

УДК [616-008.9-053.2:577.118]:574.2(470.1/.2)

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ДЕТЕЙ 1–3 ЛЕТ НЕУРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

© 2014 г. **Е. А. Бакаева, А. В. Еремейшвили**Ярославский государственный университет имени П. Г. Демидова,  
г. Ярославль

Методом инверсионной вольтамперометрии проанализированы некоторые особенности микроэлементного статуса детей 1–3 лет городского поселения Троицко-Печорск Республики Коми с учетом содержания данных элементов в объектах окружающей среды (питьевая вода, снежный покров). Было обнаружено, что допустимое содержание цинка в волосах отмечается у 40 % обследованных детей, меди – у 15 %, свинца – у 20 %, кадмия – у 65 %. Выявленные изменения в обмене микроэлементами у детей служат основой для формирования различных заболеваний.

**Ключевые слова:** дети, микроэлементы, окружающая среда, биосубстраты, заболевания

Состояние здоровья человека зависит от комплекса эндогенных и экзогенных факторов, особенно в период раннего детства. Одним из важнейших факторов, определяющих здоровье и функциональное состояние организма человека, наряду с другими является микроэлементный статус. Стабильность элементного состава организма человека – одно из условий его нормального функционирования.

Наиболее чувствительным контингентом к неблагоприятным условиям геохимической среды являются дети. Выявление и снижение воздействия факторов риска на здоровье детской популяции имеет большое значение [12]. Особое внимание здоровью и развитию детей привлекает в кризисные периоды жизни, один из них – раннее детство. В это время организм ребенка очень чувствителен и в значительной степени подвержен влиянию неблагоприятных факторов внешней среды [16].

Согласно литературным данным [2, 3, 9, 12], существует прямая корреляционная связь между содержанием микроэлементов в окружающей среде и их накоплением в биологических средах человека. В биогеохимическом отношении менее изучен Север России, в том числе Республика Коми. Северные территории отличаются экстремальными природными условиями [5]. Особенно опасно их воздействие для растущего детского организма [1, 17]. Большой интерес представляет изучение микроэлементного статуса жителей северных территорий и влияния дисбаланса микроэлементов на формирование экологозависимых заболеваний.

Целью данного исследования явилось изучение особенностей микроэлементного статуса (на примере цинка, меди, свинца, кадмия) у детей от 1 до 3 лет городского поселения Троицко-Печорск Республики Коми с учетом содержания данных элементов в объектах окружающей среды.

Республика Коми расположена на северо-восточной окраине Восточно-Европейской равнины. Троицко-Печорский район находится на юго-востоке Республики Коми в бассейне Верхней Печоры. Он обладает значительным природно-ресурсным потенциалом. Промышленность в районе развита слабо, в отраслевой структуре ее преобладают лесозаготовительная и лесоперерабатывающая отрасли. В целом состояние окружающей природной среды на территории района, по данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, является удовлетворительным и стабильным [4].

### Методы

Поперечное исследование проводилось в период с 2009 по 2011 год.

На первом этапе работы была осуществлена оценка загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова в изучаемом населенном пункте (как показателя загрязнения атмосферы), а также содержания микроэлементов в питьевой воде. Пробы снежного покрова отбира-

лись в апреле за две недели до снеготаяния на трех станциях по мере удаления от дороги (0–10, 10–50 и 50–100 м). Данные станции находились в жилых районах населенного пункта вблизи от исследуемых детских дошкольных учреждений. При статистической обработке полученных данных за жилую зону принималась зона, удаленная от дороги на расстоянии 10–100 м. В качестве фона использовались образцы снежного покрова неурбанизированной территории Троицко-Печорского района. Всего обработано 28 проб снега.

Отбор, подготовка проб и оценка уровня загрязнения тяжелыми металлами снежного покрова проводились в соответствии с методическими рекомендациями [7]. Содержание водорастворимых форм цинка, меди, свинца и кадмия определяли методом инверсионной вольтамперометрии. Оценка уровня химического загрязнения снега проводили по коэффициенту концентрации химического вещества ( $K_c$ ) и суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [8], который равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражается формулой:

$$Z_c = \text{SUM} (K_{c1} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где  $n$  – число определяемых суммируемых вещества,  $K_{c1}$ ,  $K_{cn}$  – коэффициенты концентрации различных химических элементов.

Отбор питьевой воды осуществлялся в соответствии с ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб». Ежемесячно в детских дошкольных учреждениях отбирались пробы воды в период с августа 2010 по август 2011 года. Всего было обработано 72 пробы питьевой воды.

