

УДК 579.266:504.5

## ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ СВИНЦОМ И КАДМИЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОБИОТИКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КСЕНОБИОТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Сальникова Е.В., Сизенцов А.Н.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: asizen@mail.ru*

В статье представлены данные по изучению уровня антропогенной нагрузки свинцом и кадмием и перспективе использования, в качестве детоксикационных, пробиотических препаратов на основе бактерий рода *Bacillus*. Анализ питьевых вод Центрального Оренбуржья показывает, что во всех исследуемых образцах содержание свинца выше ПДК и колеблется от 0,0639 до 0,1592 мг/л. В почвах превышений по содержанию свинца не обнаружено. В волосах жителей Центрального Оренбуржья содержание кадмия и свинца находится в пределах допустимого уровня во всех изученных районах. Исключением является Тюльганский район, в волосах жителей которого обнаружено превышение допустимого уровня в 1,5 раз. При оценке биоаккумулирующей способности пробиотических препаратов было установлено, что лучшим биосорбентом ионов свинца является штамм *B.subtilis* 534, входящий в состав препарата «Споробактерин». Значительных различий в значениях накопления ионов кадмия между исследуемыми штаммами не наблюдается.

Ключевые слова: тяжелые металлы, население, здоровье, Оренбургская область, пробиотические препараты, биоаккумулирующая способность.

## ASSESSMENT OF IMPURITY OF THE ORENBURG REGION LEAD AND KAMY AND PROSPECTS OF USE OF PROBIOTICS FOR DECREASE IN KSENOBIOTICHESKY LOADING

Salnikova E.V., Sizentsov A.N.

*FGBOU «The Orenburg state university», Orenburg, e-mail: asizen@mail.ru*

Data on studying of level of anthropogenous loading by lead and cadmium and prospect of use, in quality the detoksikatsionnykh, probiotic preparations on the basis of sort *Bacillus* bacteria are presented in article. The analysis of drinking waters of the Central Orenburg Oblast shows that in all studied samples the content of lead is higher than maximum concentration limit and fluctuates from 0,0639 to 0,1592 mg/l. In soils of prevysheniye on the content of lead it isn't revealed. In hair of residents of the Central Orenburg Oblast the content of cadmium and lead is within admissible level in all studied areas. An exception is Tyulgansky district in which hair of inhabitants excess of admissible level by 1,5 times is revealed. At an assessment of the bioaccumulating ability of probiotic preparations it has been established that the best biosorbent of ions of lead is *B.subtilis* 534 strain which is a part of the preparation «Sporobakterin». Significant differences in values of accumulation of ions of cadmium between the studied strains aren't observed.

Keywords: heavy metals, the population, health, the Orenburg region, probiotic preparations bioaccumulating ability.

Регионы России со значительной антропогенной нагрузкой и, как следствие, повышенным уровнем загрязнения окружающей среды представляют наибольший интерес для исследований. Одним из таких регионов является Оренбургская область. На её территории располагаются ведущие отрасли промышленности: топливная, химическая, нефтехимическая, пищевая, черная и цветная металлургия. Выбросы из загрязняющих источников выпадают неравномерно, а сконцентрированы в крупных городах и вокруг промышленных предприятий. Известно, что загрязнение воздушной среды оставляет свой след и в других природных средах.

Одной из таких сред является почва, которая обладает большим количеством экологических функций [5]. Главными загрязнителями почв и питьевых вод Центрального Оренбуржья являются свинец и кадмий. Они относятся к токсичным тяжелым металлам. Загрязнение свинцом и кадмием происходит одновременно, так как источники попадания свинца и кадмия в объекты окружающей среды часто одни и те же. Природные источники этих металлов не играют значительной роли в этом процессе. Основное загрязнение связано с антропогенным воздействием [12, 1, 4].

Целью исследований стало изучение особенностей аккумуляции тяжелых металлов в почвах, питьевых водах и в волосах населения, проживающих длительное время на территории Центрального Оренбуржья, а также оценка биоаккумулирующей способности ионов свинца и кадмия микроорганизмами, входящими в состав пробиотических препаратов.

**Объекты и методы исследования.** На первом этапе в качестве объектов исследования были отобраны образцы почвы и воды из районов, которые расположены в Центральном Оренбуржье. К ним относятся Акбулакский, Беляевский, Кувандыкский, Октябрьский, Оренбургский, Сакмарский, Соль-Илецкий, Сорочинский, Тюльганский, Шарлыкский районы.

Определение содержания кадмия и свинца в исследуемых объектах проводили по стандартизированным методикам в аккредитованной лаборатории Испытательного Центра ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аттестат аккредитации И.Л. NPOOCRU 000121 ПФ 59) методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии [6].

