

## НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-ДЕРЕВО-ГРИБ» В ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ

**В статье приводятся результаты изучения накопления цинка, меди, марганца, железа в системе «почва-дерево-гриб» в условиях Южного Приуралья. В почве отмечено высокое содержание Fe, Mn, в древесине березы – Mn, в плодовых телах *Fomes fomentarius* – Zn, Fe, Cu. В системе «почва-дерево-гриб» отмечено возрастание количества цинка и меди. Индексы аккумуляции плодовыми телами всех тяжелых металлов, кроме меди, достаточно низкие.**

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, цинк, медь, железо, марганец, аккумуляция, система «почва-дерево-гриб», *Betula pendula*, дереворазрушающие грибы, *Fomes fomentarius*, лесные экосистемы, Южное Приуралье.

Компоненты биогеоценозов связаны между собой круговоротом вещества и энергии, образуя биогеохимические циклы, включающие в себя инертные вещества земной коры, почвенный покров, продуценты, консументы разных порядков и редуценты. Устойчивое функционирование этих циклов сохраняется за счет постоянства отдельных блоков биогеоценозов, по крайней мере, в плане постоянства выполнения свойственных им функций. Потеря же устойчивости может быть обусловлена как изменением структурных характеристик отдельных компонентов биогеоценозов, так и нарушением поступления в круговорот отдельных элементов.

Одним из наиболее ярких примеров экзогенных воздействий, приводящих к нарушению устойчивости биогеоценозов, является антропогенное (техногенное) загрязнение среды тяжелыми металлами, многие из которых являются токсичными для живых организмов и, в любом случае, нарушают баланс биогеохимических циклов.

Для объективной оценки степени воздействия этих поллютантов на биогеоценозы, необходимы исследования не только накопления тяжелых металлов отдельными группами живых организмов. Актуальным является и оценка миграции этих элементов между функциональными блоками биогеоценозов. Одним из перспективных объектов для подобных исследований является система «почва-дерево-гриб». Для высших растений одним из важнейших факторов, определяющих успешный рост и развитие растений, а также выполнение ими экосистемных функций, является эдафический фактор. Химический состав почвы и ее физические характеристики во многом определяют видовой состав и

состояние произрастающих на ней растений; при этом она сама является продуктом деятельности широкого круга организмов, в том числе растений, животных, грибов и бактерий.

Поступление в почву избыточного или недостаточного количества каких-либо элементов влияет на организмы, обитающие в ней и на ней, «передавая» часть «излишков» далее по цепи питания – растениям, животным, а затем и редуцентам – грибам и бактериям.

В основе рассматриваемой системы «почва-дерево-гриб» лежит цепь, в пределах которой от уровня к уровню происходит передача вещества и энергии, с учетом неизбежных потерь на метаболизм. Так, например, вещества, ассимилируемые ксилотрофными грибами в процессе деструкции древесины, составляют около 97% от исходной массы древесины; около 70% ассимилированных веществ затрачивается грибами на энергетический обмен, примерно 20% – на конструктивный обмен [20].

Нами сформулирована гипотеза исследования, согласно которой по мере перехода от звена к звену в системе «почва-дерево-гриб» происходит накопление тяжелых металлов в организмах, представляющих последовательные звенья цепи. При этом мы исходили из позиции, что в условиях отсутствия явного источника техногенного (в частности – аэротехногенного) загрязнения, источником накапливаемых тяжелых металлов могут быть только организмы, находящиеся на предыдущих ступенях трофической пирамиды. В обратном случае, тяжелые металлы поглощались бы растениями и грибами из воды и воздуха и детерминация тяжелых металлов, поступающих по тро-

фической цепи с одной стороны, от поглощенных из среды с другой стороны, была бы весьма проблематична.

Целью нашего исследования было определение характеристик миграции ряда тяжелых металлов в трофической цепи «дерево-гриб» для установления закономерностей их накопления. В связи с этим были сформулированы задачи, включающие изучение условий среды района исследований, определение содержания подвижных форм и валового содержания ряда тяжелых металлов в почвах, в древесине и в плодовых телах грибов, вызывающих гниение этой древесины, а также анализ взаимосвязей между выявленными величинами.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве контроля при изучении миграции и накопления тяжелых металлов в лесных экосистемах, подверженных техногенному загрязнению.

