

УДК 619:631.4:595.732.1:504.064:638.1:689.4

## **ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ПЧЕЛОВОДСТВА В ЮЖНОЙ ПРОВИНЦИИ ЗАМБИИ**

**Малик Нилович Мукминов**, д.б.н., профессор, доцент

**Олег Владимирович Никитин**, к.г.н., доцент

**Эрик Вилли Ндайишимийе**, аспирант

Институт экологии и природопользования ФГАОУ ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет

**Эдуард Аркадьевич Шуралев**, к.в.н., ведущий научный сотрудник

ФГБУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности»

Показаны результаты исследования содержания тяжелых металлов в термитниках и почве провинции Южная (Замбия), проведенных для оценки экологических предпосылок эффективного развития пчеловодства. Показатели превышали предельно допустимые концентрации в районах Ливингстон и Сиавонга. Было предложено не размещать пасеки на этих территориях. **Ключевые слова:** аккумуляция, биоиндикатор, биогенное образование, пчела, термитники.

### **Assessing the prospects for beekeeping development in Southern Province of Zambia**

**M.N. Mukminov, O.V. Nikitin, E.W. Ndayishimiye,**

**E.A. Shuralev**

There are present the results of study the content of heavy metals in the samples of termite mounds and soils in the Southern Province of Zambia. The parameters were higher than maximal permissible burden in Livingstone and Siavonga regions. On this base the conclusion was made that it is inexpedient to placement apiaries on these territories.

**Key words:** accumulation, termite mounds, honey bee, biogenic component, bioindicator, cumulative capability.

В Республике Замбия в середине 2000-х гг. была принята Национальная программа «Пчеловодство для снижения уровня бедности», финансируемая Transformation Business Network [9]. Ее реализация с целью получения экологически безопасной продукции пчеловодства требует мониторинговых исследований территории и оценки уровня загрязнения окружающей среды.

При размещении пасек необходимо учитывать уровень загрязнения территории тяжелыми металлами, поскольку они могут накапливаться в организме пчел и продуктах пчеловодства [1, 2, 4], становясь факторами развития патологий в семьях [3]. Одним из эффективных средств выявления и оценки степени такого загрязнения является биоиндикация с использованием наиболее доступных для исследования объектов: на территории Замбии таковыми являются термитники.

Цель работы – изучить территорию замбийской провинции Южная на содержание основных тяжелых металлов, определить уровень их накопления в термитниках и определить целесообразность размещения пасек в данном регионе.

**Материалы и методы.** Провинция Южная – одна из 9 в Республике Замбия. Она разделена на 11 районов (рис. 1) с разным уровнем хозяйственной освоенности. В ходе экспедиционного выезда в республику (2012 г.) сотрудниками института экологии и природопользования Казанского федерального университета (КФУ) при участии специалистов факультета природных ресурсов Университета Коппербелт (г. Китве, Замбия) были собраны образцы термитников (по 5 из 14 мест) и почвы (по 5 из 11 мест) в соответствии с ГОСТ 17.43.01 – 83. В одной из точек наблюдения также отобрали 21 пробу термитов.

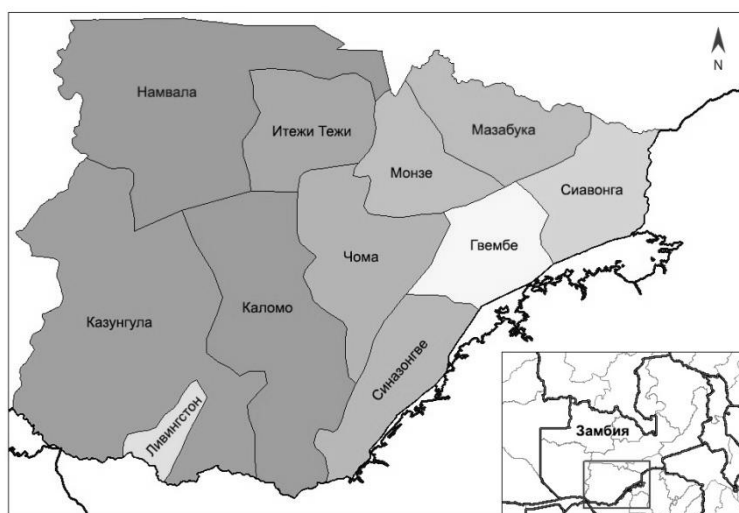
Анализы проводили в аккредитованной лаборатории экологического контроля КФУ (их частично финансировало Министерство образования и науки России). Полученные образцы подготавливали по принятым методикам с использованием микроволновой системы MARS Xpress закрытого типа (СЕМ). Концентрацию тяжелых металлов определяли на оптическом эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Shimadzu, Япония).

