

Экологические аспекты развития грибоводства в России

© 2021. А. И. Иванов, д. б. н., профессор,
Пензенский государственный аграрный университет,
440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30,
e-mail: rcgekim@mail.ru

Искусственно выращенные съедобные грибы, благодаря уникальному химическому составу, представляют собой важный элемент здорового питания, и потому их производство быстро растёт. Вместе с тем, грибоводство оказывает негативное влияние на окружающую среду. Его оценка затруднена тем, что, как в научной литературе, так и в нормативных документах, действующих в России, данная проблема отражена недостаточно полно. Наибольшее негативное воздействие на атмосферный воздух оказывают предприятия, специализирующиеся на производстве шампиньона. Это определяется особенностями технологии выращивания данного гриба и большими объёмами его производства. В процессе приготовления субстратов для выращивания шампиньона выделяются аммиак, сероводород, диоксид азота, монооксид углерода и метан. Предприятия, специализирующиеся на выращивании вешенки, более экологичны. Их воздействие на окружающую среду сводится в основном к выделению углекислого газа в процессе роста мицелия и развития плодовых тел. На грибоводческих предприятиях образуются также сточные воды и твёрдые отходы, а также отработанный субстрат после выращивания грибов. Он может быть использован без доработки в качестве органического удобрения, благотворно влияющего на агрономические свойства почвы и повышающего в ней содержание гумуса. Поэтому его следует считать не отходом, а побочным продуктом производства. Отработанный субстрат после выращивания грибов может также применяться для производства биогумуса. В этом процессе используются дождевые черви. Таким образом, грибоводческие комплексы могут решать проблему восстановления плодородия почв.

Ключевые слова: грибоводство, отработанный субстрат, загрязнение среды, компостирование, куриный помёт, органические удобрения.

**Environmental aspects of the development
of mushroom production in Russia**

© 2021. A. I. Ivanov ORCID: 0000-0002-3344-9969
Penza State Agrarian University,
30, Botanicheskaya St., Penza, Russia, 440014,
e-mail: rcgekim@mail.ru

Artificially grown edible mushrooms, due to their unique chemical composition, are an important element of a healthy diet and therefore their production is growing rapidly. At the same time, mushroom growing has a negative impact on the environment. Its assessment is complicated by the fact that both in the scientific literature and in the regulatory documents in force in Russia, this problem is not fully represented. Enterprises specializing in the production of champignon have the greatest negative impact on the atmospheric air. This is determined by the peculiarities of the cultivation technology of this mushroom and the large volumes of its production. In the process of preparing substrates for growing mushrooms, ammonia, hydrogen sulfide, nitrogen dioxide, carbon monoxide and methane are released. Enterprises specializing in the cultivation of oyster mushrooms are more environmentally friendly. Their impact on the environment is mainly reduced to the release of carbon dioxide during the growth of the mycelium and the development of fruit bodies. Mushroom enterprises also generate waste water and solid waste, as well as waste substrate after growing mushrooms. It can be used without modification as an organic fertilizer, which has a beneficial effect on the agromeliorative properties of the soil and increases the humus content in it. Therefore, it should not be considered a waste, but a by-product of production. Waste substrate after growing mushrooms can also be used for the production of vermicompost. In this process, earthworms are used. Thus, mushroom growing complexes can solve the problem of restoring soil fertility.

Keywords: agrocoenosis, mushroom growing, pollution, composting, chicken manure, organic fertilizers, waste substrate.

Грибоводство – активно развивающаяся отрасль сельскохозяйственного производства. До введения экономических санкций против России более 80% грибного рынка нашей страны обеспечивалось за счёт импортной продукции [1, 2]. В настоящее время в связи с реализацией программ импортозамещения в различных регионах России: Ленинградской, Московской, Самарской, Пензенской областях, в Краснодарском крае и Республике Татарстан уже работают и строятся новые предприятия, специализирующиеся на выращивании съедобных грибов. Благодаря их запуску свежих отечественных грибов на Российском рынке в 2018 г. стало в два раза больше, чем импортных. Российская грибная индустрия стремительно растёт [3]. Таким образом, грибоводство в нашей стране становится крупной отраслью сельского хозяйства, которая, с одной стороны, оказывает негативное влияние на окружающую среду, с другой стороны решает ряд серьёзных экологических проблем. Однако, как в научной литературе, так и в нормативных документах, действующих в России, данная проблема отражена крайне недостаточно. Имеющиеся сведения разрознены и не систематизированы, что создаёт большие трудности в практической работе, связанной с проектированием грибоводческих комплексов и организацией на них производственного контроля и природоохранных мероприятий.