Микроэлементный состав крови первым реагирует на повышение уровня содержания тяжелых металлов, но может не отражать истинный уровень их содержания в организме. Поэтому важно исследование таких биосубстратов, которые наиболее полно отражают элементный статус во всем организме. В этом отношении наиболее информативными являются волосы, их легко собирать, транспортировать и хранить.

Оценка элементного состава волос проводилась в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва, аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП на приборах ICAP-9000 «Thermo Jarrell Ash», США, Perkin Elmer Optima 2000DV, США) согласно методическим указаниям (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03) [8].

На втором этапе исследования нами оценивалась биоаккумулирующая способность ионов свинца и кадмия микроорганизмами, входящими в состав пробиотических препаратов.

В работе использовались 3 пробиотических препарата: «Ветом 2» на основе *B. subtilis*

ВКПМ В 7048 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038, «Споробактерин жидкий» – *B.subtilis* 534, и «Бактисубтил» на основе *B.cereus* IP 5832. В качестве регулирующих факторов в работе использовались соли тяжелых металлов:  $Pb(NO_3)_2$  – нитрат свинца и  $CdSO_4 \times 8H_2O$  – восьмиводный сульфат кадмия.

Для реализации поставленной цели нами использовались метод последовательных разведений, фотоэлектроколориметрический и атомно-абсорбционный методы [11].

### **Результаты и их обсуждение**

Результаты исследования содержания кадмия показали, что воды Акбулакского, Оренбургского, Кувандыжского, Беляевского и Сакмарского районов характеризуются повышенным содержанием этого элемента (ПДК(Cd) = 0,001 мг/л). В этих же районах обнаружено наибольшее содержание кадмия в почве (таблица 1). Оптимальным поступлением кадмия в организм считается от 1 до 5 мкг в сутки. Порог токсичности этого элемента 30 мкг/сутки. Кадмий аккумулируется в основном в печени, почках и двенадцатиперстной кишке. Для оценки уровня содержания кадмия в организме человека используют волосы и мочу, среднее содержание кадмия в этих субстратах составляет 0,05 - 0,25 мкг/г и 0,03 - 5,0 мкг/л соответственно [7]. Кадмий имеет отчетливую тенденцию к накоплению в организме – период его полувыведения составляет от 10 до 35 лет. Этот тяжелый металл может препятствовать нормальному действию цинка в организме, поражая иммунитет, предстательную железу и кости.

Интерес к свинцу с биологической точки зрения сосредоточился на его токсических свойствах, представляющих опасность для человека и животных. В токсикологическом отношении этот металл – один из самых распространенных и одновременно опасных элементов [2, 13, 14]. Содержание свинца в организме человека с массой около 70 кг составляет примерно 2 мг. Значительное количество свинца попадает в организм с вдыхаемым воздухом. В России поступление свинца с пищей оценивается в 23–27 мкг/сут [9, 10], что составляет 9–11 % от ВДУП.

Анализ питьевых вод Центрального Оренбуржья показывает, что во всех исследуемых образцах содержание свинца выше ПДК и колеблется от 0,0639 до 0,1592 мг/л (таблица 2). В почвах превышений по содержанию свинца не обнаружено.

Таблица 1

Содержание кадмия и свинца в почвах (мг/кг) и питьевых водах (мг/л)  
Центрального Оренбуржья

Исследуемые районы	Металлы			
	Cd		Pb	
	вода	почва	вода	почва
Акбулакский	0,0026±0,0001	0,0120±0,0006	0,0645±0,0032	2,2320±0,1116
Беляевский	0,0009±0,0001	0,1298±0,0065	0,0974±0,0045	9,5816±0,3833
Кувандыкский	0,0023±0,0001	0,2034±0,0102	0,1060±0,0005	1,6611±0,0831
Октябрьский	0,0022±0,0001	0,1380±0,0069	0,1188±0,0059	2,4955±0,1248
Оренбургский	0,0035±0,0003	0,0354±0,0014	0,0705±0,0035	7,0564±0,2823
Сакмарский	0,0061±0,0003	0,1770±0,0089	0,1027±0,0041	1,9706±0,0591
Соль-Илецкий	0,0009±0,0001	0,0236±0,0012	0,0713±0,0032	3,2568±0,1628
Сорочинский	0,0009±0,0001	0,0944±0,0047	0,1592±0,0069	4,7200±0,2360
Тюльганский	0,0012±0,0001	0,0904±0,0045	0,0786±0,0035	1,6385±0,0492
Шарлыкский	0,0010±0,0001	0,0170±0,0007	0,0639±0,0029	2,8475±0,1424
ПДК	0,0010	2,00	0,03	20,0