### **Материалы и методы**

В качестве района исследований была выбрана территория Троицкого лесного заказника, расположенного в северной части Тюльганского района Оренбургской области.

Тюльганский район расположен на севере центральной части Оренбургской области. Район целиком располагается Предуральском прогибе и его геологическое строение весьма неоднородно. В западной и юго-западной частях района водоразделы сложены, как правило, татарскими и казанскими песчаниками, известняками, алевролитами и аргиллитами пермской системы. Интенсивное заполнение синклиналей оседания шло в угленосную олигоцен-миоценовую эпоху, когда, наряду с песками и глинами, шло накопление мощных залежей из отмершей растительности – будущих бурых углей Южноуральского бассейна [21]. Общий характер рельефа западной части района – равнинно-увалистый, в восточной – холмисто-низкогорный.

Климат района с выраженной континентальностью. В районе выпадает максимальное для Оренбургской области количество осадков – до 550-600 мм в год. Продолжительность безморозной периода не превышает 120 дней, а сумма температур вегетационного периода выше + 10 °С составляет на различных участках 2400 – 2500 °С [21].

Почвенный покров в районе исследований представлен различными разновидностями горных темно-серых почв и выщелоченных черноземов. Лесистость района достаточно высока для Оренбургской области; леса преимущественно приурочены к северо-восточной части района. На северо-востоке вершины сыртов и склоны северной и западной экспозиции прячутся в темной зелени лесов. Старые дубовые леса с примесью вяза, остролистного вяза, остролистного клена и липы чередуются с разреженными березовыми рощами [10].

Выбор данной территории для проведения исследований определяется его значительной лесистостью и сравнительно низкими антропогенными нагрузками на лесные экосистемы, которые представлены рубками разных типов, рекреационной деятельностью, а также отсутствием в непосредственной близости от изучаемых экосистем промышленных предприятий, за исключением Тюльганского буроугольного разреза, влияние которого на прилегающие территории имеет локальный характер.

Сбор образцов проводился в мелколиственных лесах Троицкого заказника, существенно удаленных от населенных пунктов и испытывающих минимальное антропогенное воздействие. В частности, были собраны образцы в березняках в 252, 256, 259 кварталах Ташлинского лесничества Тюльганского лесхоза. Преимущественно были обследованы березняки разнотравные и разнотравно-снытевые, наиболее распространенные в регионе [18].

В качестве объекта исследований были выбран трутовик настоящий – *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr., космополитный вид, широко распространенный в лесах Южного Приуралья и отмеченный на всех родах лиственных древесных растений в регионе [15, 17, 25]. Выбор *Fomes fomentarius* в качестве объекта исследований определяется рядом аргументов: широкая экологическая валентность вида, подтверждаемая его широким распространением в мире; наличие крупных многолетних плодовых тел, повышающих его учетный потенциал [16].

С точки зрения экологической принадлежности, вид относится к трофической группе ксилотрофных (дереворазрушающих) сапротрофов, производящих деструкцию стойких лигноцеллюлозных соединений за счет наличия комплекса специфических ферментов. Они спо-

собны без помощи других организмов произвести в относительно короткие сроки полную утилизацию древесной мортмассы [20].

Эта экологическая группа грибов достаточно многочисленна. По данным А.Г.Ширяева с соавторами [24], на территории Урала отмечено 944 вида афиллофороидных грибов, из которых 311 видов относятся к трутовым. По мнению некоторых микологов, максимальные концентрации тяжелых металлов накапливаются именно в плодовых телах ксилотрофных грибов [22, 23]. Вероятно, это определяется тем, что основное количество тяжелых металлов в корне локализуется в стенках клеток ризодермы и первичной коры, а в центральном цилиндре они находятся главным образом в сосудах ксилемы и их стенках, а так же в паренхимных клетках, которые окружают сосуды ксилемы [2, 8]. Именно в этой части растения располагается мицелий гриба, происходит микогенная деструкция; следовательно, высока вероятность поступления этих тяжелых металлов в гриб.