В связи с этим целью данного обзора был анализ имеющейся информации, отражающей экологические аспекты развития грибоводства в России.

Плодовые тела искусственно выращенных съедобных грибов как элемент здорового питания

Съедобные грибы приобретают всё большее и большее значение в питании человека. Это определяется особенностями их химического состава. В отличие от продуктов растительного происхождения, в первую очередь, зерновых и крупяных культур, они почти не содержат сахаров и крахмала [4, 5]. По содержанию белков и аминокислот грибы приближаются к мясу и рыбе, однако в отличие от последних они не имеют в своём составе непредельных жирных кислот и холестерина [6–8]. Кроме того, они богаты витаминами группы B, D и PP, микроэлементами [8, 9]. Всё это в сочетании с низкой калорийностью делает их незаменимым компонентом диет для людей, страдающих болезнями «цивилиза-

ции» – ожирением, диабетом, нарушениями сердечно-сосудистой системы и онкологией. Большинство культивируемых съедобных грибов представляют собой не только важнейший компонент диетического питания, но и эффективное профилактическое средство от названных выше заболеваний [10, 11]. Например, шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach) обладает противоопухолевыми свойствами, а также антибактериальной и антивирусной активностью. Он является иммуномодулятором, эффективен при диабете, снижает уровень холестерина в крови, способствует выведению тяжёлых металлов из организма. У дереворазрушающих грибов – вешенки устричной (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) и особенно у шиитаке эти свойства выражены значительно сильнее. В последние годы большую популярность приобретает культура гериция гребенчатого (*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers.), который перспективен в плане лечения и профилактики болезни Альцгеймера и старческого слабоумия [10, 11]. Большинство видов дикорастущих съедобных грибов, широко заготавливаемых населением, этими свойствами не обладают. Кроме того, искусственно выращенные грибы, в отличие от дикорастущих, безопасны с точки зрения накопления в их плодовых телах тяжёлых металлов и радионуклидов. Это обеспечивается обязательным контролем исходных компонентов субстратов для их выращивания и партий грибов, поставляемых в торговую сеть [12, 13].

Негативное воздействие грибоводческих комплексов на окружающую среду

В структуре производства и потребления грибной продукции в России на первом месте находится шампиньон. В настоящее время его выращиванием в нашей стране занимается 38 предприятий. Наиболее крупные из них располагаются в Центральном федеральном округе. При этом объёмы производства этого гриба стремительно растут. Особенно резкий подъём в шампиньоноводстве был в 2017 г., когда производство этого гриба, по сравнению с 2016 г., выросло на 66%. В 2017 г. в Российской Федерации (РФ) было поставлено в торговую сеть 23730 т шампиньонов. На производстве вешенки в РФ специализируется 69 предприятий, наиболее крупные из которых находятся в Южном федеральном округе. Однако по размерам и объёмам про-

изводства эти предприятия существенно уступают шампиньонным комплексам. В 2017 г. в России было произведено 6150 т вешенки. Это почти в четыре раза меньше, чем шампиньонов. Культивирование шиитаке, намеко и других экзотических видов грибов базируется в основном на предприятиях, производящих вешенку. В 2018 г. их производство в нашей стране составило всего 103 т [3].

Наибольшее негативное воздействие на атмосферный воздух оказывают предприятия, специализирующиеся на производстве шампиньона. Это определяется особенностями технологии выращивания данного гриба и большими объёмами его производства. В руководствах по данной тематике, изданных на русском языке, этот вопрос вообще не рассматривается [14, 15] или рассматривается очень кратко [16–18]. Единственным источником, в котором приводятся качественные и количественные характеристики газообразных выбросов, является такой документ, как «Нормы технологического проектирования комплексов по выращиванию шампиньонов» [19]. В нём приводятся примерные цифры, характеризующие количество и состав газообразных выбросов цехов по производству субстрата фазы 1. Это звено технологического цикла выращивания шампиньона заключается в ферментации смеси куриного помёта и соломы с участием комплекса термофильных микроорганизмов, в процессе жизнедеятельности которых в окружающую среду происходит выброс газов. При компостировании 1000 т этого материала, необходимого для 1 га площади выращивания, в атмосферный воздух выделяются: аммиак – 6640 г/ч; сероводород – 54 г/ч; диоксид азота – 54 г/ч; монооксид углерода – 940 г/ч. В процессе приготовления субстрата фазы 1 в воздух может попадать метан, количество которого зависит от аэрации субстрата. Чем больше в его массе будет анаэробных зон, тем, соответственно, в большем количестве он будет выделяться [20]. Однако проблема количественной оценки выбросов этого парникового газа в процессе приготовления компоста остаётся практически не изученной.