Таблица 2

Содержание кадмия и свинца в волосах (мкг/г) жителей Центрального Оренбуржья

Исследуемые районы	Металлы	
	Cd	Pb
Акбулакский	0,0218± 0,0011	0,1635± 0,008
Беляевский	0,0348 ± 0,0014	0,3480± 0,0174
Кувандыкский	0,0106± 0,0005	0,5618± 0,0169
Октябрьский	0,0042± 0,0002	0,9116± 0,0456
Оренбургский	0,0212± 0,0011	0,4770± 0,0239
Сакмарский	0,0106± 0,0005	0,8798± 0,0264
Соль-Илецкий	0,0095± 0,0003	0,1696± 0,0085
Сорочинский	0,0092± 0,0002	0,0095± 0,0005
Тюльганский	0,0318± 0,0009	4,6369± 0,1391
Шарлыкский	0,0042± 0,0002	0,9116± 0,0365
Допустимые уровни (ДУ)	до 0,25	до 3,00

В ходе проведенных исследований было установлено, что в волосах жителей Центрального Оренбуржья содержание кадмия и свинца находится в пределах допустимого уровня во всех изученных районах. Исключением является Тюльганский район, в волосах жителей которого обнаружено превышение ДУ в 1,5 раз. Исследование элементов в волосах жителей дает возможность выявить наличие на ранней стадии патологических процессов.

Как известно, процесс накопления металлов микроорганизмами осуществляется в стационарной фазе роста. Процесс накопления связан с тем, что в данной фазе наблюдается истощение субстрата и накопление токсичных продуктов, что вынуждают бактерии к поиску других источников энергии и детоксикации среды обитания. В связи с этим следующим этапом нашей работы являлось определение фаз роста, с целью выявления оптимального времени роста

на периодической культуре, а также влияние солей тяжелых металлов на динамику роста исследуемых микроорганизмов.

В ходе проведенных экспериментов было установлено, что ионы исследуемых металлов действуют неоднозначно в отношении пробиотических штаммов микроорганизмов. Так, присутствие ионов свинца оказывает стимулирующее действие на динамику роста исследуемых штаммов. При этом наиболее выраженное действие отмечено в отношении *B. subtilis* 534, входящего в состав препарата «Споробактерин» и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 – «Ветом 2».

Ионы кадмия, напротив, угнетают рост всех исследуемых штаммов. При этом наиболее резистентным к воздействию данного металла оказался *B. cereus* IP 5832, входящий в состав препарата «Бактисубтил». Полученные результаты подтверждают результаты предварительного исследования по определению МПК, в которых данный штамм также проявил себя как наиболее устойчивый штамм.

Следующим и основным этапом в нашей работе являлось определение количества металлов, аккумулируемых исследуемыми бактериями из питательной среды. Количественное определение металлов осуществлялось с помощью атомно-абсорбционного метода, анализу подвергались как биомасса, так и супернатат. Для этого в среду для культивирования вносился один из анализируемых металлов в рабочей концентрации [11] и осуществлялось культивирование до наступления стационарной фазы роста. По окончании культивирования пробы подвергались обработке и анализировались на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ААСФ).

Далее в результате проведения эксперимента мы получили данные, из которых следует, что из всех анализируемых металлов микроорганизмы наиболее активно аккумулируют ионы свинца, что показано на рисунке 1.

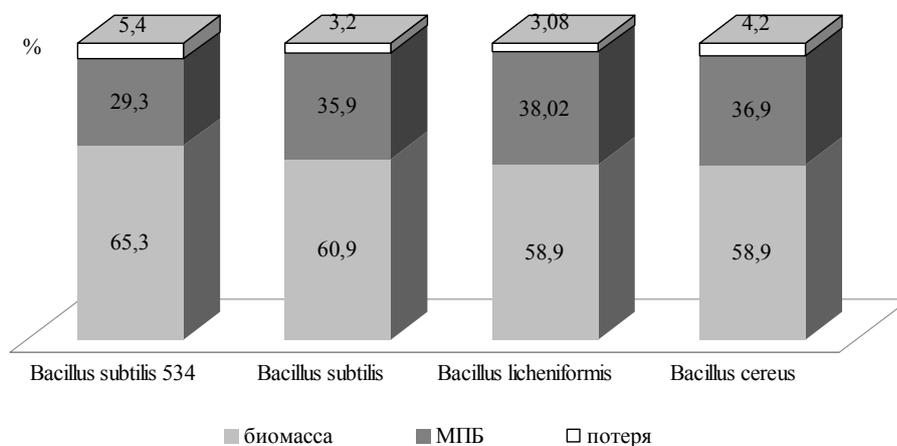


Рис. 1. Содержание свинца в биомассе бактерий рода *Bacillus* и в супернатанте

Наиболее активно из всех используемых штаммом ионы свинца аккумулирует штамм *B.subtilis* 534, на втором месте находится *B. subtilis* ВКПМ В 7048. Показатели накопления ионов свинца для штаммов *B.cereus* IP 5832 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 ниже, чем у двух предыдущих штаммов, и имеют примерно одинаковые значения.

