АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДИКОРАСТУЩИМИ И КУЛЬТИВИРУЕМЫМИ ГРИБАМИ (ОБЗОР)

А. В. Красников, доктор ветеринарных наук, доцент

В. С. Селихова, аспирант

Е. С. Красникова, доктор ветеринарных наук, доцент

Мичуринский государственный аграрный университет

E-mail: krasnikov.77@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, ртуть, свинец, кадмий, аккумуляция, дикорастущие грибы, культивируемые грибы.

Реферат. Статья посвящена проблеме последствий антропогенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и их солями. В обзоре представлены данные о продуктах питания, наиболее активно аккумулирующих их в себе. Показано, что съедобные дикорастущие и культивируемые грибы относят к таковым. При этом не существует нормативных документов, регламентирующих предельно допустимые значения содержания тяжелых металлов для дикорастущих грибов. В то же время среди дикорастущих грибов существуют виды, наиболее склонные к кумуляции отдельных тяжелых металлов. По мнению авторов, вопрос изучения аккумуляции тяжелых металлов грибами, произрастающими вблизи городов с развитой промышленностью, является актуальным. Требуется разработка методологических подходов по их детекции в дикорастущих съедобных грибах и нормативных документов, регламентирующих допуск их в торговую сеть.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY WILD AND CULTIVATED MUSHROOMS (REVIEW)

A. V. Krasnikov, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

V. S. Selikhova, Graduate Student

E. S. Krasnikova, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

Michurinsk State Agrarian University

Key words: heavy metals, mercury, lead, cadmium, accumulation, wild mushrooms, cultivated mushrooms.

Abstract. The article is devoted to the problem of consequences of anthropogenic environment pollution with heavy metals and their salts. The review presents data on food products that most actively accumulate them. It is shown that edible wild-growing and cultivated mushrooms are classified as such. At the same time, there are no normative documents regulating the maximum permissible values of heavy metals content for wild mushrooms. Herewith, among the wild-growing mushrooms, there are species that are most prone to the heavy metals accumulation. According to the authors, the issue of studying the accumulation of heavy metals by fungi growing near cities with developed industry is relevant. It is required to develop methodological approaches for their detection in wild-growing edible mushrooms and regulatory documents regulating their admission to the retail network.

Государственная политика Российской Федерации в области здорового питания определяет ключевым направлением безопасность и качество пищевых продуктов. Данная стратегия распространяется и на съедобные грибы – культивируемые и дикорастущие.

Установлено, что грибы не только обладают определенными полезными свойствами, но и являются источником большого количества минеральных элементов, таких как фосфор, калий, магний, сера, натрий, хлор, кальций, провитамина А, витаминов группы В, витаминов С,

РР и D, а также содержат ферменты, способствующие расщеплению белков, жиров и углеводов [1–4].

Хозяйственная деятельность и технологические стороны жизни человека оказывают значительное воздействие на окружающую среду и биосферу Земли, образуя и насыщая их значительным количеством токсичных веществ, наиболее опасными из которых являются ионы тяжелых металлов [5, 6].

Присутствуя в окружающей среде и являясь частью пищевой цепи, тяжёлые металлы, такие как цинк, медь, никель, хром, кадмий и другие, входят в структуру и необходимы в незначительных количествах для жизнедеятельности человека, животных и растений.

Однако соединения тяжелых металлов и они сами обладают кумулятивными свойствами и, накапливаясь в различных тканях организма, оказывают негативное воздействие, провоцируя ряд патологических процессов и впоследствии заболеваний. Такие химические элементы, как ртуть и свинец, не играющие существенной роли в метаболизме живых организмов, определены как токсичные металлы.

Ртуть способна накапливаться в организме, причем в молодых организмах ее количество меньше, чем в старых. В хищных рыбах (акула, меч-рыба и тунец) количество ртути больше, чем объектах, потребляемых ими.

Растительные продукты, такие как какао-бобы и орехи, содержат больше всего ртути (до 0,1 мг/кг). Большинство других продуктов накапливают ее в гораздо меньших количествах (0,01–0,03 мг/кг) [7].

У взрослых людей ртуть способна вызывать неврологические расстройства, а при длительном воздействии ее парами на протяжении 5–10 лет развиваются быстрая утомляемость, повышенная возбудимость, ухудшение памяти, головные боли, постепенно нарастает тремор конечностей [8].

Свинец – ядовитый высокотоксичный элемент. Во многих продуктах питания человека растительного и животного происхождения его количество не превышает 0,5–1,0 мг/кг. Максимальные концентрации свинца обнаружены в тунце – до 2,0 мг/кг, ракообразных и моллюсках – до 10 мг/кг [7, 9].

