияния на здоровье человека. Помимо целлюлолитической / гемицеллюлолитической активностей высшие грибы обладают уникальными окислительными системами, которые наряду с лигнинолитическими ферментами участвуют в биологической деградации лигноцеллюлозных материалов [7] и ароматических поллютантов. Генетическая пластичность и быстрая адаптация к новым опасным и трудным для колонизации средам делают грибы идеальным объектом для промышленных и фармацевтических целей, а также биоремедиации.

Опыт создания уникальной коллекции макро- и микромицетов в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН наглядно показывает, что наряду с развитием крупных сервисных коллекций микробных биоресурсов широкого профиля, таких как Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов (БРЦ ВКПМ) НИЦ «Курчатовский институт» и «Всероссийская коллекция микроорганизмов» (ВКМ) Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина (Пушино) большое значение имеет развитие ценных микробных коллекций отдельных исследовательских лабораторий и институтов. Зачастую они являются небольшими и очень специализированными, но за каждым штаммом стоит большая исследовательская работа и значимый научный результат. При этом поддержание таких коллекций – это чрезвычайно трудоемкий и ответственный процесс, основанный отчасти на энтузиазме отдельных исследователей. Иногда после завершения проекта и ухода некоторых ключевых научных сотрудников происходит потеря

важных биологических ресурсов, включая штаммы грибов с высоким биотехнологическим потенциалом и способностью синтезировать уникальные метаболиты.

Одной из целей Курчатовского геномного форума было обсуждение системы, обеспечивающей формирование, сохранение и использование коллекций генетических ресурсов микроорганизмов. Имеющийся опыт работы, в т.ч. в сотрудничестве с университетами и академическими институтами, определяет важность системы, обеспечивающей: совместный поиск индустриальных партнеров по решению конкретных технологических задач биотехнологическими методами на основе имеющихся коллекций микроорганизмов; подготовку коллективных заявок на гранты; проведение приоритетных фундаментальных и прикладных исследований; создание объединенного реестра, каталога, общей базы данных; широкую представленность на сайтах организаций-партнеров, взаимную поддержку и помощь в сохранении коллекционных штаммов; реализацию совместных сложных научно-исследовательских разработок с использованием биоресурсных коллекций микроорганизмов; генетические и технологические решения для масштабирования биотехнологических процессов, в т.ч. твердофазного культивирования, которое является перспективным для высших грибов (высокая производительность ферментации, меньшая катаболическая репрессия, экологичность, энергоэффективность, меньшие требования к стерильности, возможность использования ассоциации культур). Важной и неотъемлемой частью корпоративной стратегии является взаимная готовность делиться опытом выделения отдельных видов грибов, особенностями их хранения, репродукции и активации, а также сложностями культивирования для получения ценных целевых метаболитов.

В целом, как уже было отмечено организаторами на Курчатовском геномном форуме, мы предлагаем на площадке Журнала продолжить обсуждение данных вопросов, возможно, с дальнейшим проведением онлайн-заседаний, конференций, а также выпуска тематического номера.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института леса имени В.Н. Сукачева, Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Hibbett D.S., Binder M., Bischoff J.F., Blackwell M., Cannon P.F., Eriksson O.E., Zhang N. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi // *Mycological research*. 2007. Vol. 111(5). Pp. 509–547. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.004>.
2. Mueller G.M., Schmit J.P. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? // *Biodivers Conserv*. 2007. Vol. 16. Pp. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9117-7>.
3. Kirk P., Cannon P., Minter D., Stalpers J. Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi. Ed. 10. Oxford University Press, 2008. 771 p. <https://doi.org/10.1079/9780851998268.0000>.
4. Lindequist U., Niedermeyer T.H., Jülich W.D. The pharmacological potential of mushrooms // *Evidence – Based Complementary and Alternative Medicine*. 2005. Vol. 2(3). Pp. 285–299. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh107>.
5. Wasser S.P. Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms // *Applied microbiology and biotechnology*. 2011. Vol. 89. Pp. 1323–1332. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3067-4>.
6. Hilden K., Hakala T.K., Lundell T. Thermotolerant and thermostable laccases // *Biotechnology letters*. 2009. Vol. 31. Pp. 1117–1128. <https://doi.org/10.1007/s10529-009-9998-0>.
7. Dashtban M., Schraft H., Qin W. Fungal bioconversion of lignocellulosic residues: opportunities & perspectives // *International journal of biological sciences*. 2009. Vol. 5(6). 578. <https://doi.org/10.7150/ijbs.5.578>.

