

## СТЕПЕНЬ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НЕКОТОРЫХ ВИДАХ МАКРОМИЦЕТОВ КЫРГЫЗСТАНА

Иманбердиева Н.А., Шаршенбеков С.Ш.

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

В статье представлены результаты работы по выявлению содержания тяжелых металлов в некоторых видах макромицетов, произрастающих на территории г. Бишкека, в различных по уровню техногенного загрязнения участках. Тяжелые металлы оказывают повреждающее действие на разных структурных уровнях организма и трудно выводятся, поэтому актуальной проблемой является поиск эффективных энтеросорбентов, способных снизить их аккумуляцию в организме человека. Такими свойствами обладают сорбенты из природных продуктов, среди которых особое место занимает полисахарид хитин, благодаря таким его уникальным свойствам, как биосовместимость, биodeградируемость, нетоксичность и бактерицидность. Исследования проводились в 2020–2021 гг. Анализировались химико-спектральным методом, который основан на полном испарении анализируемой пробы. Результаты анализов на содержание тяжелых металлов показали, что во всех указанных точках они выше от 23% до 40% по сравнению с контрольной точкой. Повышенное содержание тяжелых металлов по сравнению с контрольной группой объясняется антропогенным фактором и широким использованием их в электротехнике, в различных аккумуляторных соединениях. Содержание ртути превышает только в городской свалке Бишкека. Предметы, представляющие угрозу для окружающей среды и подлежащие утилизации, выносятся вместе с остальными.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, макромицеты, экология, почва, климат, мониторинг

## THE DEGREE OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOME TYPES OF MACROMYCETES OF KYRGYZSTAN

Imanberdieva N.A., Sharshenbekov S.Sh.

Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: nazgul.imanberdieva@manas.edu.kg

The article presents the results of work to identify the content of heavy metals in some types of macromycetes growing on the territory of the city of Bishkek, in areas with different levels of man-made pollution. Heavy metals have a damaging effect on different structural levels of the body and are difficult to remove, so an urgent problem is the search for effective enterosorbents that can reduce their accumulation in the human body. Such properties are possessed by sorbents from natural products, among which a special place is occupied by the polysaccharide chitin, due to its unique properties such as biocompatibility, biodegradability, non-toxicity and bactericidal activity. The studies were conducted in 2020–2021. The analysis was carried out by the chemical-spectral method, which is based on the complete evaporation of the analyzed sample. The results of analyses for the content of heavy metals showed that at all these points they are higher from 23% to 40% compared to the control point. The increased content of heavy metals in comparison with the control group is explained by the anthropogenic factor and their widespread use in electrical engineering, in various battery connections. The mercury content exceeds only in the Bishkek city landfill. Items that pose a threat to the environment and are subject to disposal are taken out along with the rest.

**Keywords:** heavy metals, macromycetes, ecology, soil, climate, monitoring

Основными актуальными проблемами в наше время и в будущем являются загрязнение окружающей среды, в том числе загрязнение тяжелыми металлами. Соединения тяжелых металлов высокотоксичны, мобильны и способны к биоаккумуляции и представляют серьезную угрозу не только человеку, но и для всех живых организмов на Земле. Попадая в биогеохимический цикл, эти вещества способны сохранять свою биологическую активность неограниченно долго. Поэтому одной из основных задач экологического мониторинга является оценка загрязнения экосистем экотоксикантами [1–3].

Некоторые виды живых организмов, например плодовые тела шляпочных грибов, имеют высокую способность поглощать тяжелые металлы и ядовитые вещества. Такие организмы можно использовать как биоиндикатор окружающей среды.

В настоящее время в качестве индикаторных биообъектов используются некоторые виды растений и лишайники [4]. Грибы могут быть потенциальным биоиндикатором окружающей среды. Грибы, с помощью микромедиации, могут уменьшить или полностью удалять загрязнения и восстанавливать деградированные почвы [5]. Грибы как объекты биомониторинга хорошо зарекомендовали себя в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды радионуклидами, плодовые тела шляпочных грибов также интенсивно накапливают тяжелые металлы [6, 7].

В Кыргызстане работы по исследованию содержания тяжелых металлов в грибах не проводились. В основном исследование проводилось в микофлористическом и фитопатологическом направлениях. Экологический диапазон распространенности грибов широк. Одни виды грибов приспособились к засушливым районам страны,

другие виды выжили в высокогорных местностях [8, 9].