Попадая в организм, свинец вызывает замедление развития интеллектуальных и познавательных способностей у детей. У взрослых людей влияние свинца на нервную систему выражается повышенной утомляемостью, головокружениями, повышением кровяного давления, раздражительностью, нарушением сна, повышенной потливостью и гипотонией мышц. Кроме того, свинец способен замещать в костях кальций, становясь источником постоянной интоксикации.

Установлено, что свинец в органических соединениях более токсичен. Определены предельно допустимые количества свинца в пищевых продуктах питания: в продуктах для новорожденных и молоке – 0,02 мг/кг; говядине, баранине, свинине, мясе птицы, животном и молочном жирах, растительных маслах и овощах – 0,1; в винограде, яблоках, зернах злаков, бобах и вине – 0,2; в съедобных субпродуктах животного происхождения – 0,5 мг/кг [7].

Многие соединения кадмия, как и сам металл, весьма токсичны. В пищевых продуктах его количество в 5–10 раз меньше по сравнению со свинцом. Повышенные концентрации кадмия обнаруживаются в почках животных – до 1,0 мг/кг, в рыбе – до 0,2, в какао-порошке – до 0,5 мг/кг. В продуктах, подвергнутых термической обработке при консервировании, количество кадмия может в процессе хранения увеличиваться за счет его диффузии из припоя жестяных банок [7, 10].

Симптомами кадмиевого отравления могут служить образование камней в почках, т.к. его накопление в них идет наиболее интенсивно, появление белка в моче, острые боли в костях, нарушение функций центральной нервной системы и половой сферы. У курящих и занятых на

производстве кадмия людей основными заболеваниями являются хронический обструктивный бронхит и эмфизема легких [8].

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в различных продуктах питания различаются. Так, например, допустимое содержание в яблоках свинца – 0,4 мг/кг, кадмия – 0,03, ртути – 0,02 мг/кг [11]. При увеличении данных показателей вся партия подлежит выбраковке и не допускается в свободную реализацию.

По сравнению с другими продуктами питания, употребляемыми в пищу человеком, наибольшей биоабсорбцией тяжелых металлов обладают лесные грибы [12]. Самая высокая степень накопления грибами характерна для свинца, ртути, цинка, кадмия и селена.

Сбор грибов – это не только увлечение, но и один из видов заработка грибников. Однако качество реализуемых дикорастущих грибов, собранных в окрестностях городов, определяется лишь органолептически.

Концентрация ряда химических элементов имеет видовую специфичность и не является общим свойством шляпочных грибов, а нахождение их в грибных клетках преимущественно в связанном состоянии в составе металлоорганических соединений отчасти препятствует их быстрому всасыванию в желудочно-кишечном тракте. Однако практически не изучена концентрация свинца и кадмия в грибах в зоне действия источников эмиссии [13].

Бытует мнение, что искусственно выращенные грибы экологичней дикорастущих. Используемые для ветеринарно-санитарной экспертизы грибов нормативные документы регламентируют ряд показателей (ГОСТ Р 53082–2008) [14]. В основном это органолептика – идентификация вида грибов, их внешний вид, окрас шляпки, пластинок, ножки, мякоти на разрезе, вкус и запах. Проводят определение и физических показателей – размеры ножки и шляпки гриба, наличие примесей в партии грибов, а также химических показателей, необходимых для сертификации (пестициды, радионуклиды, тяжелые металлы) [15].

Однако основным компонентом для искусственного выращивания грибов является солома из севооборотов, привязанных к почве, в которую вносят химические удобрения, гербициды и пестициды. Отсюда определены средние значения для культивируемых съедобных шляпочных грибов (шампиньоны, вешенки): свинец – 0,5 мг/кг, кадмий – 0,1, ртуть – 0,05 мг/кг [16–18].

Некоторые исследователи при изучении растений и грибов для индикации загрязнений окружающей среды металлами отмечают специфическую предрасположенность у грибов к накоплению тяжелых металлов. Количество ртути, например, может превосходить ее содержание в субстрате для культивирования грибов в сотни раз. Избирательность в накоплении свинца отмечена у черного груздя, дождевика гигантского и свинушки тонкой, ртути – у белого гриба и шампиньона, кадмия – у гриба-зонтика [19].

По литературным данным, наиболее интенсивно обменные процессы протекают в шляпках грибов, в этой связи концентрация макро- и микроэлементов там выше, чем в ножках. Соответственно по мере развития плодовых тел меняется и интенсивность аккумуляции химических элементов [20, 21].

Учитывая указанные факторы, можно сделать вывод, что употребление в пищу грибов из зон сильного или умеренного загрязнения оказывает существенное влияние на формирование дополнительной токсической нагрузки на организм человека.