Поступила в редакцию 28 декабря 2024 г.

Принята к публикации 13 января 2025 г.

Pavlov I.N.^{1,2*}, Sineoky S.P.³, Litovka Yu.A.^{1,2}, Yanenko A.S.³ STUDY OF HIGHER FUNGI – BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL, CREATION OF BIORESOURCE CENTERS, CONSOLIDATION AND COORDINATION OF RESEARCH (BASED ON THE RESULTS OF THE KURCHATOV GENOMIC FORUM, OCTOBER 21-22, 2024)

¹ V.N. Sukachev Institute of Forest, FRC KSC, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036, Russia, forester24@mail.ru

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Mira av., 82, Krasnoyarsk, 660037, Russia

³ National Research Centre «Kurchatov Institute», Akademika Kurchatova pl., 1, Moscow, 123182, Russia

October 21–22, 2024, the Kurchatov Genomic Forum was held at the National Research Centre «Kurchatov Institute» as part of the II International Forum of Nature-Like Technologies, where issues related to the implementation of the new national Bioeconomics project were discussed. In the section "Genetic Technologies for Industrial Microbiology", one of the key areas under consideration was the study, conservation and use of valuable genetic resources, including the formation of valuable collections of microbial bioresources, the creation of bioresource centers and a National database of Genetic Information. Higher fungi occupy a special place among microbial bioresources important for the development of bioeconomics. The V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS has a collection of fungi from the Ascomycetes and Basidiomycetes taxa of more than 1.5 thousand strains. It is proposed to create a system that ensures: joint search for industrial partners to solve specific technological problems using biotechnological methods based on existing collections of microorganisms; preparation of collective grant applications; conducting priority fundamental and applied research; creation of a unified registry, catalog, and common database; mutual support and assistance in preserving collection strains; implementation of joint complex research projects using bioresource collections of microorganisms; genetic and technological solutions for scaling biotechnological processes.

Keywords: national project "Bioeconomics", micromycetes, macromycetes, collections of genetic resources of microorganisms.

For citing: Pavlov I.N., Sineoky S.P., Litovka Yu.A., Yanenko A.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 1, pp. 409–412. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250116727>.

References

1. Hibbett D.S., Binder M., Bischoff J.F., Blackwell M., Cannon P.F., Eriksson O.E., Zhang N. *Mycological research*, 2007, vol. 111(5), pp. 509–547. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.004>.
2. Mueller G.M., Schmit J.P. *Biodivers Conserv*, 2007, vol. 16, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9117-7>.
3. Kirk P., Cannon P., Minter D., Stalpers J. *Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi*. Ed. 10. Oxford University Press, 2008, 771 p. <https://doi.org/10.1079/9780851998268.0000>.
4. Lindequist U., Niedermeyer T.H., Jülich W.D. *Evidence – Based Complementary and Alternative Medicine*, 2005, vol. 2(3), pp. 285–299. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh107>.
5. Wasser S.P. *Applied microbiology and biotechnology*, 2011, vol. 89, pp. 1323–1332. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3067-4>.
6. Hilden K., Hakala T.K., Lundell T. *Biotechnology letters*, 2009, vol. 31, pp. 1117–1128. <https://doi.org/10.1007/s10529-009-9998-0>.
7. Dashtban M., Schraft H., Qin W. *International journal of biological sciences*, 2009, vol. 5(6), 578. <https://doi.org/10.7150/ijbs.5.578>.

Received December 28, 2024

Accepted January 13, 2025

Сведения об авторах

Павлов Игорь Николаевич – доктор биологических наук, профессор, forester24@mail.ru

Синеокий Сергей Павлович – доктор биологических наук, профессор, руководитель биоресурсного центра Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов, sps0947@yandex.ru

Литовка Юлия Александровна – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, litovkajul@rambler.ru

Яненко Александр Степанович – доктор биологических наук, профессор, заместитель руководителя комплекса НБИКС-природоподобных технологий, yanenko_as@nrcki.ru

Information about authors

Pavlov Igor Nikolaevich – Doctor of Biological Sciences, Professor, forester24@mail.ru

Sineoky Sergey Pavlovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Bioresource Center All-Russian Collection of Industrial Microorganisms, sps0947@yandex.ru

Litovka Yulia Aleksandrovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher, litovkajul@rambler.ru

Yanenko Aleksandr Stepanovich – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Head of the NBICS-Nature-Like Technologies Complex, yanenko_as@nrcki.ru

* Corresponding author.