Целью данной работы является исследование состава макромицетов, произрастающих в г. Бишкеке и его окрестностях, на содержание тяжелых металлов, изучение степени загрязненности окружающей среды исследуемых территорий и выявление причин.

#### Материалы и методы исследования

Объект исследования: шампиньон обыкновенный (*Agaricus campestris*), произрастающий в исследуемых территориях: парк Аламедин, парк «Театральный» (пересечение проспекта Чуй и улицы Абдрахманова), парк Тоголок Молдо, парк рядом с кожзаводом, Северное кладбище (рынок Дордой/Джунхай) и Бишкекская городская свалка (полигон). В качестве контрольной станции выбрана благополучная с экологической точки зрения территория – Карагачевая роща.

Материалы были собраны в вегетационный период с апреля-мая по сентябрь 2021 г. Координаты месторасположений исследуе-

мых станций определены с помощью GPS оборудования (Garmin, eTrex 12 Channel Handheld). Данные о координатах мест сбора материалов исследования представлены в таблице.

Исследования проводились в 2020–2021 гг. В вегетационный сезон 2020–2021 гг. наибольшее количество осадков наблюдалось в мае, оно составило 100 мм при температуре воздуха 16 °С в 2020 г. и 140 мм при температуре воздуха 22 °С в 2021 г. Относительно влажными оказались за годы исследования апрель и июнь, где выпало почти одинаковое количество осадков в 2020 г. (76 и 73 соответственно) (рис. 2) и в 2021 г. 90 и 86 мм соответственно (рис. 1 и 2).

В 2021 г. выпало большее количество осадков по сравнению с 2020 г., особенно в вегетационный период. Хорошие условия для роста грибов – это высокая влажность почвы и положительная температура воздуха в пределах 5–25 °С. По нашим наблюдениям следует, что соотношение температуры воздуха и количества осадков для роста макромицетов оптимально в период с апреля по август.

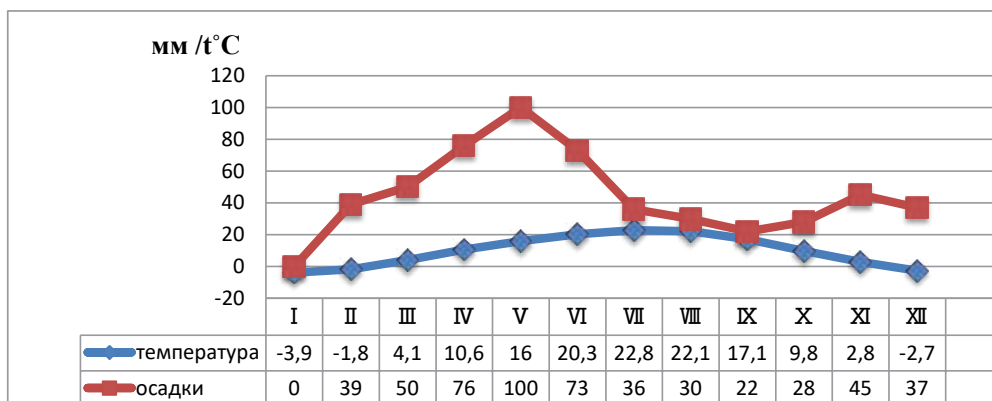


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха и количество осадков за 2020 г.

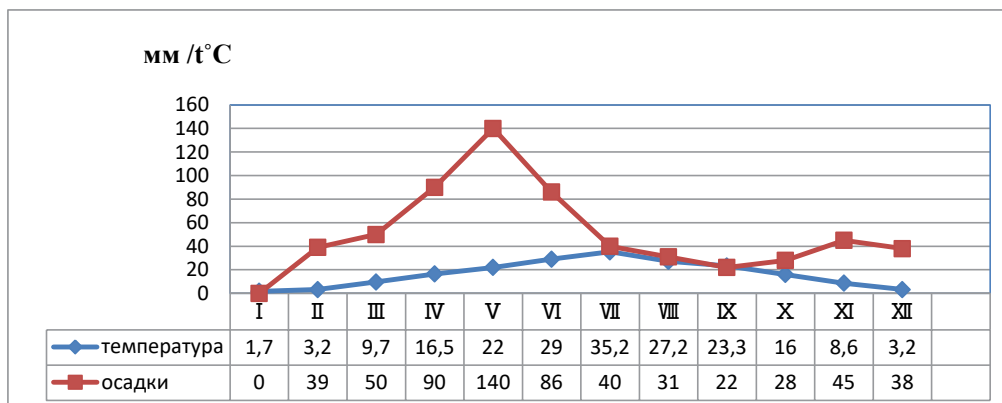


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха и количество осадков за 2021 г.