Следующим этапом технологии приготовления субстрата является его термическая обработка в специальных закрытых помещениях – тоннелях, в результате которой из субстрата фазы 1 получается субстрат фазы 2. Выделение аммиака в ходе этого процесса составляет 2,5 г/ч, углекислого газа – 300 г/ч на 1 т субстрата. При приготовлении субстрата фазы 3, которое заключается в проращивании

мицелия в субстрате фазы 2, из перечисленных выше поллютантов выделяется только углекислый газ в количестве около 60 г/ч на 1 т субстрата, который, хотя и не токсичен и не имеет неприятного запаха, но является опасным парниковым газом [19].

Таким образом, производство субстрата для выращивания шампиньонов оказывает негативное влияние на атмосферный воздух, что в итоге может привести к конфликтам интересов между предприятием и проживающим рядом населением. Указания на это имеются в работе [21]. Однако рекомендации по расчётам размеров санитарно-защитных зон в ней отсутствуют. В основном нормативном документе «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» цеха по производству субстрата даже не упоминаются [22]. Разработчики же конкретных проектов предприятий по выращиванию шампиньонов относят их к категории объектов и производств агропромышленного комплекса и малого предпринимательства класса I. Основанием для этого является то, что на их территориях имеются «открытые хранилища навоза и помёта», для которых указанным выше документом устанавливается санитарно-защитная зона в 1000 м.

Негативное воздействие предприятий, специализирующихся на выращивании вешенки, сводится в основном к выделению углекислого газа в процессе роста мицелия и развития плодовых тел. Мицелий грибов из подаваемого приточной вентиляцией воздуха активно поглощает кислород и выделяет основной парниковый газ – диоксид углерода. В ходе экспериментальных исследований нами было установлено, что потеря массы субстрата от момента инокуляции до съёма грибов первой волны плодоношения составляет 54%. Из них примерно 30% теряется на испарение, 40% выносится с урожаем плодовых тел, а 30% расходуется на дыхание, в ходе которого происходит полное окисление глюкозы, образовавшейся в результате расщепления клетчатки ферментами гриба. Как показали наши расчёты, 1 т субстрата за производственный цикл выделяет в атмосферу порядка 52,5 кг углекислого газа. Полученная величина сопоставима с данными, приведёнными в работе [20], по количественной оценке выделения этого вещества при микогенном разложении древесины в природных условиях.

В связи с тем, что приготовление субстрата и выращивание грибов требуют поддержания

определённых микроклиматических параметров, возникает проблема отопления помещений. Поэтому обязательной частью грибоводческих комплексов являются котельные. Объём выбросов вредных веществ в атмосферу: SO_2 , CO , NO_2 и сажи при сжигании различных видов топлива может быть достаточно большим. Максимальные показатели он имеет при работе на каменном угле, средние – на мазуте, минимальные – на природном газе. Однако какой-либо специфики в эксплуатации котельных на грибоводческих предприятиях не существует. Расчёт выбросов поллютантов в атмосферу производится по общепринятым методикам [23].

Грибоводческие предприятия потребляют достаточно большое количество воды. На производство 1 т субстрата расходуется порядка 11 м^3 воды [16]. Однако в связи с тем, что образующаяся при увлажнении исходных материалов и их смеси вода используется повторно, без очистки, во избежание потери питательных веществ, какая-либо специфика в химическом составе сбросов отсутствует. Поэтому расчёт объёма сточных вод (СВ) также осуществляется с помощью общепринятых для промышленных предприятий методик. Основной объём СВ, содержащих моющие средства и вещества, применяемые для дезинфекции, образуется в результате ежедневных влажных уборок, мытья оборудования и тары, а также дезинфекции культивационных помещений и технологических коридоров. Кроме того, достаточно большой объём стоков даёт бытовая канализация, так как крупные грибоводческие предприятия предполагают высокую численность работающих. Поэтому на предприятии возникает необходимость создания системы, выводящей стоки на существующие очистные сооружения. Если такая возможность отсутствует, на объекте создаётся собственная система очистки СВ [24].