В этой связи видится актуальным вопрос изучения накопления различных химических элементов в грибах, произрастающих в лесных массивах вблизи городов с развитой технологической промышленностью для разработки методологических подходов к их определению, а также рекомендаций о допуске в свободную реализацию некоторых наиболее распространенных видов дикорастущих съедобных грибов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *ГОСТ 32343–2013*. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии. – М.: Изд-во стандартов, 2013.
2. *Косарева О. А., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г.* Качество и аромат грибов // Вестник Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова. – 2005. – № 4. – С. 34–36.
3. *Мишарина Т. А., Мухутдинова С. М., Жарикова Г. Г.* Формирование аромата сушеных шампиньонов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2014. – Т. 46, № 1. – С. 45–47.
4. *Мухутдинова С. М.* Качество свежих белых грибов и сопутствующая микрофлора гименофора / под ред. Г. Г. Жариковой. – М.: Изд-во Рос. экон. акад., 2009. – С. 34–37.
5. *Содержание тяжелых металлов в съедобных грибах Новосибирской области и Алтайского края* / В. И. Бакайтис, Л. В. Белокрылова, Е. В. Мартенс, С. Н. Басалаева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 5. – С. 38–41.
6. *Накопление тяжелых металлов и ^{137}Cs зерном овса на техногенно загрязненной почве* / Н. М. Белоус, Г. П. Малявко, В. Ф. Шаповалов, Е. В. Смольский. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2013. – 3 с.
7. *Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах*: (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 31.03.1986. № 4089–86). – М., 1986.
8. *Сульдина Т. И.* Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 1. – С. 136–140.
9. *ГОСТ 26932–86*. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
10. *ГОСТ 26933–86*. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
11. *СанПиН 2.3.2.560–96*. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов (с изм., внесенными Дополнениями № 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 11.10.1998. № 29, № 2, утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 21.03.2000, № 3, утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 13.01.2001). – М., 2001.
12. *Горелышев Д. В., Калинин А. Н.* Возможность использования грибов в качестве биоиндикаторов тяжёлых металлов // Естественные науки и экология. – 2003. – Вып. 7. – С. 197.
13. *Костычев А. А.* Биоабсорбция тяжелых металлов и мышьяка агарикоидами и гастероидными базидиомицетами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2009. – 24 с.
14. *ГОСТ Р 53082–2008*. Грибы. Шампиньоны культивируемые свежие. Руководство по хранению в холодильниках и транспортированию в рефрижераторах. – М.: Изд-во стандартов, 2008.
15. *Санитарные показатели при ветеринарно-санитарной экспертизе свежих грибов* / З. С. Голякевич, А. С. Гранкина, Н. Е. Панина [и др.] // Студенческий научный форум – 2015: VII Междунар. студ. электрон. науч. конф. – 2015.
16. *Санитарно-токсикологическая оценка кормов из Костромской области* / А. В. Маланьев, С. А. Танасева, Р. М. Потехина [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2020. – Т. 243, № 3. – С. 159–163.
17. *Понизовский А. А., Мироненко Е. В.* Механизмы поглощения свинца (II) почвами // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 418–429.

18. *ТР ТС 021/2011*. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (с изм. на 08.08.2019). – М., 2019.
19. Малеев К.И., Механошин Л.Е. Использование растений и грибов для индикации загрязнения среды металлами // Экологическая безопасность зон промышленных агломераций Западного Урала: тез. докл. семинара. – Пермь, 1983. – С. 50–51.
20. Горленко Н.В. Грибы как источник пищевых белков. // Микология и фитопатология. – 1983. – Т. 17, вып. 3. – С. 177–181.
21. Денисова О.Н. Особенности микроэлементного состава растений придорожной зоны в условиях остаточного загрязнения свинцом: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Казань, 2006. – 22 с.

