

Итоги исследования элементного статуса населения, проживающего вблизи площадок длительного хранения нефтешламов

Байтелова А. И., Бурцева Т. И., Рахимова Н. Н.

Оренбургский государственный университет

Оренбург, Россия

baitelova@outlook.com; burtat@yandex.ru; rahimovann@mail.ru

Исследовано воздействие подвижных форм токсичных химических элементов, содержащихся в нефтешламах, на элементный статус взрослого населения исследуемых районов (с. Кинзелька, с. Архиповка, п. Переволоцкий и п. Первомайский Оренбургской области), где имеются необорудованные площадки длительного хранения нефтешламов. Биологический эффект от воздействия подвижных форм токсичных химических элементов определяли путем лабораторного анализа волос длиной 2–4 см 43 мужчин и 43 женщин, постоянно проживающих в радиусе 5 км от площадок длительного хранения нефтешламов. Исследование проводилось по 15 элементам. Проведенный анализ содержания токсичных микроэлементов в волосах обследованных жителей, показывает многократное превышение концентраций от 1,5 до 4 раз относительно верхнего референтного значения по таким химическим элементам как литий, алюминий, кобальт, натрий, марганец, никель, кадмий и свинец. Установлен дефицит кальция и цинка, что может рассматриваться как доминирование токсического воздействия на обменные процессы организма обследованных жителей. Был проведен расчет коэффициента влияния токсичных элементов на метаболизм эссенциальных элементов, таких как Ca и Zn. С целью оценки степени влияния токсичных металлов на метаболизм эссенциальных элементов Ca и Zn рассмотрены их соотношения Ca/Al , Pb и Zn/Cd , Pb по данным элементного спектра волос. Получены значения повышенной нагрузки токсичных элементов у людей, постоянно проживающих вблизи захоронений нефтешламов, что в конечном итоге отрицательно скажется на здоровье жителей близлежащих населенных пунктов и приведет как минимум к развитию хронического отравления, а как максимум к развитию онкологических заболеваний и сокращению продолжительности жизни населения обследованных районов.

Ключевые слова: биологический эффект, волосы, элементный состав, элементный статус, нефтешламы.

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленными исследованиями показано, что элементный состав волос является одним из самых информативных показателей при длительном воздействии негативных факторов окружающей среды на человека (Авцын, 1991; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008). Так же известно, что нефтешламы содержат в себе практически все элементы из периодической таблицы Менделеева, и огромное множество различных соединений, в том числе и особо токсичных. За счет этого нефтешламы относят к 3 и 4 классам опасности, поэтому они должны храниться на специально оборудованных площадках до момента их переработки и/или использования. Но, по понятным причинам это дорого, а объем выработки нефтешламов очень значительный, за счет этого мы достаточно часто наблюдаем нарушения правил хранения нефтешламов и их использования. Все вышеперечисленное приводит к значительному загрязнению окружающей среды и негативному влиянию на человека.

Цель исследования – определить биологический эффект от воздействия подвижных форм токсичных химических элементов, содержащихся в нефтешламах, на элементный статус взрослого населения исследуемых районов (с. Кинзелька, с. Архиповка, п. Переволоцкий и п. Первомайский Оренбургской области), где имеются необорудованные площадки длительного хранения нефтешламов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы для анализа были получены путем состригания человеческих волос с нескольких участков затылочной части головы пациента. Длина состриженных волос – 2–4 см, масса одной пробы – около 100 мг. Пробы волос были очищены и обезжирены путем помещения их в ацетон и оставлены до высыхания в сушильном шкафу. Далее пробы волос передавали в испытательный центр ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, где был проведен анализ волос на микроэлементы с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой Agilent 7900 ICP-MS.

Исследование проводили однократно, в осенние периоды 2022 и 2023 годов. Всего было обследовано 86 жителей от 20–60 лет из них 43 мужчины и 43 женщины, постоянно проживающих в радиусе 5 км от площадок длительного хранения нефтешламов. Основная профессия обследованных жителей – фермерство. На момент обследования все обследованные жители были здоровы. Исследование проводилось по 15 элементам. Результаты сравнивали с референтными значениями, установленными для жителей Российской Федерации (Афтанас и др., 2013).

