

УДК [(631.4+595.732.1):(504.064+638.1)](689.4)

ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ПРОВИНЦИИ КОППЕРБЕЛТ РЕСПУБЛИКИ ЗАМБИЯ ПО УРОВНЮ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ПЧЕЛОВОДСТВА

*Э. В. Ндайишимийе, О. В. Никитин, М. Н. Мукминов, Э. А. Шуралев
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»*

Отрасль пчеловодства Республики Замбия расширяется с использованием новых территорий. Однако в связи с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности антропогенная нагрузка на окружающую среду провинции Коппербелт усиливается, что оказывает влияние на экологические сообщества в этом регионе. Поэтому нами была поставлена задача: выявить содержание основных тяжелых металлов – загрязнителей окружающей среды в почве, определить уровень их накопления в донных отложениях и биогенных компонентах. Загрязнение тяжелыми металлами (медь, кобальт) особенно проявляется в северных районах провинции, что также сказывается на загрязнении реки Кафуэ, воды которой используют для орошения сельскохозяйственных земель. Накопительные свойства термитников (биогенные компоненты окружающей среды) указывают на потенциальную возможность проявления кумулятивной активности тяжелых металлов и в организмах пчел, а, следовательно, и в продуктах пчеловодства. Не рекомендуется размещать пасеки на территориях северных районов провинции.

Ключевые слова: почва, донные отложения, термитники.

ASSESS THE SUITABILITY OF THE COPPERBELT PROVINCE OF ZAMBIA FOR THE BEEKEEPING MANAGEMENT ACCORDING TO THE LEVEL OF POLYMETALLIC POLLUTION

E. W. Ndayishimiye, O. V. Nikitin., M. N. Mukminov, E. A. Shuralev

Beekeeping industry of the Republic of Zambia is expanding with new territories. Due to the intensive development of the mining industry, the environment in the Copperbelt province feels a strong anthropogenic pressure that affects ecological communities in that region. Thereby, we have been tasked to identify the main content of heavy metals-environmental pollutants in the soil, to determine their level of accumulation in sediments and in biogenic components. Contamination by heavy metals (copper, cobalt) is particularly evident in the northern parts of the province, which also affects the pollution of the Kafue River. Accumulating properties of termite mounds (biogenic components of the environment) indicate the potential existence of cumulative activity of heavy metals in the bees also and hence in bee products. It is not recommended the placement of apiaries on the territories of the province northern regions.

Key worlds: soil, sediment, termite mounds.

Введение

Действие тяжелых металлов антропогенного происхождения на окружающую среду проявляется в нарушении биогео-

ценозов техногенно нагруженных территорий. Вследствие загрязнения атмосферного воздуха, воды и почвы кумулятивная активность проявляется на всех уровнях

трофической цепи – растения, пчелы, продукты пчеловодства. В связи с запуском в Замбии национальной программы по совершенствованию отрасли пчеловодства и увеличению числа пчелосемей, финансируемой Transformation Business Network [7], становится особенно актуальной оценка безопасности размещения пасек на территориях некоторых районов. Замбия имеет самую высокую плотность диких пчелиных семей в мире [5]. Богатая флора лесных массивов провинции Южная создает предпосылки развития отрасли пчеловодства в этом регионе с устойчивым лесопользованием. Медоносы широко представлены такими источниками нектара, как растения родов Брахистегия, Джулбернардия и Изоберлиния подсемейства Цезальпиниевые, семейства Бобовые [4], которые предпочитают дикие пчелы.

Река Кафуэ берет начало в болотистых местах районов Чилилабомбве и Чингола провинции Коппербелт, является левым притоком Замбези. Опасность загрязнения реки связана со стоками предприятий горнодобывающей промышленности провинции, содержащими медь, кадмий, ртуть, свинец. По данным Blacksmith Institute (Нью-Йорк, США), горно-обогательное предприятие Конкола провинции Коппербелт ежегодно производит более 93 000 т промышленных отходов [6], большинство из которых сбрасывается в реку Кафуэ. Исследования многих ученых указывают на биокумулятивные способности разных насекомых [1, 2], в том числе и термитов [8, 9].