На грибоводческих комплексах образуется ряд твёрдых отходов. Специфичными для них являются осадок от увлажняемой соломы, накапливающийся в резервуарах для её замачивания, и обрезки ножек, образующиеся при сборе, а также бракованные грибы, поражённые плесневыми грибами и бактериями. На крупных предприятиях объём этих отходов может быть достаточно большим. По массе он составляет примерно 10% от массы выращенных грибов [17, 18]. Этот отход следует вывозить специальным автотранспортом в места, согласованные с органами санитарно-ветеринарного надзора. К неспецифичным

отходам следует отнести бытовой мусор, полиэтиленовую упаковку от посевного мицелия и непригодную для использования тару. Эти отходы не образуются в большом количестве и вывозятся на свалки в существующем порядке [19].

Перспективы использования отработанных грибных субстратов в качестве органических удобрений и питательных грунтов

Предприятие с площадью выращивания шампиньонов в 1 га ежегодно даёт порядка 10 тыс. т отработанного субстрата. Поэтому проблема его вывоза с территории предприятия и рациональное использование имеет большое практическое значение. Однако в нормативной документации этот вопрос практически не рассматривается. В научной литературе сведения по данной проблеме также ограничены и противоречивы. Так, в работе [16] отработанный субстрат рассматривается как отход, подлежащий вывозу на свалки. Автор работы [25], напротив, характеризует его как полезный продукт, представляющий собой ценное органическое удобрение. Этой же точки зрения придерживается и автор данного обзора [26, 27].

Отработанный субстрат после выращивания шампиньонов не включён в «Федеральный классификационный каталог отходов», поэтому он и не может рассматриваться как отход [28]. Это комковатый органический материал тёмно-коричневого цвета, содержащий примесь сильно перепревшей, легко растираемой в порошок соломы. Исходными компонентами для его получения являются куриный помёт и пшеничная солома в соотношении 1 : 1. Кроме того, он включает в себя смесь низинного и верхового торфа – около 10%, известковые добавки до 1% и строительный гипс до 1%. Содержание вредных компонентов, таких, как тяжёлые металлы и радионуклиды, в нём исключается, так как исходные материалы для его приготовления проходят обязательный экологический контроль. Кроме вредных химических компонентов, в курином помёте, используемом для получения рассматриваемого продукта, не должно содержаться патогенных микроорганизмов, жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, личинок и куколок синантропных мух. Контроль куриного помёта, используемого в качестве сырья для производства компоста по этим показателям, гарантирует их отсут-

ствие и в рассматриваемом продукте. Кроме того, пастеризация исходных материалов в процессе приготовления и термическая обработка компоста, перед выгрузкой из шампиньонницы, также гарантирует отсутствие в нём указанных выше объектов [16, 17].

Как показывает сравнение химического состава отработанного субстрата с химическим составом компостов, производимых на основе птичьего помёта и соломы, реализуемых в настоящее время в оптовой и розничной торговле, они оказываются очень близкими [29]. Поэтому отработанный субстрат следует определять, как побочный продукт производства, который может быть использован непосредственно в качестве органического удобрения или питательного грунта, без обезвреживания и доработки, так как его характеристики и по полезным, и по вредным компонентам соответствуют ГОСТ Р 53381-2009 [30]. Отработанный субстрат, согласно Общероссийскому классификатору продукции по видам экономической деятельности (дата введения 01.02.2014), может быть определён как «Удобрения животного или растительного происхождения, не включённые в другие группировки» ОКПД-2, код 20.15.80 [31].

Таким образом, отработанный субстрат представляет собой ферментированную смесь из куриного помёта и соломы. Проблема применения подобных материалов в качестве органического удобрения изучена достаточно хорошо [32, 33]. Ферментированный куриный помёт улучшает агрономические свойства почвы: в 2–3 раза усиливает активность прикорневой микрофлоры, повышает содержание гумуса и водопроницаемость. Следствием этого является повышение урожайности сельскохозяйственных культур [34–36].

