

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

УДК 57.044

Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора экологического загрязнения

*Побилат А.Е.¹, Киричук А.А.¹, Баранова О.В.², Скальный А.В.^{1,3}, Грабеклис А.Р.^{1,3},
Бурцева Т.И.²*

¹Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы

²Оренбургский государственный университет

³Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России

Аннотация

Сегодня актуальными являются исследования содержания и влияния на организм химических элементов. Особенно важно проведение таких исследований в областях, подверженных воздействию негативных факторов внешней среды (например, промышленному загрязнению атмосферы, загрязнению почвы химикатами и др.). При этом, флуктуации содержания микроэлементов в окружающей среде неизбежно оказывают влияние и на живые организмы, в том числе и на человека. Так, накопление токсичных химических элементов в объектах окружающей среды, с высокой долей вероятности, приведет к дисбалансу элементного состава организма человека. При этом наблюдается не только избыточное содержание тяжелых металлов, но и дефицит эссенциальных микроэлементов. Всё это влияет на здоровье человека, функционирование организма, иммунитет и др. Поэтому следует исследовать накопление химических элементов в теле человека с целью коррекции элементного статуса. Также оценка содержания элементов в организме человека и отдельных его биосубстратах может служить для мониторинга экологической ситуации на той или иной территории.

Ключевые слова: ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Введение

Сегодня всё большее число исследований начинает уделять внимание особенностям микроэлементного статуса, что связано и с его изучением у населения, проживающего на определенных территориях – биогеохимических провинциях, а также в районах интенсивного промышленного производства [1]. При этом население таких территорий оказывается подвержено воздействию негативных факторов внешней среды, в том числе и дисбалансу содержания химических элементов в окружающей среде. Поэтому, в настоящее время все большую значимость приобретает изучение состояния окружающей среды в различных регионах на основе мониторинга накопления химических элементов в теле человека. При этом волосы являются наиболее удобным видом биосубстрата, по которому можно оценивать экологическую ситуацию в той или иной области [2]. Так как известно, что волосы являются депо различных элементов, их можно использовать как отправную точку мониторинга окружающей среды на предмет её загрязнения тяжелыми металлами и другими токсикантами [3]. Волосы являются наиболее удачными индикаторами в таком случае, так как процесс их сбора и обработки не является трудозатратным. Применение анализа волос в экологических исследованиях обусловлено тем, что считается, что имеется корреляция между процессами загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы и содержанием химических элементов в волосяном покрове человека. Интересным представляется оценка элементного статуса в зависимости от удаленности от мест, являющихся потенциальными загрязнителями [4].

Ученые полагают, что доказана взаимосвязь между показателями, отражающими состояние человека и тем элементным составом, который обнаруживается в среде, его окружающей [5]. Несомненно, что поддержание гомеостаза организма – это необходимое условие для поддержания нормальной жизнедеятельности человека. Однако, влияние совокупности элементов в окружающей среде может нарушить гомеостаз [6]. В этой связи оценка элементного состава волос может служить перспективным, простым и малозатратным способом выявления групп населения, требующих более углубленных исследований состояния здоровья.

Также применение волос как индикатора загрязнения окружающей среды может быть применено для составления карт, отражающих места, наиболее загрязненные выбросами промышленных предприятий, автотранспортом и др. На их основе возможно

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

будет выявлять зоны экологического бедствия и составлять рекомендации для населения, в них проживающих [7].

Изучение микроэлементного статуса человека

Исследования окружающей среды часто направлены на оценку того, как токсичные элементы в совокупности оказывают воздействие на популяцию. Это воздействие отражает элементный статус волосяного покрова, при этом неважно, как токсичные элементы действуют на организм – снаружи или изнутри. При этом важно методически правильно проводить данные исследования. Пряди волосы и участок головы, с которого они берутся, должны быть одинаковы для всех респондентов на протяжении всего исследования. Считается, что прядь длиной в 10 мм отражает совокупное воздействие элементов окружающей среды в течении примерно 50-60 дней. Это связано с тем, что волос вырастает на 10 мм за 30 дней и около 21 дня проходит, прежде чем волос появится на поверхности кожи [8]. Чаще всего в экологических исследованиях используют волосы длиной 30 мм, что отражает эффект воздействия элементов в течении 120 дней. Однако, с увеличением длины волос возрастает неопределенность интерпретации полученных данных. Это связано с тем, что существуют другие события, которые могли повлиять на результат (например, время года, употребление медикаментов и др.).