Коэффициент степени опасности повышенной концентрации тяжелых металлов рассчитывали по формуле:

$$K_o = C_p : ПДК,$$

где  $C_p$  – среднее содержание тяжелых металлов в образце почвы, мг/кг; ПДК – предельно допустимая концентрация (мг/кг).

Для статистической обработки данных пользовались компьютерной программой Statistica 8.0.



### Административное деление провинции Южная (Республика Замбия)

**Результаты исследований и обсуждение.** Средняя концентрация кобальта в почвах провинции Южная была на уровне 5,17 мг/кг (табл. 1). В районах Ливингстон и Сиавонга коэффициент степени опасности по этому металлу составил 1,44 и 4,51 соответственно.

**Таблица 1**  
**Содержание тяжелых металлов в образцах почвы провинции Южная**

Металл (ПДК для почвы, мг/кг)	Показатель	Район					
		Монзе	Каломо	Казунгула	Ливингстон	Сиавонга	Мазабука
Cd (1,0)	C <sub>п</sub>	1,3±0,3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,7±0,2
	К <sub>о</sub>	1,30	–	–	–	–	0,70
Co (12,0)	C <sub>п</sub>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	17,3±6,2	54,1±21,5	< 0,5
	К <sub>о</sub>	–	–	–	1,44	4,51	–
Cr (15,0)	C <sub>п</sub>	3,3±1,6	< 0,5	4,3±1,8	24,8±7,1	95,2±26,6	4,0±1,1
	К <sub>о</sub>	0,22	-	0,29	1,65	6,35	0,27
Cu (50,0)	C <sub>п</sub>	21,0±6,4	< 0,5	3,4±1,2	91,4±46,8	116,6±36,8	1,4±0,4
	К <sub>о</sub>	0,42	-	0,07	1,83	2,33	0,03
Ni (36,0)	C <sub>п</sub>	4,4±2,4	26,9±10,9	11,0±6,8	42,0±19,6	51,5±10,2	26,3±16,6
	К <sub>о</sub>	0,12	0,75	0,31	1,17	1,43	0,73
Pb (60,0)	C <sub>п</sub>	< 0,5	< 0,5	3,9±3,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	К <sub>о</sub>	–	–	0,07	–	–	–
Zn (60,0)	C <sub>п</sub>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	88,6±23,5	< 0,5
	К <sub>о</sub>	–	–	–	-	1,48	-
Hg (0,1)	C <sub>п</sub>	0,4±0,4	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	К <sub>о</sub>	4,00	-	-	-	-	-
As (15,0)	C <sub>п</sub>	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	К <sub>о</sub>	–	–	–	–	–	–

Хром в концентрациях, превосходящих ПДК, обнаружили вблизи водопада Виктория в районе Ливингстон и в Сиавонге, а кадмий – только в районе Монзе. При этом в последнем случае средний показатель по провинции составил 0,14 мг/кг. Наиболее сильное загрязнение медью выявили у водопада Виктория (Ливингстон) и в Сиавонге, где оно в 2 раза превышало ПДК. В среднем по провинции содержание меди в протестированных объектах достигало 28,10 мг/кг.