Относительно значений накопления ионов кадмия, в соответствии с данными представленными на рисунке 2, можно отметить, что они намного ниже, чем значения накопления остальных металлов, и штаммовых различий не наблюдается.

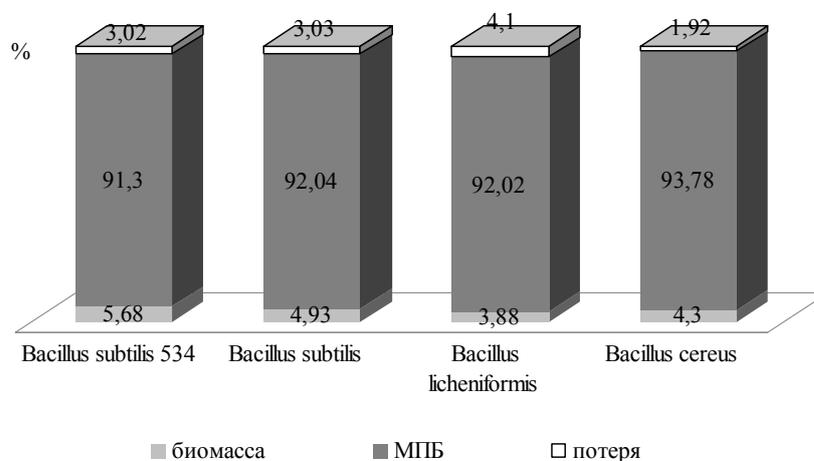


Рис. 2. Содержание кадмия в биомассе бактерий рода *Bacillus* и в супернатанте

Так, содержание ионов кадмия в биомассе *B.subtilis* 534 и *B.subtilis* ВКПМ В 7048 составляет 5,68 и 4,93 процента, а в биомассе *B.cereus* IP 5832 и *B.licheniformis* ВКПМ В 7043 4,3 и 3,88 процента соответственно.

Таким образом, из полученных данных следует, что наиболее активно аккумулируется свинец.

Результаты эксперимента показывают, что лучшим биосорбентом ионов свинца является штамм *B.subtilis* 534, входящий в состав препарата «Споробактерин». Значительных различий в значениях накопления ионов кадмия между исследуемыми штаммами не наблюдается.

### Список литературы

1. Абрамова Т.Н. Источники поступления тяжелых металлов и их воздействие на агроэкосистемы/ Т.Н. Абрамова, В.К. Кузнецов, Н.И. Исамов // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. 2-й Междунар. науч.-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – Т.2. – С. 413-416.
2. Баранников В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов. – М.: Колос, 2005. – С. 3-7, 148-155, 171-249.
3. Бокова Т.И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов: монография / Т.И. Бокова; Новосиб. гос. аграр. ун-т, СибНИИ переработки с.-х. продукции. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. – 284 с.
4. Гильденскиольд Ю.В. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на организм/ Ю.В. Гильденскиольд, Р.С. Новиков, Р.С. Хамидулин и др.// Гигиена и санитария. – 1992. – № 5. – С. 6–8.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как независимого компонента биосферы: функционально-экологический подход. – М.: Наука, 2000. – 185 с.
6. Сальникова Е.В. Сравнительная оценка содержания цинка в питьевых водах и почвах Оренбургской области / Е.В. Сальникова, Е.А. Осипова, Н.В. Заболотная // ВЕСТНИК ОГУ. – 2014. – № 6 (167)/июнь. – С.155-157.
7. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
8. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) / А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т.4. – Вып.1. – С. 55-56.

9. Скальная М.Г. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты [Текст] / М. Г. Скальная, С. В. Нотова; под ред. В. А. Тутельяна, А. В. Скального. – М. : РОСМЭМ, 2004. – 310 с.
10. Скальная М.Г. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России [Текст] : монография / М. Г. Скальная, Р. М. Дубовой, А. В. Скальный; под ред. В. А. Тутельяна, И. П. Бобровницкого. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 240 с.
11. Сизенцов А.Н. Аккумуляция тяжелых металлов пробиотическими препаратами на основе бактерий рода *Bacillus* в условиях *in vitro* / А.Н. Сизенцов, Т.А. Гальченко, Ю.И. Мартынович // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 216. – С. 303-307.
12. Смоляр В.И. Гипо- и гипермикрэлементозы. – Киев: Здоровье, 1989. – С. 98-108.
13. Ewers, U. Lead // *Metals and Their Compounds* / U. Ewers, H. W. Schlipkoeter /*Environ.: Occurrence, and Biol. Relevance.* – Weinheim etc., 1991. – P. 971-1014.
14. Galters, R.M. *Chemical cycles and the global environment* / R.M. Galters, F.T. Machenzie, C. Hunt. – William Kaufmann Inc., Los Altos, California, 1975. – 206 p.