Статистическая обработка материалов проводилась с использованием пакета программ Statistica. Тип распределения для выборок определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку среднего арифметического (m). Параметры с ненормальным распределением и наличием ряда экстремальных значений представляли, как медиану (Me), а в качестве мер рассеивания использовали 25–75 перцентилей (pc).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из полученных нами данных (табл. 1), в волосах обследованных жителей содержание макро- и микроэлементов схоже. Содержания кобальта в волосах соответствует уровню 75-го центиля или несколько превышает его. Обращает на себя внимание и содержание меди, цинка и железа, оно соответствует уровню 25-го центиля или несколько ниже. Все изученные показатели в волосах обследованных жителей входят в состав нефтешламов, загрязняющих окружающую среду этих населенных пунктов.

Так анализ содержания токсичных микроэлементов в волосах обследованных жителей, показывает многократное превышение от 1,5 до 3 раз относительно верхнего референтного

Таблица 1

Содержание жизненно необходимых микроэлементов в волосах жителей
обследованных поселков

Показатель	Содержание жизненно необходимых микроэлементов, мкг/г				
	$M \pm m$				
	Архиповка n=20	Кинзелька n=18	Переволоцкий n=26	Первомайский n=22	Центиль* 25–75
Натрий	506±148 ↑	537±142 ↑	607±153 ↑	706±168 ↑	73–331
Магний	198± 62 ↑	177±68 ↑	198±55 ↑	200±60 ↑	39–137
Калий	203±61 ↑	178±51 ↑	193±60 ↑	253±65 ↑	29–159
Кальций	1271±323	1121±312	878±288	971±316	494–1619
Марганец	3,2±0,84 ↑	3,8±0,88 ↑	3,4±0,89 ↑	4,2±0,984 ↑	0,32–1,13
Кобальт	0,135±0,023	0,123±0,02	0,159±0,016	0,165±0,026 ↑	0,04–0,16
Медь	11,3±2,5	9,4±2,7	12±1,86	12±2	9–14
Хром	0,614±0,144	0,627±0,14	0,874±0,154	0,814±0,145	0,32–0,96
Железо	12,3±34	11,3±28	12,3±0,39	11,5±43	11–24
Цинк	158±24,3	144±34,7 ↓	165±19	155±21	155–206

Примечание к таблице: * – по данным Л. И. Афтанас с соавторами (2014).

Таблица 2

Содержание токсичных микроэлементов в волосах жителей
обследованных населенных пунктах Оренбургской области (мкг/г, $M \pm m$)

Показатель	с. Архиповка n=20	с. Кинзелька n=18	п. Переволоцкий n=26	п. Первомайский n=22	Центиль* 25–75
Литий	0,049±0,001↑	0,069±0,002↑	0,089±0,001↑	0,099±0,002↑	0,00–0,04
Алюминий	17,9±3,26↑	18,1±26↑	17,3±2,28↑	18±3,18↑	6–18
Никель	0,503±0,025↑	0,723±0,021↑	0,703±0,021↑	0,715±0,023↑	0,14–0,53
Кадмий	0,14±0,015↑	0,13±0,017↑	0,33±0,013↑	0,353±0,016↑	0,02–0,12
Свинец	1,5±0,218↑	1,4±0,08	1,7±0,208↑	2,7±0,302↑	0,38–1,4

значения по таким химическим элементам как литий, алюминий, никель, кадмий и свинец соответственно (табл. 2).

Диагностическая информативность проведенного анализа волос заключалась в расчете коэффициента влияния токсичных элементов на метаболизм эссенциальных элементов, таких как Ca и Zn. С целью оценки биологического эффекта, мы проанализировали степени влияния токсичных металлов на метаболизм эссенциальных элементов Ca и Zn рассмотрены их соотношения Ca/Al, Pb и Zn/Cd, Zn/Pb по данным элементного спектра волос, коэффициент выражен в относительных единицах. Как известно из литературных данных метаболические связи этих химических элементов подтверждаются следующими положениями:

1. Установлена способность алюминия влиять на функцию паращитовидных желез, продуцирующих основной гормон, способный регулировать баланс кальция в организме человека (Скальный В.В., Рудаков И.А., 2004);

2. Отмечена положительная высокая корреляция среднего содержания Ca/Al $r=0,864$ ($p<0,05$), а Ca/Pb весьма заметная и составляет $r=0,534$ ($p<0,05$), что отражает взаимоотношения, формирующиеся в процессе регулирования в организме человека их обмена.