Для анализа содержания тяжелых металлов было отобрано 8 почвенных образцов, 27 образцов древесины с экземпляров березы, на которых были обнаружены базидиомы трутовика настоящего, и 32 плодовых тела трутовика настоящего. Сбор образцов осуществляли в сентябре 2012 г.

В качестве параметров исследований было выбрано содержание в образцах ряда тяжелых металлов, а именно: меди, железа, марганца и цинка. Выбор этих элементов для контроля обусловлен их достаточно широким распространением в региональных экосистемах с одной стороны, и их важной ролью в функционировании грибов, как важнейшей части системы редуцентов, с другой [1]. Марганец входит в состав лигнинпероксидазы [7, 11], медь – в состав лакказ [7], железо и медь входят в состав оксидоредуктаз [4]. Исследованиями установлено, что, в отличие от других экологических (трофических) групп грибов, ксилотрофные макромицеты склонны к аккумуляции металлов переменной валентности (железо, марганец и хром). Так, в базидиомах представителей данной группы макромицетов среднее содержание железа более чем в 2 раза превышает таковое в базидиомах представителей других эколого-трофических групп [5]. В то же время значительная аккумуляция вышеупомянутых металлов отмечена

и у других групп грибов, в частности – у болезнетворных [3].

Что касается тяжелых металлов, традиционно используемых для мониторинга качества среды (свинец, кобальт, никель), то предварительные исследования показали, что в районе исследований плодовых телах грибов присутствуют лишь следы этих элементов.

Анализ образцов плодовых тел грибов при оценке содержания тяжелых металлов осуществляли при помощи атомно – абсорбционно-го спектрометра «Квант – 2А» согласно методическим указаниям (РД 52.18.289-90. Методика..., 1990). Химический анализ образцов на содержание тяжелых металлов путем анализа водной вытяжки из почвы и мокрым озолением для прочих образцов с последующим анализом на атомно-сорбционном спектрофотометре согласно следующим методикам: ГОСТ 30692-2000 – корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия; методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Исследования проводились в аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области».

Статистический и математический анализ данных проводился с использованием стандартных программ.

### Результаты и обсуждение

В районе исследований, который может быть отнесен к условно не загрязненным территориям региона, практически единственным источником тяжелых металлов является почва, содержание в которой тяжелых металлов определяется химическим составом почвообразующих горных пород. Особое значение с точки зрения поступления тяжелых металлов в растения имеет концентрация подвижных соединений этих элементов [2, 14, 19].

Больше всего подвижных форм тяжелых металлов в почвах образует марганец, вторая группа элементов с высоким содержанием подвижных форм – кобальт, никель, медь, цинк и свинец [2, 12, 19].

Анализ содержания ряда тяжелых металлов в почвах обследованных площадок показал превалирование в образцах железа и марганца;

среди подвижных форм явно преобладает марганец (рис.1).

Для деревьев, как и для прочих растений, доступны именно подвижные формы элементов, присутствующие в почве. Это подтверждается значимо высокой корреляцией (0,89) между концентрациями подвижных форм тяжелых металлов в почве и образцах древесины. При этом в древесине березы концентрация марганца существенно варьировала в зависимости от конкретного локалитета, а концентрация меди оставалась во всех случаях более-менее постоянной (рис.1).

Анализ концентрации рассматриваемых элементов в плодовых телах *Fomes fomentarius* показал относительно высокое содержание во всех изученных образцах цинка и железа; при этом абсолютное количество этих металлов в образцах варьирует наиболее существенно (табл. 2). Не смотря на это, эти металлы занимают ведущие места в плодовых телах всех изученных локалитетов по сравнению с другими элементами (рис.2).

Высокое содержание цинка в плодовых телах трутовика настоящего определяется его использованием для постороения белков гриба; важное значение этого элемента для формирования биомассы грибов доказано экспериментально [6]. Накопление грибом меди, в сравнении с древесиной, можно, вероятно, объяснить вхождением этого элемента в состав ферментов, обеспечивающих деструкцию целлюлозы. Что же касается марганца, то он является необходимым компонентом для формирования Mn-пероксидазы – одного из ключевых ферментов участвующих в разложении полимерного лигнина. Активность Mn-пероксидазы полностью зависит от наличия  $Mn^{2+}$ , ко-