Биогенные компоненты окружающей среды могут быть хорошими индикаторами ее загрязнения благодаря выраженной способности накапливать экотоксиканты. Так, ученые Sri Venkateswara University (г. Тирупати, штат Андхра-Прадеш, Индия) [3] выявили урановые скопления в термитниках, а биогеохимический параметр (коэффициент биологического поглощения) термитников указывает на тот факт, что они содержат химические элементы в количествах, во много раз превышающее количество по сравнению с прилегающими землями.

В связи с этим нами была поставлена задача – исследовать территорию провинции Коппербелт (Республика Замбия) с наибольшей антропогенной нагрузкой, выявить содержание основных тяжелых металлов – загрязнителей окружающей среды в почве, определить уровень их накопления в донных отложениях и биогенных компонентах.

Материалы и методы

Образцы почв, донных отложений и термитников отбирали в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. Исследования включали этап пробоподготовки в системе MARS Xpress закрытого типа (СЕМ) с последующим определением концентрации тяжелых металлов на оптическом эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu). Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 8.0.

Результаты исследований и обсуждение

Общая характеристика провинции Коппербелт. Провинция разделена на 10 районов (рисунок).

В районе Чилилабомбве функционирует горно-обогательное предприятие Конкола (рудник и обоганительная фабрика) на базе месторождения меди.

В районе Чингола осуществляют добычу цветных металлов в месторождении Нчанга – крупнейшем карьере по добыче меди в стране; горно-металлургический комбинат, расположенный рядом с месторождением.

В районе Муфулира находится шахта Муфулира (медный рудник), которая управляется компанией Morani Copper Mines.

В районе Калулуши развиты цветная металлургия, рудник Чилубульма (добыча меди, селена, кобальта), пищевая, лесная и химическая промышленность (производство пластмасс).

В районе Китве находятся крупные месторождения медных и медно-никелевых руд; крупнейший в стране медеплавиль-



Рисунок. Административное деление провинции Коппербелт

ный завод; предприятия машиностроительной, химической, мебельной, пищевой и швейной промышленности; аэропорт, крупная железнодорожная станция.

Район Луаншья обслуживает медный рудник «Roan Antelope».

В районе Ндола располагается административный центр провинции с инфраструктурой.

Три южных района провинции (Масаити, Лфаньяма и Мпонгве) слаборазвиты.

Таким образом, провинция Коппербелт отличается относительно высокой плотностью населения, интенсивной горнодобывающей и металлургической промышленностью, что влияет на экологическую обстановку региона.

Содержание металлов в почвах.

В исследованных образцах почв провинции Коппербелт кадмий, молибден, стронций, цинк, ртуть и мышьяк не выявлялись в концентрациях выше предела обнаружения.

В таблице приведена средняя концентрация некоторых металлов в образцах почв из разных районов провинции.

Было выявлено превышение ПДК по кобальту в образцах проб почв районов

Китве и Калулуши – соответственно $5,48 \pm 0,64$ и $12,80 \pm 1,75$ мг/кг. В среднем по провинции этот показатель составил $3,05 \pm 5,26$ мг/кг.

Высокий уровень меди отмечался в Китве, Чилилабомбве и Калулуши – соответственно $645,80 \pm 85,74$, $129,60 \pm 7,26$ и $145,00 \pm 65,16$ мг/кг, что объясняется развитостью медьдобывающей промышленности в этом регионе как в Замбии, так и в сопредельных государствах. В среднем по провинции уровень меди в почвенных образцах составил $158,18 \pm 247,06$ мг/кг.

Загрязнение свинцом проявляется лишь в отдельных точках провинции, где отбирались пробы почв для исследования. На загрязнение территорий районов Китве и Чилилабомбве свинцом указывают его высокие концентрации в пробах почв – соответственно $2,35 \pm 2,29$ и $14,50 \pm 10,34$ мг/кг.

В районах Чилилабомбве, Ндола и Масаити были слегка завышены концентрации хрома – соответственно $7,50 \pm 0,78$, $15,30 \pm 9,70$ и $8,15 \pm 0,55$ мг/кг.

Наиболее высокие концентрации железа были установлены в районах Калулуши и Ндола – до 25060 ± 11100 мг/кг.