В субстрате после выращивания шампиньонов содержание основных элементов питания оказывается ниже, чем в органическом удобрении, приготовленном из ферментированного куриного помёта, так как значительная часть азота теряется в процессе ферментации в виде аммиака и используется культурой шампиньона. С урожаем грибов также выносятся до 50% фосфора и калия, содержавшихся в исходных компонентах. В то же время в отработанном субстрате содержание основных элементов минерального питания оказывается более высоким, чем в полуперепревшем навозе домашних животных, используемом в качестве органического удобрения [32]. Поэтому примерные дозы внесения отработанного субстрата под зерновые

культуры будут в 2–2,5 раза выше нормы внесения ферментированного куриного помёта, но в 1,5–2 раза ниже, чем рекомендуемые нормы внесения навоза [33]. Они будут находиться в интервале от 10 до 20 т/га на чернозёмах и от 20 до 40 т/га на дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Приводимые цифры имеют ориентировочный характер, так как в каждом конкретном случае необходимо учитывать культуру, под которую вносится удобрение, и содержание элементов минерального питания в почве. Чем оно меньше, тем соответственно эффективная доза внесения будет выше.

Проблема утилизации отработанного субстрата после выращивания вешенки не находит отражения в нормативных документах [37]. Имеющаяся информация содержится лишь в немногочисленных публикациях и патентах [38–42]. Отработанный субстрат после выращивания вешенки представляет собой полуперепревшую, частично разрушенную ферментами гриба пшеничную солому. По содержанию основных элементов минерального питания она существенно уступает шампиньонному компосту, поэтому вносить её в почву следует в сочетании с минеральными удобрениями. Исследования влияния этого материала на почву и урожайность сельскохозяйственных культур проводились в Пензенском государственном аграрном университете. В результате полевых опытов было установлено, что оптимальная доза внесения отработанного субстрата после выращивания вешенки составляет 20 т/га, что по содержанию углерода соответствует 20 т навоза. Урожайность зерновых культур в первый год внесения рассматриваемого материала увеличивается на 12–14%, на второй год – на 10–12%. Эта доза оказывает положительное влияние на агрономические свойства почвы. В ходе трёхгодичных опытов было показано, что в результате внесения отработанного субстрата содержание гумуса в почве повышается на 0,11% [38]. Последнее особенно важно, так как широкое внедрение современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур с применением высоких доз минеральных удобрений создаёт проблему – снижение естественного плодородия почв [43, 44]. Использование же отработанного субстрата после выращивания грибов в качестве органического удобрения будет в определённой степени способствовать её решению. Как показал анализ опыта производственного комплекса «Каскад» в г. Миллерово

Ростовской области – крупнейшего производителя вешенки в России, отработанный субстрат после выращивания этого гриба может использоваться для производства биогуруса с использованием дождевых червей. Как сам биогурус, так и различные продукты, созданные на его основе, находят самое широкое применение в качестве земледобрильных препаратов и стимуляторов роста [42].

Заключение

Грибоводческие предприятия дают значительные объёмы выбросов вредных газов, сбросов сточных вод и твёрдых отходов. Их негативное влияние на окружающую среду быстро растёт. Это связано с активным развитием грибоводства в настоящее время, которое определяется востребованностью производимой им продукции как важнейшего компонента здорового питания.

На предприятиях, специализирующихся на производстве шампиньона и вешенки, в большом количестве образуется побочный продукт производства – отработанный субстрат. В связи с тем, что этот материал по своим физико-химическим свойствам близок к органическим удобрениям, производимым путём компостирования помёта и навоза, его можно без доработки вносить в почву, а также использовать для производства биогуруса. Однако это никак не отражено в действующих в настоящее время нормах технологического проектирования комплексов по выращиванию шампиньона и вешенки [19, 37]. Учитывая важность данной проблемы, возникает необходимость её описания в новых редакциях этих документов.