Таблица 1. Содержание ряда тяжелых металлов в почвах района исследований, мг/кг

Элементы	Валовая форма	Подвижная форма
Fe	21928,00 ± 1108,6	28,68 ± 4,7
Mn	519,20 ± 36,4	58,80 ± 5,1
Zn	59,40 ± 3,8	1,93 ± 0,5
Ni	56,80 ± 11,1	3,98 ± 1,2
Pb	13,60 ± 1,1	0,62 ± 0,1
Cu	12,20 ± 1,8	0,16 ± 0,04
Co	8,94 ± 0,9	0,27 ± 0,1
Cd	0,41 ± 0,04	0,12 ± 0,01

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в плодовых телах *Fomes fomentarius*

Показатели	Элементы			
	Zn	Fe	Cu	Mn
Среднее	42,78±3,61	29,67±2,90	12,21±1,12	8,38±1,63
Lim	26,8–81,5	14,4–45,3	4,72–19,8	1,26–18,19
$\sigma^2$	209,05	126,49	21,24	39,91

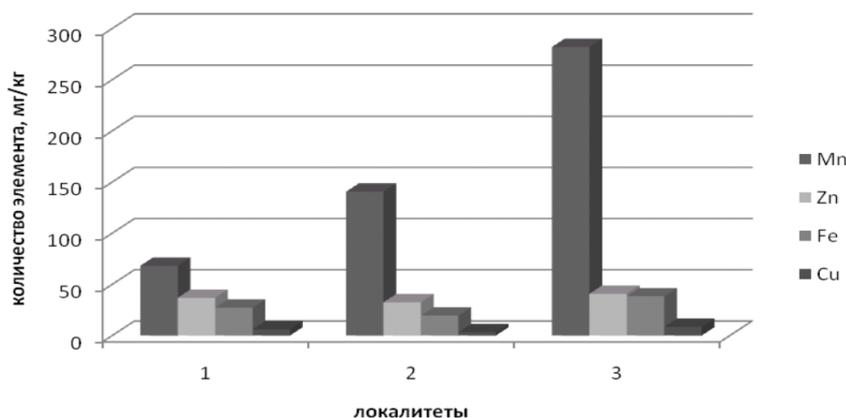


Рисунок 1. Среднее содержание ряда тяжелых металлов в древесине *Betula pendula* Roth. в изученных локалитетах, мг/кг

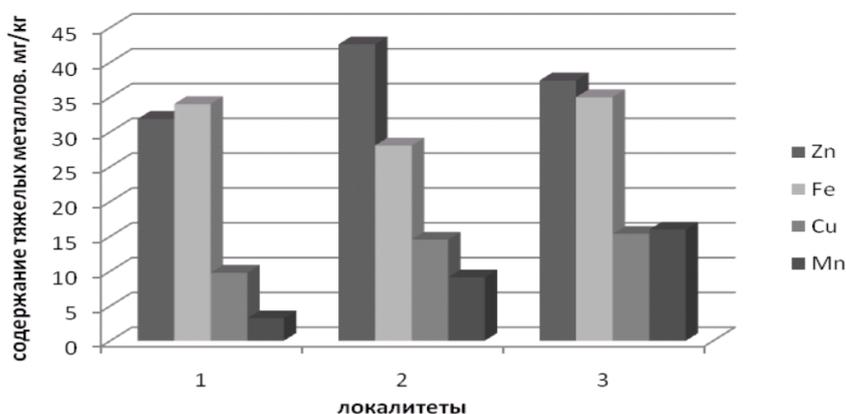


Рисунок 2. Среднее содержание ряда тяжелых металлов в плодовых телах *Fomes fomentarius* в изученных локалитетах, мг/кг

торый окисляется ферментом до  $Mn^{3+}$ , который, будучи сильным окислителем, далее окисляет различные вещества [9]. Логично было бы предположить, что в грибе содержание этого элемента должно быть достаточно высоким, однако нашими исследованиями это не подтверждается. Возможная причина этого – анализ образцов плодовых тел, в то время как ферментная система активно работает в древесине, и именно там отмечена наиболее высокая содержания этого элемента.