На втором этапе работы было определено содержание цинка, меди, свинца и кадмия в волосах детей в возрасте от 1 до 3 лет (средний возраст 2 года 8 месяцев), с момента рождения проживающих на исследуемой территории, посещающих дошкольные образовательные учреждения. Всего обследовано 101 ребенок (43 мальчика и 58 девочек), обработано 200 проб биосубстратов.

Статистическая обработка полученных в результате исследования данных проводилась с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2003, Statistica 6.0. Значимость различий между средними значениями оценивали в зависимости от вида распределения признака в выборке с использованием  $t$ -критерия Стьюдента либо  $U$ -критерия Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Корреляционный анализ (рассчитывался коэффициент корреляции Спирмена) проводили для установления связи между содержанием в снежном покрове и питьевой воде микроэлементов и их концентрацией в биосубстратах детей.

### Результаты

Питьевая вода является самым стабильным источником поступления микроэлементов, сохраняющим местную специфику региона [6]. В Троицко-Печор-

ске она подается из подземных источников. Глубина скважин от 135 до 146 м.

В результате исследования проб питьевой воды из детских дошкольных учреждений можно отметить, что превышений предельно допустимой концентрации (ПДК) по исследуемым элементам не выявлено. Максимальные концентрации цинка в питьевой воде наблюдаются в феврале; меди – в январе и апреле; свинца – в ноябре; кадмия – в августе. Наименьшие концентрации цинка в воде выявлены в августе; меди – в октябре и феврале; свинца – в сентябре; кадмия – в октябре, ноябре и апреле. Зимой по всем элементам отмечаются самые низкие концентрации. По данным ОАО «Троицко-Печорская тепловая компания», превышений ПДК по исследуемым микроэлементам в пробах воды непосредственно из источников водоснабжения не наблюдается и концентрации исследуемых элементов находятся ниже полученных в ходе исследования данных. Выявленное загрязнение воды в детских дошкольных учреждениях может происходить в процессе водоподготовки и в процессе транспортирования воды по водопроводным трубам. Основной причиной такой ситуации является износ водопроводных сооружений и сетей [4].

Статистически значимых корреляционных связей между содержанием микроэлементов в питьевой воде детских дошкольных учреждений и их концентрацией в биосубстратах обследуемых детей в данной работе не обнаружено.

В ходе проведенных исследований выявлена отчетливая динамика уменьшения содержания цинка, меди, свинца на станции 1 в снежном покрове по мере удаления от дороги, цинка и меди – на станции 3. На станции 2 содержание цинка, меди и свинца в снежном покрове жилой зоны больше по сравнению с содержанием вблизи дороги (табл. 1).

На основании значений  $Z_c$  были построены убывающие ранжированные ряды и определены территории, на которых накопление тяжелых металлов происходит более интенсивно. По загрязнению снежного покрова в жилой зоне по станциям ранжированный ряд выглядит следующим образом (см. табл. 1): станция 2 –  $Z_c = 6,04$ ; станция 3 –  $Z_c = 2,22$ ; станция 1 –  $Z_c = 1,32$ . Снежный покров на станции 2 наиболее загрязнен, что может быть связано с расположением детского дошкольного учреждения в непосредственной близости от котельной, работающей на угле. Согласно оценочной шкале МУ 2.1.7.730-99 и полученным нами данным степень загрязнения снежного покрова можно охарактеризовать как «допустимую» для здоровья населения [8].

Статистически значимых корреляционных связей между содержанием исследуемых микроэлементов в снежном покрове жилых районов и их концентрацией в биосубстратах обследуемых детей в настоящем исследовании не обнаружено.

В результате исследований получены следующие данные по содержанию микроэлементов в волосах детей (табл. 2). Концентрации цинка ( $128,6 \pm$