Таблица

Содержание некоторых металлов в образцах почв провинции Коппербелт ($M \pm m$, 95%ДИ)

Металлы	Районы провинции Коппербелт						
	Китве	Чилилабомбве	Калулуши	Луаншья	Ндола	Масаити	Среднее по провинции
Co	5,48±0,64 (4,46-6,49)	< п.о.	12,80±1,75 (10,01-15,59)	< п.о.	< п.о.	< п.о.	3,05±5,26
Cr	3,65±1,89 (0,64-6,66)	7,50±0,78 (6,27-8,73)	4,13±1,62 (1,55-6,71)	2,43±1,44 (0,13-4,72)	15,30±9,70 (< п.о.-30,74)	8,15±0,55 (7,27-9,03)	6,87±4,71
Cu	645,80±85,74 (509,38-782,23)	129,60±7,26 (118,05-141,15)	145,00±65,16 (41,32-248,68)	9,93±6,18 (0,10-19,75)	18,70±8,97 (4,43-32,97)	0,13±0,10 (< п.о.-0,28)	158,18±247,06
Fe	2804±753 (1606-4002)	2567±881 (1165-3969)	25060±11100 (7398-42722)	4103±2492 (138-8069)	22679±13896 (567-44791)	3505±768 (2283-4727)	10120±10691
Ni	30,97±6,05 (21,36-40,60)	45,03±7,04 (33,82-56,23)	8,63±3,21 (3,52-13,73)	10,93±5,51 (2,16-19,69)	30,23±16,31 (4,28-56,17)	51,75±5,87 (42,42-61,08)	29,59±17,43
Pb	2,35±2,29 (< п.о.-5,99)	14,50±10,34 (< п.о.-30,96)	< п.о.	< п.о.	< п.о.	< п.о.	2,81±5,80

Средний уровень никеля в провинции Коппербелт составил $29,59 \pm 17,43$ мг/кг.

Таким образом, выявлены превышающие ПДК концентрации кобальта и меди в образцах почв районов Китве, Чилилабомбве и Калулуши.

Исследования реки Кафуэ. Установлено, что коэффициент накопления кобальта и меди в донных отложениях устья реки Кафуэ составил соответственно 3,7 и 6,0, что указывает на загрязнение воды отходами горнодобывающих предприятий провинции Коппербелт. Помимо кобальта ($50,85 \pm 30,95$ мг/кг) и меди ($2264,53 \pm 879,08$ мг/кг), в донных отложениях реки были выявлены хром – $3,78 \pm 1,38$ мг/кг, никель – $20,90 \pm 6,66$ мг/кг и железо – $12168,35 \pm 2383,39$ мг/кг.

Таким образом, подтверждается существование экологической проблемы, связанной с загрязнением реки Кафуэ, что особенно проявляется в кумуляции меди и кобальта в донных отложениях.

Накопление металлов в термитниках. Исследованиями в районе Луаншья провинции Коппербелт установлено, что медь и железо накапливаются в термитниках. Содержание меди в почве данного района составило 9,9 мг/кг, а в термитниках – в 4 раза выше, 39,4 мг/кг. Уровень железа в термитниках превышал тако-

вой в почвах в 2,7 раза – соответственно 11165 и 4103 мг/кг. Расширенные данные о биокумулятивных свойствах термитников, в частности их способности накапливать кобальт, хром, никель, молибден и цинк, были получены нами при исследовании провинции Южная Республика Замбия, результаты которых будут представлены в последующих публикациях.

Исследования подтвердили кумулятивные способности термитников, которые могут использоваться в биоиндикации загрязнения окружающей среды.