Сравнение полученных данных о концентрациях тяжелых металлов в отдельных компонентах системы «почва-дерево-гриб» позволило выявить некоторые тенденции накопления и миграции этих элементов внутри рассматриваемой системы. Сопоставление содержания цинка, меди, железа и марганца в образцах (рис.3) показало, что в системе относительно постоянным остается концентрация железа ( $Lim$  25,6 – 29,7 мг/кг). Количество цинка и меди в системе возрастает. Количество марганца существенно (в 2,7 раза) возрастает от почвенных образцов к образцам древесины, однако в плодовых телах его содержание в среднем в 18 раз меньше, чем в древесине.

При этом, однако, наблюдается достоверная корреляция (0,647-0,952) между относительным содержанием этих металлов в древесине и плодовых телах грибов. Описанная тенденция является общей для всех изученных локалитетов, варьируя лишь по силе проявления. В качестве примера на рисунке 4 приведены графики изменения количества элементов в системе в одном из локалитетов.

Для оценки миграции тяжелых металлов из древесины в плодовые тела грибов нами были рассчитаны индексы аккумуляции, представляющие собой отношение концентрации элемента в плодовом теле к концентрации его в субстрате. Аналогичные индексы были рассчитаны ранее Т.Н.Отнюковой с соавторами [13] для окрестностей г.Красноярска по отношению к агарикоидным грибам

– гумусовым и подстилочным сапротрофам; при этом в качестве делителя выступала концентрация элемента в почве. Проведенные расчеты показали, что менее всего накапливается плодовыми телами марганец (значение индекса менее 0,1); индексы аккумуляции цинка и железа близки к единице; лишь в отношении меди отмечено явное накопление (табл.3).

Т.Н.Отнюкова с соавторами [13] также отмечали низкий уровень аккумуляции марганца плодовыми телами шляпочных грибов; значительное накопление остальных элементов, выб-

Таблица 3. Индекс аккумуляции ряда элементов плодовыми телами *Fomes fomentarius*

Локалитеты	Cu	Zn	Fe	Mn
1	1,594	0,865	1,251	0,047
2	4,340	1,311	1,438	0,065
3	1,785	0,916	0,912	0,057
Общее	2,554	1,087	1,200	0,054

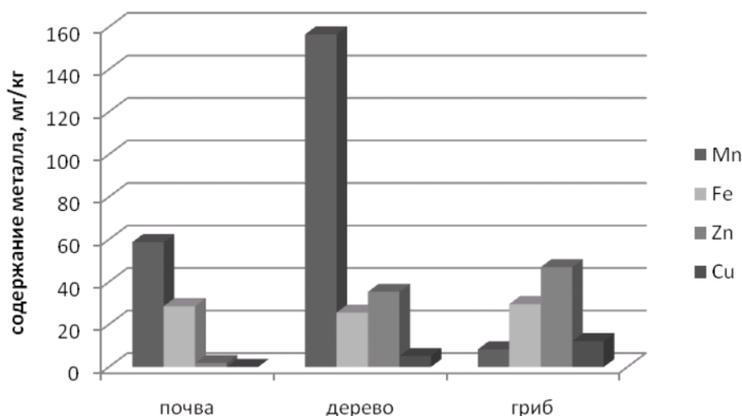


Рисунок 3. Среднее содержание ряда тяжелых металлов в образцах почвы, древесины, плодовых телах, мг/кг

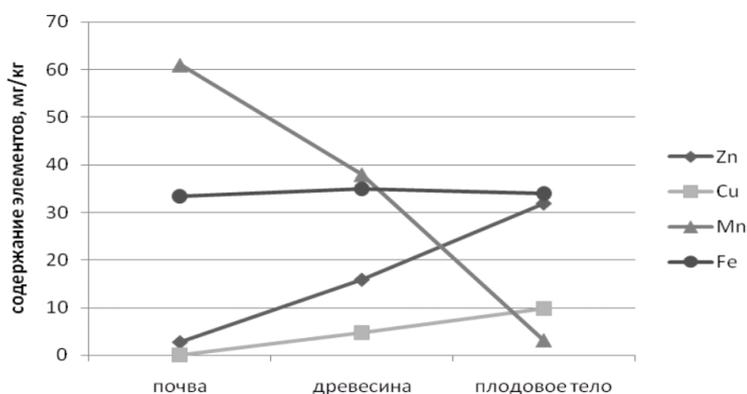


Рисунок 4. Изменение содержания исследуемых элементов в системе «почва-дерево-гриб» в березняке разнотравном в 256 кв. Ташлинского лесничества

ранных нами, авторы связывают с видовой спецификой изученных ими грибов. Как можно видеть из данных, приведенных в таблице 3, в изученных локалитетах тенденция аккумуляции всех элементов, кроме меди, остается постоянной. Медь активно накапливается в плодовых телах трутовика настоящего лишь в одном из изученных локалитетов.