Так как волосы могут накапливать элементы, поступающие извне, для интерпретации результатов следует учитывать их неодинаковое содержание по длине исследуемого участка и необходимости принять нулевую точку для выведения корреляций. Во-многом, это относится к тем химическим элементам, которые имеют возрастающее распределение — свинец, стронций, кадмий, барий и т.д. С учетом всех особенностей распределения химических элементов можно узнать состояние микроэлементного статуса организма с минимальными погрешностями [9].

Мониторинг содержания микроэлементов в волосах позволяет решать целый спектр задач, стоящих перед наукой:

- индикация загрязнения окружающей среды [10];
- оценка вредных факторов, влияющих на сотрудников промышленных предприятий [11];

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

- выявление корреляций элементного статуса волосяного покрова с такими факторами как сила и продолжительность воздействия выбросов элементов в процессе антропогенной деятельности на человека [12]; пол [13], возраст [14], местожительства [15] и т.д.

Содержание микроэлементов в волосах как индикатор неблагополучия экологической обстановки

В работе Chojnacka K. с соавторами содержание микроэлементов в волосах населения использовалось как критерий определения воздействия объектов промышленного производства на окружающую среду. Было обнаружено, что волосы являются ценным индикатором загрязнения окружающей среды в промышленных районах. Так, наибольшее содержание в волосах было характерно для Al, As, Cd, Hg, Ni и Pb. Объяснением может служить проживание вблизи ТЭЦ, близость к заводу цветных металлов и другим промышленным объектам, а также взаимодействие элементов в организме человека. Кроме того, выявлены статистически значимые различия между содержанием Ni в волосах мужчин и женщин. Таким образом, исследователи показали, что содержание минералов в волосах отражает воздействие элементов окружающей среды [16].

Наряду с гендерными различиями, для исследователей также достаточно интересным является сравнение возрастного критерия, влияющего на распределение и накопление элементов в волосах. Так, в работе Kuangfei L. с соавторами содержание микроэлементов в волосах оценивались у населения провинции Хубэй, Китайская Народная Республика, отличающейся высоким уровнем промышленного загрязнения. Одновременно с изучением содержания меди, цинка, свинца и кадмия в волосах детей и взрослых, также были исследованы на содержание металлических элементов образцы почвы и риса, произрастающие в данной провинции. Исследователями было показано, что содержание меди, свинца и кадмия в почве и рисе было выше в местности, расположенной ближе к источнику загрязнения (медеплавильный завод). Содержание меди, свинца и кадмия в волосах было выше у жителей загрязненных территорий по сравнению с жителями незагрязненных территорий. Важно отметить, что по данным исследователей, содержание кадмия в рисе и человеческих волосах линейно коррелировало. При этом между двумя полами не было обнаружено различий в отношении содержания металлов в

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

волосах, но, что касается возраста, то содержание кадмия в волосах было самым высоким в старших возрастных группах, что может отражать хроническое воздействие. То есть авторы упомянутого исследования сделали вывод, что содержание кадмия, свинца и меди в волосах человека действительно отражает степень загрязнения окружающей среды [17].

Таким образом, анализ содержания токсических элементов в волосах, может быть использован как биомаркер воздействия на человека загрязнения окружающей среды.

Так, в ранее проведенной нами работе, было показано, что с возрастом происходит определенная адаптация элементного статуса людей к условиям проживания в каждом конкретном регионе, отражая, таким образом, адаптационный потенциал популяций. Это сопровождается некоторыми изменениями в элементном статусе взрослого населения по сравнению с детьми [18].

Интересны выводы, полученные нами в ходе мониторинга содержания микроэлементов в волосах детей и взрослых на территории Сибирского и Дальневосточных округов. Так, несмотря на существенные дисбалансы химических элементов в детском возрасте у жителей Иркутской, Новосибирской областей, Алтайского края, Сахалинской области, у взрослых многие имевшиеся у детей гипер- и гипозэлементозы в условиях этих субъектов федерации компенсируются. Можно предположить, что это происходит за счет высокого уровня развития медицинской помощи и профилактики, лучшего качества питания, которые с годами компенсируют недостатки в обмене макро- и микроэлементов, возникающие у менее приспособленных к воздействию неблагоприятно влияющих факторов детей. В Иркутской, Новосибирской областях, Алтайском крае традиционно очень развита педиатрическая наука, проводятся масштабные медико-экологические исследования, что не может не сказываться положительно на состоянии здоровья населения [19].