REFERENCES

1. GOST 32343–2013. *Korma, kombikorma*, (GOST 32343–2013. Feed, mixed feed. Determination of the content of calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium and zinc by atomic absorption spectrometry), Moscow: Izd-vo standartov, 2013.
2. Kosareva O.A., Muhutdinova S.M., Zharikova G.G., *Vestnik Rossijskoj ekonomicheskoy akademii im. G. V. Plekhanova*, 2005, No. 4, pp. 34–36. (In Russ.)
3. Misharina T.A., Muhutdinova S.M., Zharikova G.G., *Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya*, 2014, T. 46, No. 1, pp. 45–47. (In Russ.)
4. Muhutdinova S.M. *Kachestvo svezhih belyh gribov i soputstvuyushchaya mikroflora gimenofora*, (The quality of fresh porcini mushrooms and the accompanying microflora of hymenophora), Moscow: Izd-vo Ros. ekon. akad., 2009, pp. 34–37.
5. Bakajtis V.I., Belokrylova L.V., Martens E.V., Basalaeva S.N., *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya*, 2006, No. 5, pp. 38–41. (In Russ.)
6. Belous N.M., Malyavko G.P., Shapovalov V.F., Smol'skij E.V., *Nakoplenie tyazhelykh metallov i ¹³⁷Cs zernom ovsa na tekhnogenno zagryaznennoj pochve*, (Accumulation of heavy metals and ¹³⁷Cs by oat grain in technogenically polluted soil), Bryansk: Izd-vo Bryanskoj GSKHA, 2013, 3 p.
7. Maximum permissible concentrations of heavy metals and arsenic in food raw materials and food products: (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on 31.03.1986. No. 4089–86), Moscow, 1986.
8. Sul'dina T.I., *Racional'noe pitanie, pishchevye dobavki i biostimulyatory*, 2016, No. 1, pp. 136–140. (In Russ.)
9. GOST 26932–86. *Syr'e i produkty pishchevye. Metody opredeleniya svinca*, (GOST 26932–86. Raw materials and food products. Methods for the determination of lead), Moscow: Izd-vo standartov, 1986.
10. GOST 26933–86. *Syr'e i produkty pishchevye. Metody opredeleniya kadmiya*, (GOST 26933–86. Raw materials and food products. Methods for determining cadmium), Moscow: Izd-vo standartov, 1986.
11. SanPiN 2.3.2.560–96. *Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov (s izm., vnesennymi Dopolneniyami № 1, utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 11.10.1998. № 29, № 2, utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 21.03.2000, № 3, utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 13.01.2001)*, (SanPiN 2.3.2.560–96. Hygienic requirements for the quality and safety of food raw materials and food products (as amended by Amendments No. 1, approved by the Government of the Russian Federation). By the Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 11.10.1998. No. 29, No. 2, approved. Chief State Sanitary Doctor of

the Russian Federation 21.03.2000, No. 3, approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 13.01.2001), Moscow, 2001.

12. Gorelyshev D.V., Kalinenko A.N., *Estestvennye nauki i ekologiya*, 2003, Issue. 7, pp. 197. (In Russ.)

13. Kostychev A.A. *Bioabsorbciya tyazhelyh metallov i mysh'yaka agarikoidnymi i gasteroidnymi bazidiomicetami*: Extended abstract of candidate's biol. thesis, Moscow, 2009, 24 p.

14. GOST R 53082–2008. *Griby. SHampin'onny kul'tiviruemye svezhie. Rukovodstvo po hraneniyu v holodil'nikah i transportirovaniyu v refrizheratorah*, (GOST R 53082–2008. Mushrooms. Cultivated fresh champignons. Guidelines for storage in refrigerators and transport in refrigerators), Moscow: Izd-vo standartov, 2008.

15. Golyakevich Z.S., Grankina A.S., Panina N.E., Simurzina O.N., Abdurakhmanov I.M., Feoktistova N.A., Lydina M.A., *Sanitarnye pokazateli pri veterinarno-sanitarnoj ekspertize svezhih gribov*, (VII International Student Electronic Scientific Conference), 2015. (In Russ.)

16. Malan'ev A.V., Tanaseva S.A., Potekhina R.M., Vafin I.F., Korchemkin A.A., Khairullin D.D., Egorov V.I., *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana*, 2020, T. 243, No. 3, pp. 159–163. (In Russ.)

17. Ponizovskij A.A., Mironenko E.V., *Pochvovedenie*, 2001, No. 4, pp. 418–429. (In Russ.)

18. TR TS 021/2011. *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoj produkcii» (s izm. na 08.08.2019)*, (TR CU 021/2011. Technical Regulations of the Customs Union «On food safety» (as amended on 08.08.2019)), Moscow, 2019.

19. Maleev K.I., Mekhanoshin L.E., *Ekologicheskaya bezopasnost' zon promyshlennyh aglomeracij Zapadnogo Urala*, (Environmental safety of industrial agglomerations in the Western Urals), Abstracts of Papers seminara, Perm», 1983, pp. 50–51. (In Russ.)

20. Gorlenko N.V., *Mikologiya i fitopatologiya*, 1983, T. 17, Issue 3, pp. 177–181. (In Russ.)

21. Denisova O.N. *Osobennosti mikroelementnogo sostava rastenij pridorozhnoj zony v usloviyah ostatochnogo zagryazneniya svincom*, (Features of the trace element composition of roadside plants in the conditions of residual lead contamination), Extended abstract of candidate's thesis, Kazan», 2006, 22 p. (In Russ.)