В тех же районах установили повышенную концентрацию никеля: в среднем по провинции данный показатель составил 19,87 мг/кг.

В районе Сиавонга содержание цинка превышало ПДК в 1,5 раза, а в районе Монзе – ртути – в 4 раза. Уровень свинца и мышьяка во всех пробах был в допустимых пределах.

Кроме нормируемых элементов определяли в почве концентрацию железа, стронция и молибдена. Установили, что железо содержится в почвах провинции в среднем на уровне 8314 мг/кг. При этом у водопада Виктория в районе Ливингстон и Сиавонге данный показатель достигал максимальных значений – 20915 – 27843 мг/кг. Стронций присутствовал в пробах из района Мазабука (5,0 мг/кг), а его наибольшее содержание выявили в почве у водопада Виктория (50,8 мг/кг) и в Сиавонге (81,6 мг/кг). Содержание молибдена во всех образцах было ниже предела обнаружения (< 1,0 мг/кг).

Высокий уровень металлов в почве районов Ливингстон и Сиавонга, расположенных в левобережье реки Замбези, вероятно, обусловлен загрязнением ими речной воды, используемой для орошения земель.

Биогенные образования окружающей среды могут служить хорошими индикаторами ее загрязнения благодаря аккумулярующей способности. Ученые университета Шри Венкатесвара [5] отмечали, что термитники накапливают различные металлы. В частности, в них было обнаружено скопление урана (10 – 36 мг/кг). Причем в пробах термитников концентрация химических элементов более высокая, чем в прилегающей почве.

Результаты проведенного нами исследования подтвердили аккумулятивную способность термитников в отношении 7 элементов (табл. 2). При этом рассчитывали коэффициент биологического поглощения (КБП) по формуле:

$$\text{КБП} = \text{С}_\tau : \text{С}_\text{п},$$

где  $\text{С}_\tau$  – среднее содержание тяжелых металлов в образце термитника, мг/кг;  $\text{С}_\text{п}$  – среднее содержание тяжелых металлов в образце почвы, мг/кг.

**Таблица 2**

**Содержание тяжелых металлов в образцах термитников провинции Южная**

Металл	Показатель	Район					
		Монзе	Каломо	Казунгула	Ливингстон	Сиавонга	Мазабука
Cd	$\text{С}_\tau$	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	КБП	–	–	–	–	–	–
Co	$\text{С}_\tau$	< 0,5	10,6±2,3	< 0,5	572,0±45,4	< 0,5	5,4±1,8
	КБП	–	10,60	–	33,06	–	5,40
Cr	$\text{С}_\tau$	< 0,5	62,4±18,6	< 0,5	41,00±16,4	22,5±6,7	43,8±5,4
	КБП	–	62,40	–	1,65	0,24	10,95
Cu	$\text{С}_\tau$	< 0,5	51,4±21,6	< 0,5	15112,8±1825,3	22,9±6,4	33,6±8,9
	КБП	–	51,40	–	165,35	0,20	24,00
Ni	$\text{С}_\tau$	7,6±1,4	247,8±24,4	50,4±8,6	36,8±10,5	19,0±1,9	72,2±15,1
	КБП	1,73	9,21	4,58	0,88	0,37	2,75
Pb	$\text{С}_\tau$	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	КБП	–	–	–	–	–	–
Zn	$\text{С}_\tau$	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	10,7±2,2
	КБП	–	–	–	–	–	10,70
Hg	$\text{С}_\tau$	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	КБП	–	–	–	–	–	–
As	$\text{С}_\tau$	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	КБП	–	–	–	–	–	–

В пробах термитников из районов Каломо, Ливингстон и Мазабука содержание кобальта было в 5 – 33 раза выше такового в почве, а хрома – в 1,7 – 62 раза.

В наибольшей степени они аккумулялировали медь, КБП которой достигал 165. Концентрация железа в этом типе образцов из различных районов провинции Южная в 3 – 9 раз превышала их содержание в почве. Скопление никеля в термитниках регистрировали в районах Монзе, Каломо, Казунгула и Мазабука с КБП 1,7 – 9,2.