Анализы проводились химико-спектральным методом, который основан на полном испарении (30–50 мг) анализируемой пробы. В методе используют фракционное испарение пробы из катода и анода дуги постоянного тока. Расшифровку спектрограмм проводят с помощью атласа спектральных линий, который представляет собой сфотографированный спектр железа, по отношению к которому нанесено положение спектральных линий различных элементов.

Пробы почвы по 500 г, взятые из каждой точки, высушивали в полиэтиленовых мешках при комнатной температуре в течение 2 недель и просеивали через сито с размером ячеек 2 мм. Для предотвращения загрязнения каждый образец перед испытанием промывают дистиллированной водой и 96 % этиловым спиртом. Образцы почвы также маркируются. Образцы макромикробов и почвы взвешивают по 0,5 г и помещают в тефлоновые ячейки в системе растворителей.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Тяжелые металлы оказывают повреждающее действие на разных структурных уровнях организма и трудно выводятся, поэтому актуальной проблемой является поиск эффективных энтеросорбентов, способных снизить их аккумуляцию в организме человека и оказывающих на него «мягкое» биологическое воздействие. Такими свойствами обладают сорбенты из природных продуктов, среди которых особое место занимает полисахарид хитин, благодаря таким его уникальным свойствам, как биосовместимость, биodeградируемость, нетоксичность и бактерицидность. Хитин является основным структурным компонентом клеточных стенок грибов, наружных покровов ракообразных и насекомых, грибы способны аккумулировать тяжелые металлы в количествах, превышающих их содержание в окружающей среде. Хитин может выполнять транспортные функции по доставке к органу-мишени биологически активных веществ [10, 11].

Территории наших исследуемых участков – это оживленные парковые зоны, периферийный торговый рынок и городской мусорный полигон.

Парк Аламедин находится на северо-востоке Бишкека рядом с рынком Аламедин. На территории рощи в основном растут дуб, тополь и садовые кустарники. Так как территория находится вблизи рынка, она подвергается загрязнению из-за высокого количества проезжающего транспорта.

Парк «Театральный» находится в центре Бишкека, загружен проезжающим автотранспортом.

Парк Тоголок Молдо – небольшой парк с аллеями, игровой площадкой и памятником кыргызскому поэту Тоголоку Молдо. Расположен на юго-западе Бишкека, где также проезжает поток автомашин.

Парк рядом с кожзаводом – небольшой парк на территории которого в основном растут древесно-кустарниковые насаждения.

Северное кладбище находится неподалеку от рынка Дордой/Джунхай. На территории кладбища растут очень ранообразные древесно-кустарниковые насаждения. В сторону рынка круглый год тянется поток автомашин.

Бишкекский мусорный полигон находится севернее Бишкека и простирается на территории 45 га. Сюда привозят отходы со всей столицы. Полигон построили более 40 лет назад под определенный объем мусора. Сейчас он вмещает в себя в десятки раз больше положенного.

Карагачевая роща (контрольная точка). Роща расположена в северной части города на левом берегу реки Аламедин. На территории рощи в основном растут карагачи, но есть и сопутствующие виды: дуб, клён, орех, липа, берёза. В Карагачевой роще расположены Комсомольское и Пионерское озёра. Общая площадь парка составляет 143 га, из них 50,7 га освоены, остальную площадь занимают деревья.

Для сопоставления степени накопления тяжелых металлов в грибах были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения, и проведены сравнения с контрольной точкой (Карагачевая роща). Результаты проб на содержание тяжелых металлов (Mn 14,8; Cu 5,1; Pb 7,5; Cd 13,6; Cr 2,8; Hg 8,4; Ni 1,1 выше от 23 % до 40 % по сравнению с контрольной группой (таблица, рис. 3).

Повышенное содержание свинца может быть из-за тетраэтилена, который используется в нефтепромышленности для повышения октанового числа бензина [12].