Заключение

Горнодобывающая и металлургическая промышленность провинции Коппербелт влияет на экологическую обстановку в регионе. Выявленные превышающие ПДК концентрации кобальта (до 12,80 мг/кг) и меди (до 645,80 мг/кг) в образцах почв районов Китве, Чилилабомбве и Калулуши также создают экологические проблемы, связанные с загрязнением реки Кафуэ, что особенно проявляется в кумуляции этих металлов в донных отложениях, коэффициент накопления в которых составил 3,7 для кобальта и 6,0 для меди. Наряду с этим установлено, что содержание меди в термитниках было в 4 раза, а железа – в 2,7 раза выше,

чем в почвах. Подтвержденные биоккумулятивные способности термитников могут быть использованы с целью биоиндикации загрязнения окружающей среды. Полиметаллическое загрязнение северных районов провинции Коппербелт свидетельствуют о неблагоприятных условиях для размещения на них псек.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Chibesa Moses, заведующему кафедрой зоо-

логии и водных наук факультета природных ресурсов Университета Коппербелт (г. Китве, Замбия), Evgeniy G. Lobachyov, представителю инженерного департамента G&G Bakery Ltd (г. Китве, Замбия), профессору В. З. Латыповой, заведующей кафедрой прикладной экологии КФУ за консультативную и техническую помощь во время проведения исследований, а также инженеру кафедры прикладной экологии КФУ М. Н. Ежковой за помощь в проведении лабораторных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назарова Н. П., Мукминов М. Н. Качество продуктов пчеловодства в условиях возрастающего техногенного загрязнения природной среды // В мире научных открытий. – 2010. – № 4–10. – С. 53–54.
2. Скрёбнева Л. А., Билалов Ф. С., Мукминов М. Н. и др. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в медоносных пчелах различных временных генераций // Учен. зап. Казан. унта. Сер. Естеств. науки. – 2012. – Т. 154, кн. 1. – С. 133–145.
3. Arveti N., Reginald S., Kumar K. S. et al. Biogeochemical study of termite mounds: a case study from Tummalapalle area of Andhra Pradesh, India // Environ Monit Assess. 2012. V. 184, № 4. P. 2295–2306.
4. Husselman M. Beekeeping in Zambia. Forest livelihood Briefs // CIFOR. 2008. № 7. P. 1–4.
5. Jaffé R., Dietemann V., Allsopp M.H. et al. Estimating the density of honeybee colonies across their natural range to fill the gap in pollinator decline censuses // Conserv Biol. 2010. V. 24, № 2. P.583–593.
6. Kafue river basin. Blacksmith Institute web-page. – 2015. – URL: <http://www.blacksmithinstitute.org/projects/display/171>, свободный. – Проверено 25.05.2015.
7. Project: Beekeeping for poverty alleviation // Transformation Business Network. – 2010. – URL: <https://www.tbnetwork.org/projects/agriculture-sectors/bee-keeping-zambia>, свободный. – Проверено 25.05.2015.
8. Šobotník J., Bourguignon T., Hanus R. et al. Explosive backpacks in old termite workers // Science. 2012. V. 337, № 6093. P. 436. doi: 10.1126/science.1219129.
9. Stewart A. D., Anand R. R., Laird J. S. et al. Distribution of metals in the termite *Tumulitermes tumuli* (Froggatt): two types of Malpighian tubule concretion host Zn and Ca mutually exclusively // PLoS One. 2011. V. 6, № 11:e27578. doi: 10.1371/journal.pone.0027578.

REFERENCES

1. Nazarova N. P., Mukminov M. N. Kachestvo produktov pchelovodstva v usloviyah vozrastayuschego tehnogennogo zagryazneniya prirodnoy sredy // V mire nauchnykh otkryitiy. – 2010. – № 4–10. – S. 53–54.
2. Skrebneva L. A., Bilalov F. S., Mukminov M. N. i dr. Osobennosti akkumulyatsii tyazhelykh metallov v medonosnykh pchelakh razlichnykh vremennykh generatsiy // Uchen. zap. Kazan. unta. Ser. Estestv. nauki. – 2012. – T. 154, kn. 1. – S. 133–145.

Сведения об авторах: *Ндайишимийе Эрик Вилли*, аспирант каф. прикладной экологии, ndayishimiyeericwilly@mail.ru; *Никитин Олег Владимирович*, доцент каф. прикладной экологии, канд. геогр. наук, oleg.nikitin@kpfu.ru; *Мукминов Малик Нилович*, профессор каф. прикладной экологии, д-р биол наук, доцент, malik-bee@mail.ru; *Шуралев Эдуард Аркадьевич*, доцент каф. прикладной экологии, канд. вет наук, eduard.shuralev@mail.ru, тел.: +79872287202.