Молибден в концентрации 4,2 мг/кг обнаружили в термитниках из района Ливингстон, в тоже время в пробах почвы он отсутствовал.

Цинк в концентрации 10,7 мг/кг выявили только в термитниках Мазабука и в почве соседнего района Сиавонга. Таким образом, выявленные особенности накопления металлов в термитниках могут служить индикаторами месторождений отдельных элементов и загрязнения окружающей среды.

На территории провинции Южная в образцах термитов отмечали статистически значимое превышение суммарного содержания лишь некоторых металлов относительно их среднего уровня в пробах почвы. По хрому, никелю и меди КБП составил соответственно 1,35, 2,15 и 383,43. Однако отобранных проб оказалось недостаточно для оценки количества металлов в разных органах термитов. Поэтому вопрос об использовании этих насекомых в качестве биоиндикаторов требует более детальных исследований, тем более, что аккумуляция отдельных элементов в их организме может быть связана с биологическими особенностями, а не с высоким уровнем металлов в среде обитания.

**Заключение.** Термитники как биогенные образования окружающей среды Африки, в частности в Республике Замбия, обладают биоиндикаторными признаками загрязнения тяжелыми металлами, что связано с их высокой аккумуляционной способностью (содержание элементов в термитниках было в 1,5 – 165 раз выше, чем в почвах). Высокий уровень загрязнения окружающей среды районов Ливингстон и Сиавонга тяжелыми металлами указывает на неблагоприятные условия для размещения пасек на этих территориях.

Авторы приносят благодарность Ч. Мозесу, заведующему кафедрой зоологии и водных наук факультета природных ресурсов Университета Коппербелт (г. Китве, Замбия), сотрудникам Казанского федерального университета профессору В.З. Латышовой за консультативную помощь и инженеру М.Н. Ежковой за организацию лабораторных исследований.

## Литература

1. Еськов Е.К., Еськова М.Д. Закономерности изменчивости гнездовой конструкции, физиологического состояния и морфометрических признаков медоносной пчелы. Журнал общей биологии. 2014; 75. 2:132 – 155.
2. Назарова Н.П., Мукминов М.Н. Качество продуктов пчеловодства в условиях возрастающего техногенного загрязнения природной среды. В мире научных открытий. 2010; 4 – 10:53, 54.
3. Назарова Н.П., Мукминов М.Н. Корреляция негативного воздействия техногенных выбросов и эпизоотического благополучия пасек. Современные проблемы и перспективы сохранения медоносных пчел и некоторые аспекты развития и внедрения школьного пчеловодства: Материалы I Межд. НПК. Уфа. 2013; 47 – 50.
4. Скрбнева Л.А., Билалов Ф.С., Мукминов М.Н. и др. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в медоносных пчелах различных временных генераций. Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2012; 154. 1:133 – 145.
5. 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; 184. 4:2295 – 2306.
6. Christensen D.L., Orech F.O., Mungai M.N. et al. Entomophagy among the Luo of Kenya: a potential mineral source? Int. J Food Sci Nutr. 2006; 57. 3 – 4:198 – 203.
7. Husselman M. Beekeeping in Zambia. Forest livelihood Briefs. CIFOR. 2008; 7:1 – 4.
8. Jaffé R., Dietemann V., Allsopp M.H., Costa C. et al. Estimating the density of honeybee colonies across their natural range to fill the gap in pollinator decline censuses. Conserv Biol. 2010; 24. 2:583 – 593.
9. Project: Beekeeping for poverty alleviation. Transformation Business Network. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tbnetwork.org/projects/agriculture-sectors/bee-keeping-zambia>, 2010.
10. Šobotník J., Bourguignon T., Hanus R. et al. Explosive backpacks in old termite workers. Science. 2012; 337. 6093:436 c.