Таблица 1

**Содержание микроэлементов в снежном покрове городского поселения Троицко-Печорск, мг/л**

Станция	Расстояние от дороги, м	Концентрация тяжелых металлов				Уровень загрязнения	Категория загрязнения
		Цинк	Медь	Свинец	Кадмий		
1	0–10	0,0546±0,001*	0,0058±0,0002*	0,0007±0,00001*	0,0002±0,00001	Слабый	Допустимая
	10–100	0,0028±0,0001	0,0035±0,0002	0,0005±0,00001	0,0002±0,00001		
	К <sub>с</sub>	0,05	2,63	1,34	0,30		
	Z <sub>с</sub>	1,32					
2	0–10	0,0617±0,0029	0,0033±0,0002	0,0009±0,00001	Не выявлен	Слабый	Допустимая
	10–100	0,1154±0,0042	0,0044±0,0001*	0,0013±0,0001*	Не выявлен		
	К <sub>с</sub>	2,24	3,29	3,52	–		
	Z <sub>с</sub>	6,04					
3	0–10	0,1186±0,0030*	0,0042±0,0001*	0,0002±0,00001	Не выявлен	Слабый	Допустимая
	10–100	0,0484±0,0092	0,0024±0,00001	0,0009±0,0001*	Не выявлен		
	К <sub>с</sub>	0,94	1,80	2,48	–		
	Z <sub>с</sub>	2,22					
Фон		0,0515±0,0047	0,0013±0,00001	0,0004±0,00001	0,0006±0,00001		

Примечание. \* – статистическая значимость различий  $p < 0,05$ .

5,3) мкг/г и кадмия (0,2 ± 0,0) мкг/г в биосубстратах не превышают данных отечественных и зарубежных авторов, которые считают эти значения физиологической нормой. Уровень меди (17,3 ± 0,7) мкг/г и свинца (11,9 ± 0,7) мкг/г выше литературных данных.

Таблица 2  
**Содержание микроэлементов в волосах детей городского поселения Троицко-Печорск в сравнении с литературными данными, мкг/г**

Микроэлемент	Среднее арифметическое	Min	Max	Литературные данные
Цинк	128,6 ± 5,3	45,7	398,9	50,0–250,0 [10]
				30,0–203,0 [13]
				132,0–192,0 [9]
Медь	17,4 ± 0,7	1,6	45,8	7,5–80,0 [10]
				6,51–14,40 [13]
				9,31 [9]
Свинец	11,9 ± 0,7	0,0	19,5	0,1–5,0 [10]
				0,21–4,91 [13]
				3,3 [9]
Кадмий	0,2 ± 0,0	0,0	2,7	0,05–0,25 [10]
				0,01–0,67 [13]
				0,37 [9]

Примечание. Min – минимальное значение; Max – максимальное значение.

В целом допустимое содержание цинка в биосубстратах отмечается у 40 % обследованных детей, меди – у 15 %, свинца – у 20 %, кадмия – у 65 %.

Известно, что дисбаланс химических элементов может быть фактором, обуславливающим нарушение функционирования иммунной системы [2, 15]. В связи с этим в процессе исследования было сопоставлено содержание микроэлементов в волосах часто и редко болеющих детей (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание микроэлементов в волосах часто и редко болеющих детей городского поселения Троицко-Печорск, мкг/г**

Микроэлемент	Часто болеющие дети (n=48)	Редко болеющие дети (n=53)
Цинк	125,7±7,4	130,6±7,3
Медь	19,4±1,3*	16,8±0,9
Свинец	9,9±0,6*	7,8±0,4
Кадмий	0,2±0,03	0,2±0,03

Примечание. \* – статистическая значимость различий  $p < 0,05$ .

В результате наших исследований установлено, что содержание меди и свинца у часто болеющих детей, (19,4 ± 1,3) и (9,9 ± 0,6) мкг/г соответственно, значимо выше, чем у редко болеющих – (16,8 ± 0,9) и (7,8 ± 0,4) мкг/г.

### Обсуждение результатов

В целом степень загрязнения снежного покрова можно охарактеризовать как «допустимую» для здоровья населения. Установлено, что для исследуемых территорий характерно пространственное распределение загрязнения цинком, медью, свинцом, кадмием.

Статистически значимых корреляций между содержанием микроэлементов в снежном покрове жилых районов и питьевой воде детских дошкольных учреждений и их концентрацией в биосубстратах обследуемых детей в настоящем исследовании не обнаружено. Предполагаем, что это связано с особенностями питания дошкольников и недостаточным уровнем потребления эссенциальных элементов жителями северных территорий. Для пищевых продуктов районов Севера характерно особое сочетание микроэлементов, снижение или полная утрата минеральных веществ в продуктах, доставляемых из других регионов и подвергающихся длительному хранению.

В исследуемой выборке на фоне накопления такого токсичного элемента, как свинец (избыточное содержание в среднем у 80 % обследованных), отмечается значительная доля детей с дефицитом жизненно необходимого элемента цинка.

Полученные в настоящем исследовании результаты о распространенности избыточного содержания свинца в волосах детей соотносятся с литературными данными [15]. Предполагаем, что накопление этого элемента может быть связано с перенесением частых простудных заболеваний [16]. При этом развивается дефицит жизненно необходимых элементов, в результате чего возможно накопление токсичных элементов, в том числе свинца.