References

1. Ivanov A.I. Mushroom growing. Penza: RIO PGSKHA, 2015. 96 p. (in Russian).
2. Hrenov A.V. Mushroom market of Russia 2014: Prices have increased, demand has not decreased // Shkola gribovodstva. 2015. No. 2. P. 25–28 (in Russian).
3. Hrenov A.V. Russian mushroom industry in the phase of rapid growth // Shkola gribovodstva. 2018. No. 2. P. 26–27 (in Russian).
4. Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferrerira I.C.F.R. Chemical composition and nutrition value of the most widelyapplicated cultivated mushrooms: An inter species comparative study // Food Chem. Toxicol. 2012. V. 50. P. 191–197. doi: 10.1016/j.fct.2011/10/056
5. Matilla P., Salo-Vaananen P., Konko K., Aro H., Yalava T. Basic composition and aminoacid contents of mushrooms

cultivated in Finland // J. Agric. Food Chem. 2002. V. 50. P. 6419–6422. doi: 10/1021/jf02608m

6. Bernas E., Jaworska G. Comparison of aminoacid content in frozen *P. ostreatus* and *A. bisporus* mushrooms // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 2010. V. 9. No. 3. P. 295–303.

7. Siwulski M., Socol S., Soberalski K., Regula J., Walkowiak-Tomczak D., Sas-Golak I., Szczepka M., Sztach R., Czaterma J., Gnus R. Champignon *Agaricus*. Species, cultivation, properties. Hjnzan: Wydawnictwo uniwersitetu przyrodniczego w Poznaniu, 2014. 186 p. (in Poland).

8. Matilla P., Konko K. Contents of vitamins, mineral elements and some phenolic compounds in cultivated mushrooms // Nutrition. 2002. No. 16. P. 7–9. doi: 10.4236/nfs.2014.513128

9. Uyj L., Tuliguel T., Hajin B., Shirokih A.A., Shirokih I.G., Kirillov D.V. Medicinal mushrooms in traditional Chinese medicine and biotechnology. Kirov: O-Kratkoe, 2009. 320 p. (in Russian).

10. Smiderle F.R., Ruthes A.C., Van Arkel J., Chanput W., Iacomini M., Wichers H.J., Grienshon L.J. Polysaccharides from *Agaricus bisporus* and *Agaricus brasiliensis* show similarities in their structures and immunomodulatory effects on human monocytic THP-1 cells // BMC Complem. Altern. Med. 2011. No. 11. P. 32–58. doi: 10/1186/1472-6882-11-58

11. Vishnevskiy M.V. Medicinal mushrooms of Russia. Moskva: Prospekt, 2018. 704 p. (in Russian).

12. Ivanov A.I., Gorokhova A.G., Andreyeva M.A., Duryagina K.A. Biological accumulation of chemical elements by agaricomycetes mushrooms under conditions of Volga highlands // Theoretical and Applied Ecology. 2020. No. 2. P. 39–44 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2020-2-039-044

13. Sanitary rules for the harvesting, processing and sale of mushrooms. Moskva: Federalnyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2010. 34 p. (in Russian).

14. Shalashova N.B., Bubnova O.N. Champignons. Moskva: Rossel'hozizdat, 1987. 32 p. (in Russian).

15. Devochkin L.A. Champignons. Moskva: Rossel'hozizdat, 1989. 175 p. (in Russian).

16. Rancheva C. Intensive production of champignons. Moskva: Agropromizdat, 1990. 220 p. (in Russian).

17. Ivanov A.I. Champignons of Russia (genus *Agaricus* L.). Species composition, ecology, cultivation. Penza: RIO PGAU, 2018. 200 p. (in Russian).

18. Mihajlova L.I. The stems of mushrooms is a dangerous waste // Shkola gribovodstva. 2018. No. 6. P. 24–25 (in Russian).

19. Standards of technological design, complexes for the cultivation of champignons. NTP-APK 1.10.09.002-04. Moskva: VNIIO, 2004. 33 p. (in Russian).

20. Muhin V.A., Voronin P.Yu., Ladatko V.A. The size of stream of C-CO₂ and H₂O during decomposition of wood mortmass by tinder mushrooms // Vest. Mosk. University. Ser. 16. Biological. 2006. No. 4. P. 43–45 (in Russian).