### **Заключение**

Из вышеприведенных данных можно сделать вывод, что даже в условиях минимального техногенного воздействия в лесных экосистемах Южного Приуралья накапливаются тяжелые

металлы. Они выполняют важную роль в функционировании отдельных компонентов этих экосистем, передаваясь по трофической цепи. Особенно тесно связаны процессы аккумуляции тяжелых металлов в древесине и в плодовых телах ксилотрофных грибов. Из числа анализируемых тяжелых металлов наибольший индекс аккумуляции отмечен для меди.

Полученные данные должны стать «точкой отсчета» для анализа аналогичных процессов накопления и миграции тяжелых металлов в экосистемах региона и объективной оценки нарушений этих процессов в условиях повышенной антропогенной нагрузки.

30.01.2013

### **Список литературы:**

1. Беккер, З.Э. Физиология грибов и их практическое использование / З.Э. Беккер. М.: Изд-во Московского университета, 1963. 269 с.
2. Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии: Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов: учеб. пособие / Л.В. Гарибова, С.Н. Лекомцева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 224 с.
3. Гродзинская А.А., Самчук А.И. Мультиэлементный анализ представителей порядка Boletales методом масс-спектрометрии // Иммунопатология, аллергология, инфектология, 2010, №1. С.245-246.
4. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты: В 3 т. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 960 с.
5. Иванов А.И., Костычев А.А., Скобанев А.В. Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп // Поволжский экологический журнал. – 2008. №3. – С. 190 – 199.
6. Иванова Т.С., Антоненко Л.А., Бисько Н.А., Яценко О.В., Митропольская Н.Ю., Клечак Н.Р. Влияние нанометаллов на рост лекарственных грибов // Микробиологическая биотехнология – наукоёмкое направление современных знаний: Conf.?t. Intern., Chi?inau, Moldova, 6-8 iul. 2011 / com. org.: Liliana Cepoi [et al.]. – Ch.: „Elena-V.I.» SRL, 2011. – С.167-168.
7. Королева О.В. Лакказы базидиомицетов: свойства, структура, механизм действия и практическое применение. – автореф. дисс. ... д.б.н. – М.: Ин-т биохимии РАН. 2006 – 52 с.
8. Кутафьева Н.П. Морфология грибов: учеб. пособие для студ. вузов, общ. по спец. Биология. / Н.П. Кутафьева. – 2-е изд. исп. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2003. – 215 с.
9. Лисов А.В. Окисление устойчивых соединений гибридной Мп-пероксидазой в присутствии медиаторов // материалы Международной школы-конференции молодых ученых «Биотехнология будущего». М.: Авиаздат, 2006. – С.53
10. Мильков, Ф.Н. Леса Чкаловской области / Ф.Н.Мильков // Очерки физической географии Чкаловской области. – Чкалов: Чкаловское кн.изд-во, 1951. – С.102-139.
11. Никитина О.В. Внеклеточные оксидоредуктазы лигнинолитического комплекса базидиального гриба *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilat – автореф. дисс. ... к.б.н. – М.: Ин-т биохимии РАН. 2006 – 26 с.
12. Никифорова Е.М., Горбунова Л.И. Эколого-геохимическая оценка последствий химизации почв Западного Подмосковья // Почвоведение, 2001 г., №1. – С.105 – 117.
13. Отнюкова Т.Н., Жижжаев А.М., Кутафьева Н.П., Дутбаева А.Т. Макромицеты как биоиндикаторы загрязнения окружающей среды территории г. Красноярска и его окрестностей // Вестник Крас ГАУ. 2012. №11. – С.101-113
14. Рабинович М.Л., Болобова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов: В 2 кн., Кн. Древесина и разрушающие ее грибы. / М.Л. Рабинович, А.В. Болобова, В.И. Кондращенко; под ред. М.Л. Рабинович. М.: Наука, 2001.– 264 с.
15. Сафонов М.А. Трутовые грибы (Polyporaceae s.lato) лесов Оренбургской области // Микология и фитопатология. Т.33, вып.2, 1999. С. 75-80.
16. Сафонов М.А. Структура сообществ ксилотрофных грибов. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 269 с.
17. Сафонов М.А. Ресурсный потенциал биоты ксилотрофных грибов на примере Южного Приуралья. – Gamburg: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 388 с. ISBN 978-3-8454-7209-6
18. Сафонова Т.И. Ксилотрофные грибы березовых лесов Южного Приуралья /Материалы к микобиоте Южного Приуралья. – Gamburg: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 136 с. ISBN 978-3-8465-4864-6
19. Сеница А.П. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов: учеб. пособие / А.П. Сеница, А.В. Гусаков, В.М. Черноглазов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
20. Степанова, Н.Т. Основы экологии дереворазрушающих грибов / Н.Т.Степанова, В.А.Мухин. – М.: Наука, 1979. – 100 с.
21. Чибилев, А.А. Тюльганский район Оренбургской области/ Краеведческий атлас/ А.А. Чибилев, О.С. Руднева, В.М. Павлейчик. – Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2008. – 40 с.
22. Чураков Б.П., Зырянова У.П., Пантелеев С.В., Морозова Н.В. Тяжелые металлы в представителях различных эволюционных групп грибов // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38, вып. 2. С. 68 – 77.
23. Чураков Б.П., Лисов Е.С., Евсеева Н.А., Божок Л.Л. Микоиндикация загрязнения лесных экосистем тяжелыми металлами // Микология и фитопатология. 2000. Т. 34, вып. 2. С. 57 – 61.
24. Ширяев А.Г., Мухин В.А., Котиранта Х., Ставищенко И.В., Арефьев С.П., Сафонов М.А., Косолапов Д.А. Биоразнообразие афиллофоровых грибов Урала // Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий. – Матер. Всеросс. конф. с междунар. участием. – Екатеринбург, 28 мая – 1 июня 2012 г., – Екатеринбург: Ющницкий, 2012. – С.311-313.
25. Safonov, M.A. Wood-inhabiting aphylloroid fungi of the Southern Preurals (Russia) / M.A.Safonov // Mycena. – 2006. – V.6. – P.57-66.