Свинец нарушает синтез гемоглобина, в результате чего возможно развитие микроцитарной анемии, морфологически не отличимой от железодефицитной анемии [2]. Примечательно, что в исследуемой выборке анемия встречается в 20 % случаев.

Согласно литературным данным [2, 10], у детей с избытком свинца в организме в большинстве случаев формируется дефицит цинка, вызывающий развитие атопического дерматита, так как цинк — это элемент, необходимый для роста и развития кожи, волос и ногтей. По полученным данным, у 34 % обследованных детей выявлялись заболевания кожи. Кроме того, дефицит цинка сопутствует частым и длительно текущим простудным заболеваниям, которые характерны для 43 % детей.

В данном исследовании установлено, что содержание меди и свинца у часто болеющих детей превышает содержание этих микроэлементов в биосубстратах редко болеющих детей. Согласно литературным данным [7], при повышенной концентрации меди в организме развивается избыточная реакция перекисного окисления. Металл может легко переходить из одной степени окисления в другую ( $\text{Cu}^{1+}$ — $\text{Cu}^{2+}$ ), инициируя тем самым свободнорадикальные реакции окисления, в первую очередь перекисное окисление липидов, приводящие к образованию активных форм кислорода. Это приводит к нарушению целостности клеточных мембран и мембран митохондрий. Одним из последствий таких нарушений является снижение иммунитета. При увеличении количества свинца в организме, выявленного в данной выборке детей, также характерно снижение устойчивости к инфекциям.

Таким образом, в исследуемой выборке при накоплении такого токсичного элемента, как свинец, отмечается большая доля детей с дефицитом цинка. Выявленный дисбаланс исследуемых микроэлементов у детей может служить причиной для формирования различных заболеваний.

#### Список литературы

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Марачев А. Г., Милованов А. П. Патология человека на Севере. М. : Медицина, 1985. 416 с.
2. Авцын А. П., Жаворонков А. А. Микроэлементозы — заболевания, обусловленные дефицитом, избытком

и дисбалансом микроэлементов в организме человека и животных // Экология человека. 1994. № 2. С. 53—57.

3. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Сезонные колебания обеспеченности организма человека макро- и микроэлементами // Атлас временных вариаций природных антропогенных и социальных процессов. М. : Янус-К, 2002. Т. 3. С. 489—496.

4. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2011 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми. Сыктывкар, 2012. 267 с.

5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Лукманова Н. Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера. Обзор литературы // Экология человека. 2012. № 1. С. 12—17.

6. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М. : Изд. центр «Академия», 2003. 302 с.

7. Кудрин А. В., Громова О. А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2007. 544 с.

8. Методические указания № 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Утв. МЗ России 7.02.1999

9. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30—32.

10. Решетник Л. А. Клинико-гигиеническая оценка микроэлементных дисбалансов у детей Прибайкалья : дис. ... д-ра мед. наук. 2000. 362 с.

11. Руководство по качеству питьевой воды. Гигиенические критерии и другая сопутствующая информация. Женева : ВОЗ, 1996. 57 с.

12. Сетко А. Г., Боев В. М. Медицина окружающей среды и социально-гигиенический мониторинг на урбанизированных и сельских территориях // Гигиена и санитария. 2006. № 1. С. 20—22.

13. Сидоров П. И., Гудков А. Б., Унгурияну Т. Н. Системный мониторинг общественного здоровья // Экология человека. 2006. № 6. С. 3—8.

14. Скальный А. В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал // Вестник С.-Петербургской ГМА им. И. И. Мечникова. 2002. № 1—2 (3). С. 62—65.

15. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М. : Изд. дом «Оникс 21 век» : Мир, 2004. 272 с.

16. Сусликов В. Л. Геохимическая экология болезней. М. : Гелиос, 2000. Т. 2. 672 с.

17. Экологическая физиология человека. Ч. 2. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям. Л. : Наука, 1980. 340 с.