21. Safray A.I., Karpov F.F. Principles of compost production organization // *Shkola gribovodstva*. 2003. No. 3. P. 21–31 (in Russian).
22. “Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects” SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 [Internet resource] Base.garant.ru. (Accessed: 04.03.2019) (in Russian).
23. Guidance manual for calculating, regulation and control of emissions of pollutants into the air. Sankt-Peterburg: NII Atmosfera, 2005. 189 p. (in Russian).
24. Ivanov A.I. Mushroom growing: textbook. Penza: RIO PGAU, 2019. 205 p. (in Russian).
25. Mardzhor G. Spent mushroom substrate – waste or income? // *Shkola gribovodstva*. 2003. No. 3. P. 19–20 (in Russian).
26. Ivanov A.I., Ryazantsev M.S. The impact of oyster mushroom growing enterprises on the environment // Education, science, practice: innovative aspect: Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 70-letiyu A.F. Blinokhvatova. Penza: RIO PGAU, 2018. P. 199–203 (in Russian).
27. Ivanov A.I., Ryazantsev M.S. Ways of utilization of the spent substrate after cultivation of mushrooms // Education, science, practice: innovative aspect: Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 70-letiyu A.F. Blinokhvatova. Penza: RIO PGAU, 2018. P. 203–205 (in Russian).
28. The Federal classification catalog of waste. Order of Rosprirodnadzor dated 05.22.2017 No. 242 (with amendments of November 2, 2018 No. 451) [Internet resource] Ekologicheskoe-Proektirovanie.ru (Accessed: 11.03.2019) (in Russian).
29. Chekaev N.P. Agri-environmental assessment of the use of chicken manure as fertilizer // *Plodorodie*. 2009. No. 2. P. 13–15 (in Russian).
30. GOST R 53381-2009. Soils and grounds. Nutritious soil. Technical conditions. [Internet resource] Docs.cntd.ru (Accessed: 13.03.2019) (in Russian).
31. OKPD-2, kod 20.15.80. Fertilizers of animal or vegetable origin, not included in other groups [Internet resource] gov-zakupki.ru (Accessed: 01.03.2019) (in Russian).
32. Zhezhel N.G., Panteleeva E.I. *Agrokhimiya*. Leningrad: Kolos, 1988. 263 p. (in Russian).
33. Artyushin A.M., Derzhavin L.M. Quick reference to fertilizers. Moskva: Kolos, 1984. 208 p. (in Russian).
34. Chekaev N.P., Aref'ev A.N., Bolgurushin A.I. The use of poultry manure for fertilizer // *Chelovek i Vselennaya*. 2004. No. 9. P. 94–95 (in Russian).
35. Chekaev N.P., Kuznetsov F.Yu., Vlasova T.A., Yanaeva L.T. Poultry waste as fertilizer: the environmentally safe and effective // *XXI vek: Itogi proshlogo i problem nastoyashchego plus*. Penza, 2015. No. 5. P. 130–140 (in Russian).
36. Chekaev N.P. Effective utilization of poultry manure as fertilizers // Regional problems of small agribusiness development: sbornik statey II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza: RIO PGSKHA, 2014. P. 105–110 (in Russian).
37. Norms of technological design of complexes on cultivation of oyster mushrooms. NTP APK 1.10.09.003-04. Moskva: VNIIO, 2004. 76 p. (in Russian).
38. Ivanov P.A. Changes in the productivity of grain crops and the fertility of the gray forest soil under the influence of chemical and biological land reclamation in the forest-steppe Povolzhe: Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. Penza, 2009. 20 p. (in Russian).
39. Ivanov A.I., Grishin G.E., Il'ina G.V. Ecological and economic efficiency of using the waste of mushroom production in plant growing // *Niva Povolzh'ya*. 2012. No. 3 (24). P. 93–98 (in Russian).
40. Ivanov A.I., Koryagin Yu.V. Possibilities of using the spent substrate after oyster mushroom cultivation as an organic fertilizer // *Shkola gribovodstva*. 2014. No. 3 (78). P. 53–55 (in Russian).
41. Kshnikadkin S.A., Alyonin P.G., Fomin I.V. Rationale for the production of granular environmentally friendly fertilizer from waste when growing oyster mushrooms // *Niva Povolzh'ya*. 2016. No. 3. P. 25–31 (in Russian).
42. Novitskiy P.A., Voroncov I.A., Titov I.N. A method for recycling waste substrate blocks after growing oyster mushrooms using vermicomposting // Patent RU No. 2010134515, 27.02.2012. Date of publication: 2012.02.27. Bull. 6 (in Russian).
43. Khayraddinov A.B., Bobonorov R.S., Khushmurov Zh.B. Preservation and increase of humus content in soils // *Simvol nauki*. 2017. No. 2. P. 133–134 (in Russian).
44. Sharkov I.N. The concept of humus reproduction in soils // *Agrokhimiya*. 2011. No. 12. P. 21–27 (in Russian).