Сведения об авторах:

**Сафонов Максим Анатольевич**, профессор кафедры общей биологии  
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук,  
e-mail: safonovmaxim@yandex.ru

**Шамраев Александр Владимирович**, доцент кафедры общей биологии  
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук  
e-mail: user\_55@mail.ru

**Дволучанская Юлия Вячеславовна**, студентка химико-биологического факультета  
Оренбургского государственного университета, e-mail: kuudrua@mail.ru

**Башкатова Елена Владимировна**, аспирант Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13

**UDC 582:581.5: 581.93**

**Safonov M.A., Shamraev A.V., Dvoluchanskaya J.V., Bashkatova E.V.**

Orenburg state university, e-mail: safonovmaxim@yandex.ru

**ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE SYSTEM «SOIL-TREE-FUNGUS» IN THE SOUTHERN PREURALS**

The article presents the results of a study of the accumulation of zinc, copper, manganese, iron in the system «soil-tree-fungus» at the conditions of Southern Preurals. In the soil noted the high content of Fe, Mn, in birch wood – Mn, in the fruit bodies of *Fomes fomentarius* – Zn, Fe, Cu. In the system «soil-tree-fungus» noted increase in the quantity of zinc and copper. Indices of accumulation of fruit bodies of all heavy metals, in addition to copper, are quite low.

Key words: heavy metals, zinc, copper, iron, manganese, accumulation, «soil-tree-fungus» system, *Betula pendula*, wood-destroying fungi, *Fomes fomentarius*, forest ecosystems, Southern Preurals.