#### References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Marachev A. G., Milovanov A. P. *Patologiya cheloveka na Severe* [Human pathology in the north]. Moscow, 1985, 416 p. [in Russian]
2. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A. Trace elements disbalance - diseases caused by deficiency, excess or disbalance of trace elements in the human and animal organism. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 1994, 2, pp. 53-57. [in Russian]
3. Agadzhanian N. A., Skalny A. V. Sezonnye kolebaniya obespechennosti organizma cheloveka makro- i mikroelementami [Seasonal fluctuations of macro and trace elements provision in the human organism]. *Atlas vremennykh variatsii prirodnykh antropogennykh i*

*sotsial'nykh protsessov* [Atlas of temporal variations of natural anthropogenic and social processes]. Moscow, 2002, vol. 3, pp. 489-496. [in Russian]

4. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Respubliki Komi v 2011 godu». Ministerstvo prirodnykh resursov i okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Komi [State report «On condition of the environment in the Komi Republic in 2011». Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic]. Syktyvkar, 2012, 267 p. [in Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N., Lukmanova N. B. Ecological-physiological characteristic of northern climatic factors. Literature review. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 1, pp. 12-17. [in Russian]

6. Dobrovolskiy V. V. *Osnovy biogeokhimii* [Fundamentals of biogeochemistry]. Moscow, 2003, 302 p. [in Russian]

7. Kudrin A. V., Gromova O. A. *Mikroelementy v immunologii i onkologii* [Trace elements in immunology and oncology]. Moscow, 2007, 544 p. [in Russian]

8. *Metodicheskie ukazaniya № 2.1.7.730-99. Gigienicheskaya otsenka kachestva pochvy naseleennykh mest* [Methodical instructions № 2.1.7.730-99. Hygienic evaluation of soil in residential areas]. Approved by Ministry of health of Russia 7.02.1999. [in Russian]

9. Nikanov A. N., Krivosheev Yu. K., Gudkov A. B. Influence of laminaria and the drink "Algapekt" on blood mineral composition in children - residents of Monchegorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-32. [in Russian]

10. Reshetnik L. A. *Kliniko-gigienicheskaya otsenka mikroelementnykh disbalansov u detei Pribaikal'ya (dok. dis.)* [Clinical-hygienic estimate of trace elements disbalance of children in the Cisbaikalia (Doctoral Thesis)]. 2000, 362 p. [in Russian]

11. *Rukovodstvo po kachestvu pit'evoi vody. Gigienicheskie kriterii i drugaya soputstvuyushchaya informatsiya* [Manual for drinking water quality. Hygienic criteria and other accompanying information]. Zheneva, WHO, 1996, 57 p. [in Russian]

12. Setko A. G., Boev V. M. Medicine of environment and social and hygienic monitoring in the urbanized and rural territories. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2006, 1 pp. 20-22. [in Russian]

13. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Unguryanu T. N. System monitoring of public health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2006, 6, pp. 3-8. [in Russian]

14. Skalny A. V. Establishment of limits of the permissible

content of chemical elements in hair of children using centile scales. *Vestnik S.-Peterburgskoi GMA im. I. I. Mechnikova* [Bulletin of North-Western State Medical University named I. I. Mechnikov]. 2002, 1-2 (3), pp. 62-65. [in Russian]

15. Skalny A. V., Rudakov I. A. *Bioelementy v meditsine* [Chemical elements in medicine]. Moscow, 2004, 272 p. [in Russian]

16. Suslikov V. L. *Geokhimicheskaya ekologiya boleznei* [Geochemical ecology of diseases]. Moscow, 2000, vol. 2, 672 p. [in Russian]

17. *Ekologicheskaya fiziologiya cheloveka. Ch. 2. Adaptatsiya cheloveka k razlichnym klimatogeograficheskim usloviyam* [Environmental human physiology. vol. 2. Adaptation of human to various climatic-geographical conditions]. Leningrad, 1980, 340 p. [in Russian]

#### ENVIRONMENTAL SITUATION AND TRACE ELEMENT STATUS OF CHILDREN AGED 1-3 YEARS IN UNURBANIZED TERRITORY OF RUSSIAN EUROPEAN NORTH

E. A. Bakaeva, A. V. Ereimeyshivili

*Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia*

With the use of the method of inverse voltammetry, we have analyzed some specific features of trace element status of children aged 1-3 years in Troitsko-Pechorsk of the Komi Republic taking into account the content of these elements in the environment (drinking water, snow cover). It has been found that the permissible content of zinc was observed in biosubstrates of 40 % of the examined children, copper - in 15 %, lead - in 20 %, and cadmium - in 65 %. The detected changes in the trace elements exchange in the examined children serve as a basis for formation of different diseases.

**Key words:** children, trace elements, environment, bio-substrates, diseases

#### Контактная информация:

*Бакаева Евгения Александровна* – аспирант факультета биологии и экологии ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова» Министерства образования и науки Российской Федерации

150000, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14

Тел. (4852) 47-82-98

E-mail: evgeniya-bakaeva@yandex.ru