3. Показана достоверная и весьма заметная корреляционная связь в паре Zn/Cd $r=0,653$ и Zn/Pb $r=0,535$, данные показатели нам позволяют с уверенностью говорить о влиянии их на физиологические процессы организма человека.

К сожалению, в современной научной литературе нет установленных регламентированных уровней индексов отношений макро- микроэлементов, но нам удалось найти ранее полученные индексы в результате проведенных исследований. Так в работе Н. А. Гресь и Е. О. Гузик (2015). индекс Ca/Al составляет от 40 до 170, тогда как мы его определяем на уровне 20 условных единиц. Что касается коэффициента отношений Ca/Al, Ca/Pb, Zn/Cd, Zn/Pb, то авторы не нашли никаких данных, однако смогли их определить в настоящем исследовании, и они составляют 20, 109, 405 и 32 соответственно. Показатели определены в результате деления значения медиан (Me) исследуемых элементов. Для сравнения полученных индексов и в качестве нормальных авторы решили рассчитать индексы отношений по верхним референтным значениям, таким образом они составили Ca/Al – 90, Ca/Pb – 1157, Zn/Cd – 1717, Zn/Pb – 148. Оценивая полученные значения пропорций, авторы рассматривали в качестве негативного фактора влияния как чрезвычайно высокие значения всех токсичных элементов в волосах обследованных жителей, так и низкий уровень обеспеченности кальцием и цинком. Осознавая относительность такой оценки показателя, возможно ориентироваться на низкие значения коэффициента Ca/Al, Ca/Pb, Zn/Cd, Zn/Pb, как выражения высокого токсического эффекта повышенных доз алюминия и свинца на метаболизм кальция, а кадмия и свинца на метаболизм цинка. Кроме того, в нашей ситуации, когда имеет место установленный дефицит кальция и цинка, эти значения могут рассматриваться как доминирование токсического воздействия на обменные процессы организма обследованных жителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге согласно приведенным данным показана повышенная в 1,5–3 раза нагрузка токсичных элементов у людей, постоянно проживающих вблизи захоронений нефтешламов, что согласуется с ранее полученными данными. Причем, эти показатели в своем большинстве схожи и не зависят от места образования нефтешлама (Бурцева и др., 2024). Кроме того, ситуация ухудшается в связи с установленным нами низким уровнем содержания жизненно необходимых элементов в организме обследованных жителей, таких как цинк, железо и кальций, что в конечном итоге отрицательно скажется на здоровье жителей близлежащих населенных пунктов и приведет как минимум к развитию хронического отравления, а как максимум к развитию онкологических заболеваний и сокращению продолжительности жизни населения обследованных районов, что подтверждают и ранее проведенные исследования (Бабенко Г.А., 2000; Серебрянский Е.П., 2003). Для определения биологического эффекта мы использовали негативный фактор влияния чрезвычайно высоких значений всех токсичных элементов в волосах обследованных жителей на низкий уровень обеспеченности кальцием и цинком. Несмотря на относительность такой оценки представляется возможным ориентироваться на низкие значения коэффициентов Ca/Al , Ca/Pb , Zn/Cd , Zn/Pb , как выражения отрицательного биологического эффекта воздействия повышенных доз алюминия и свинца на метаболизм кальция, а кадмия и свинца на метаболизм цинка. Кроме того, имеет место установленный дефицит эссенциальных элементов, таких как кальций и цинк, а эти значения мы рассматриваем как доминирование токсического воздействия на обменные процессы организма обследованных жителей.