**Bibliography**

1. Becker, Z.E.. Physiology of fungi and their practical use / Z.E.. Becker. M.: Publishing house of the Moscow University, 1963. 269 p.
2. Garybova L.V., Lekomtseva S.N. The basis of Mycology: Morphology and systematics of fungi and fungi-like organisms. Moscow: A partnership of scientific publications KMK; 2005. – 224 p.
3. Grodzynskaya A.A., Samchuk A.I. Multielemental analysis of representatives of the approximately Boletales by the method of mass-spectrometry // Immune pathology, Allergology, Infectology, 2010. – N1. Pp.245-246.
4. Dixon M., Webb E. Enzymes: In 3 vol. – Moscow: Myr, 1982. 960 p.
5. Ivanov A.I., Kostychev A.A., Skobanev A.V. Accumulation of heavy metals and arsenic by basidiomycetes of various ecologically and taxonomic groups of fungi // Volga ecological journal. – 2008. №3. – Pp.190 – 199.
6. Ivanova T.S., Antonenko L.A., Bisko N.A., Yashchenko O.V., Mitropolskaya N.Yu., Klechak E.N. The impact of nanometals on the growth of the medicinal fungi // Microbiological biotechnology is the science – intensive direction of modern knowledge: Conf. Intern., Chişinău, Moldova, 6-8 iul. 2011 / com. org.: Cepoi Liliana [et al.]. – Ch.: „Elena-V.I.» SRL. 2011. – Pp.167-168.
7. Koroleva O.V. Laccases of basidiomycetes: properties, structure, mechanism of action and application. – Diss.... Biol. – M.: Inst. of biochemistry of RAS, 2006. – 52 p.
8. Kutafieva N.A. Morphology of mushrooms. – 2nd Ed. – Novosibirsk: Siberian University publishing house, 2003. – 215 p.
9. Lisov A.V. Oxidation resistant compounds hybrid Mn-peroxidase in the presence of mediators // Materials of the International school-conference of young scientists «Biotechnology of the future». Moscow: Aviaizdat, 2006. – P.53
10. Milkov, F.N.. Forests of the Chkalov region // Essays on the physical geography of Chkalov region. – Tchkalov: Chkalovskoye Publ. House, 1951. – Pp. 102-139.
11. Nikitina, O.V. Extracellular oxidoreductase of ligninolytic complex of basidial fungi *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilat – Diss.... Dr. – Moscow: Inst. of biochemistry of RAS. 2006. – 26 p.
12. Nikiforova E.M., Gorbunova L.I. Ecological-geochemical assessment of the chemical impact on soil of Moscow region West // Pochvovedenie, 2001. №1. – Pp.105 – 117.
13. Otnyukova T.N., Dzydzyaev A.M., Kutafieva N.A., Dutbaev A.T. Macromycetes as bioindicators of environmental pollution the territory of the city of Krasnoyarsk and its suburbs // Bulletin of the Krasnojarsk University. 2012. №11. – Pp.101-113.
14. Rabinovich M.L., Bolobova A.V., Kondrashchenko V.I. Theoretical bases of biotechnology of wood composites: In 2 kn., Kn. Wood and wood-destroying fungi. / M.L.. Rabinovich, A.. Bolobova, V.I. Kondrashchenko; ed. M.L.. Rabinovich. M.: Science, 2001.– 264 p.
15. Safonov M.A. Timber fungi (Polyporaceae s.lato) of the forests of the Orenburg region // Mikologiya i Fitopatologiya [Mycology and Phytopathology]. T.33, issue 2, 1999. Pp.75-80.
16. Safonov M.A. Structure of xylotrophic fungi communities. – Ekaterinburg: Ural branch of RAS Publ.House, 2003. 269 p.
17. Safonov M.A. The resource potential of the xylotrophic fungi biota at the example of the Southern Preurals. – Gamburg: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 388 p. ISBN 978-3-8454-7209-6
18. Safonova T.I. Xylotrophic fungi of birch forests of the Southern Preurals. – Data to the Southern Preurals mycobiota. – Gamburg: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 136 p. ISBN 978-3-8465-4864-6
19. Sinitisa, A.P. Bioconversion of linocellulose. – / A.P. Sinitisa, A.. Gusakov, V.M. Chernoglazov. – M.: Publishing house of the Moscow state University, 1995. – 224 p.