Повышенное содержание меди по сравнению с контрольной группой объясняется антропогенным фактором и широким использованием меди в электротехнике. Избыточное содержание хрома объясняется широким использованием хрома для нержавеющей стали, в состав которых часто входят соединения хрома. Содержание никеля и кадмия выше нормы, по сравнению с контрольной группой, объясняется широким использованием в различных аккумуляторных соединениях кадмия и никеля, также кадмий входит в состав многих тугоплавких сплавов металлов. Содержание ртути в пре-

делах нормы в участках с 2 по 6 Содержание ртути превышает норму только на городской свалке Бишкека (таблица). На Бишкекском мусорном полигоне содержание всех тяжелых металлов превышает норму в 3 раза. Причиной является то, что мусор не сортируется вообще.

Мусор, представляющий угрозу для окружающей среды, подлежащий утилизации, также выносятся вместе с остальными. Это могут быть батарейки, различные аккумуляторы, которые зачастую в составе имеют свинец, никель, кадмий и другие тяжелые металлы [13].

#### Содержание тяжелых металлов в грибах исследуемых территорий

№ п/п	Объект исследования	Содержание элементов							
		Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Hg	Ni
1	<i>Agaricus campestris</i> (Шампиньон обыкновенный)	Парк Аламедин (42°88'7674"N; 074°64'0910"E)							
		14,8	–	5,1	7,5	13,6	2,8	8,4	1,1
2		Парк «Театральный»							
		15,1	–	4,9	9,08	14,7	2,3	8,0	1,3
3		Парк Тоголок Молдо (42°86'8989"N; 074°59'4475"E)							
		15,125	–	5,25	7,6	14,125	2,8	8,75	1,12
4		Парк рядом с кожзаводом (42°92'9744"N; 074°61'5921"E)							
		15,73	–	5,88	7,904	14,69	2,99	9,1	1,17
5		Северное кладбище, неподалеку от рынка Дордой/Джунхай (42°93'4650"N; 074°61'9493"E)							
		15,851	–	5,502	7,9648	14,803	3,013	9,17	1,179
6		Бишкекский мусорный полигон (42°96'70339"N; 074°58'8541"E)							
		42,35	–	14,7	21,28	39,55	8,05	24,5	3,15
7		Карагачевая роща (контрольная группа) (42°50.026"N)							
		12,1	0,6	4,2	6,08	11,3	2,3	7	0,9

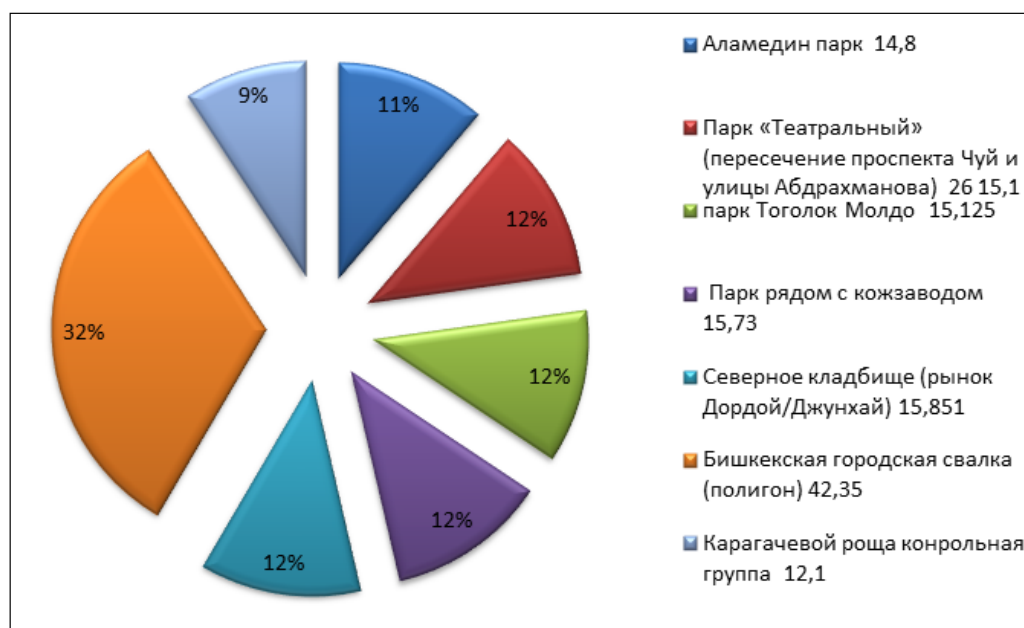


Рис. 3. Степень накопления тяжелых металлов в макромикетах исследуемых территорий (%)

Окружающая среда загрязняется еще и продуктами сгорания бензиновых и дизельных двигателей. Проблема усугубляется тем, что в Кыргызстане старый автопарк машин, от которых больше газовых выбросов переходят в атмосферу, также плохой экологический контроль автомашин, благодаря чему автовладельцы ездят без катализаторов, вследствие чего топливо полнее сгорает [14].