Надо отметить, что в радиусе 5 км от площадок временного хранения нефтешламов расположены земли сельскохозяйственного назначения, и они активно используются под посевы зерновых культур. Мы предполагаем, что продукция, полученная с этих земель, будет нести в себе определенную токсическую нагрузку, так как кадмий и свинец легко мигрируют в пищевые цепочки, что ранее было показано в научных исследованиях (Сальникова, Сизенцов, 2024).

Следующим этапом исследования мы считаем необходимым провести отбор проб окружающей среды (почва, зерно и т. д.) для установления уровня токсической нагрузки на население от необорудованных площадок длительного хранения нефтешламов.

Список литературы

- Афтанас Л. И., Скальный А. В., Киселев М. Ф. Элементный статус населения России. Ч. 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федерального округов. – СПб.: Медкнига «Элби-СПб», 2013. – 576 с.
- Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 576 с.
- Бабенко Г. А. Микроэлементозы человека: патогенез профилактика, лечение. // Микроэлементы в медицине, 2001. Т. 2, вып. 1. – С. 2–5.
- Бурцева Т. И., Байтелова А. И., Солопова В. А., Сальникова Е. В., Побилат А. Е. К вопросу о негативном влиянии нефтешламов на население // Экология урбанизированных территорий, 2024. – № 2. – С. 53–58.
- Гресь Н. А., Гузик Е. О. Гигиенические аспекты формирования элементоза избытка алюминия у человека. // Микроэлементы в медицине. – 2015. – Т. 16. – С. 28–36.
- Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
- Сальникова Е. В., Бурцева Т. И., Скальный А. В. Микроэлементный статус населения Оренбургской области // Экология человека. – 2019. – № 1. – С. 10–14.
- Сальникова Е. В., Сизенцов А. Н. Оценка степени влияния кадмия на организм животных в модельном эксперименте острой интоксикации // Микроэлементы в медицине. – 2024. – Т. 25, вып. 3. – С. 5.
- Серебрянский Е. П. Нагрузка населения г. Москвы мышьяком, кадмием, хромом, никелем и свинцом и ее связь с окружающей средой // Микроэлементы в медицине, 2003. – Т. 4, вып. 3. – С. 13–19.
- Скальная А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.

Baitelova A. I., Burtseva T. I., Rakhimova N. N. The Results of the Study on the Elemental Status of the Population Living in the Vicinity of Long-Term Oil Sludge Storage Sites // *Ekosistemy*. 2025. Iss. 42. P. 25–29.

This research examines the impact of mobile forms of toxic chemical elements contained in oil sludge on the elemental status of the adult population in the studied areas (the villages of Kinzelka and Arkhipovka, and the settlements of Perevolotsky and Pervomaysky in the Orenburg region). These areas contain unequipped sites designated for long-term storage of oil sludge. The biological effects of exposure to these mobile forms of toxic chemical elements were assessed through laboratory analysis of hair samples (2–4 cm in length) collected from 43 men and 43 women who reside permanently within a 5 km radius from long-term oil sludge storage sites. The study focused on 15 elements. The analysis of toxic trace elements in the hair of the surveyed residents revealed concentrations that exceeded reference values by 1.5 to 4 times for several chemical elements including lithium, aluminum, cobalt, sodium, manganese, nickel, cadmium and lead. A deficiency of calcium and zinc was also identified, which can be considered as the predominance of toxic effects on the metabolic processes in the bodies of the surveyed residents. Furthermore, the coefficient of influence of toxic elements on the metabolism of essential elements such as Ca and Zn was calculated. To assess the extent of the impact of toxic metals on the metabolism of the essential elements Ca and Zn, the ratios of Ca/Al, Pb and Zn/Cd, Pb were analyzed based on the elemental composition of hair samples. The results indicate an increased burden of toxic elements in individual permanently residing in the vicinity of oil sludge burial sites. The situation is likely to adversely affect the health of residents of nearby settlements and will lead to chronic poisoning at a minimum, and, in severe cases, and, in severe cases, the development of oncological diseases and a reduction in life expectancy among the population in the surveyed areas.

Key words: biological effect, hair, elemental composition, elemental status, oil sludge.

Поступила в редакцию 10.12.24

Принята к печати 10.04.25