### Заключение

Самым загрязненным местом оказалась Бишкекская городская свалка, отсутствие сортировки и переработки мусора сильно загрязняет среду и может привести к экологической катастрофе. Необходимы сортировка и переработка мусора. Утилизация старых авто, ужесточение экологических требований к автомобилям в Кыргызстане. Также нужно проводить разъяснительную работу с населением о важности бережного отношения к природе и сортировке мусора.

### Список литературы

1. Ali H., Khan E., Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *J Chem.* 2019. P. 1–14.
2. Mosin L.V., Dovletyarova E.A., Ephraim S.J., Norvosuren J. Environmental risk of soil contamination with heavy metals (on the example of lead). *Izv. Penz. gos. pedagog. univ. im. i V.G. Belinskogo.* 2012. № 29. P. 383–386.
3. Odabasi M., Tolunay D., Kara M., Ozgunerge Falay E., Tuna G., Altioek H., Dumanoglu Y., Bayram A., Elbir T. Investigation of spatial and historical variations of air pollution around an industrial region using trace and macro elements in tree components. *Sci Total Environ.* 2016. V. 550. P. 1010–1021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.01.197.
4. Пельгунов А.Н., Пельгунова Л.А. Аккумуляция тяжелых металлов грибами на территории национального парка «Плещеево озеро» // Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. 2013. № 2. С. 215–219.
5. Falandysz J., Zhang J., Wang Y.-Z., Saba M., Krasinska G., Wiejak A., Li T. Evaluation of mercury contamination in fungi *Boletus* species from latosols, lateritic red earths, and red and yellow earths in the circum-Pacific mercuriferous belt of Southwestern China. *PLoS One.* 2015. V. 10(11). P. e0143608. DOI: 10.1371/journal.pone.0143608.
6. Mleczek M., Niedzielski P., Kalač P., Budka A., Siwulski M., Gąsecka M., Rzymiski P., Magdziak Z., Sobieralski K. Multielemental analysis of 20 mushroom species growing near a heavily trafficked road in Poland. *Environmental Science and Pollution Research* 23. 2016. P. 16280–16295.
7. Kojta A., Jarzyńska G., Falandysz J. Mineral composition and heavy metal accumulation capacity of Bay Bolete (*Xerocomus badius*) fruiting bodies collected near a former gold and copper mining area. *J Geochem Expl.* 2012. № 121. P. 76–82.
8. Мосолова С.Н., Приходько С.Л. Итоги и перспективы изучения грибов Кыргызстана. Бишкек, 2008. № 3. С. 81–86.
9. Мосолова С.Н. Микробиоты деревьев и кустарников Чуйской долины и северного склона Киргизского хребта. Фрунзе: Илим, 1987. 160 с.
10. Cai M., Hu R., Zhang K., Ma S., Zheng L., Yu Z., Zhang J. Resistance of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to combined heavy metals and potential application in municipal sewage sludge treatment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2018. P. 1559–1567.
11. Falandysz J. Distribution of mercury in Gypsy *Cortinarius caperatus* mushrooms from several populations: an efficient accumulator species and estimated intake of element. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2014. 110. P. 68–72.
12. Кульнев А.Д., Волков А.А. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом // Фундаментальная и прикладная наука: новые вызовы и прорывы: сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет. Петрозаводск: Международный центр научно-го партнерства «Новая Наука», 2020. С. 347–350.
13. Siric I., Kasap A., Bedekovic D., Falandysz J. Lead, cadmium and mercury contents and bioaccumulation potential of wild edible saprophytic and ectomycorrhizal mushrooms. Croatia. *J. Environ Sci Health.* 2017. V. 52 (3). 2017. P. 156–165. DOI: 10.1080/03601234.2017.1261538.
14. Saba M., Falandysz J., Nnorom I.C. Accumulation and distribution of mercury in fruiting bodies by fungus *Suillus luteus* foraged in Poland, Belarus and Sweden. *Environ Sci Poll Res.* 23. 2016. P. 2749–2757.