Негативные тенденции, когда с возрастом показатели элементного статуса ухудшаются, отмечены нами у жителей Омской области, Республик Хакасия, Бурятия (СФО) и Хабаровского края (ДФО). Обобщив все полученные данные, можно предположить, что, в целом, наиболее неблагоприятными для здоровья всего населения с точки зрения его элементного статуса и адаптации к условиям среды обитания являются такие территории СФО как Иркутская область, Республика Хакасия, Республика Бурятия, Томская и Кемеровская области, Алтайский край, а также Приморский край ДФО [19].

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

Ученые полагают [20], что соотношение между собой химических элементов в волосах и их содержание, являются комплексным отражением того, какое время и силу воздействия оказала окружающая среда (например, проживание в местах вблизи промышленных предприятий, химический состав пищи и воды, половозрастная принадлежность, интенсивность физиологических процессов, протекающих в теле). Однако, интерпретация полученных результатов должна учитывать, что воздействие могли быть самыми разнообразными и их учет, зачастую, бывает довольно сложным и требует сложных математических вычислений. Необходимо учитывать, что не только внешнее и внутреннее воздействие химических элементов может влиять на содержание элементов в биосубстрате, но и такие факторы, как полноценность рациона по химическому составу, работа мочевыделительной системы, активность печеночных ферментов, прием медикаментов, различные хронические заболевания и т.д. Необходимо учитывать, что у мужчин и женщин, по результатам эмпирических данных, разнятся металлы, которые имеют способность к наибольшему накоплению. Так, у женщин в волосах преимущественно накапливается кальций и магний, в то время как у мужчин – калий, натрий и железо. Имеет значение и возраст, так, у детей, прежде всего, мужского пола, обнаруживается, что волосы характеризуются высоким содержанием металлов-токсикантов (прежде всего – кадмий, свинец и др.). При этом накопление тяжелых металлов у детей может быть выше даже по сравнению со взрослыми, работающими на вредных производствах.

Поэтому в основу расчета риска развития гипер- и гипозлементозов в вышеуказанных работах было положено использование не абсолютных, а относительных показателей, то есть не содержания, а распространенности превышения верхних и нижних уровней содержания химических элементов в волосах согласно разработанной в АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) медицинской технологии «Выявление и коррекция нарушений минерального обмена организма человека» [21].

В работе Радилова А.С. с соавторами показано, что обнаруживаются различия между возрастными группами по экотоксикантам. Так, наиболее часто встречающиеся элементы, чье содержание превышало норму, были разными, в зависимости от возрастного показателя. Так, для детей в районе экологического бедствия, такими токсикантами явились кремний и олово, а для взрослых – алюминий, литий, олово, свинец, стронций. Содержание

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

элементов у взрослого населения было превышено у 64-98 % исследуемых человек, проживающих на юге страны. Таким образом, на территории Краснодарского края и Ростовской области состояние окружающей среды вызывает опасения с экологической точки зрения и возможного негативного влияния на организм человека. При этом в г. Армянск у взрослого населения были выявлены дефициты различных химических элементов, прежде всего таких необходимых, как медь, цинк, хром и др. У детей же наиболее часто выявляемы были гипоземтозы, связанные с недостатком марганца, железа и селена. Вышеизложенные данные говорят в пользу того, что обнаружение дисбаланса в содержании химических элементов в волосах требует проведения углубленного обследования показателей здоровья человека, а также изучение экологических параметров места проживания. Особую тревогу в этом случае должно вызывать накопление тяжелых металлов одновременно со снижением содержания жизненно важных минералов [22].

Изучение элементного состава волос населения на различных территориях может стать хорошим критерием для оценки экологической ситуации в отношении загрязнения тяжелыми металлами, но данная тема требует продолжения углубленных исследований на этих участках [23].

Всё вышесказанное указывает также на необходимость тщательного изучения мест, в которых проводится экологический мониторинг. При этом вышеизложенные результаты исследований свидетельствуют в пользу включения в программу мониторинга изучение элементного статуса биосубстратов, прежде всего – волос, как наиболее быстрого и простого метода оценки содержания микроэлементов в теле. Поэтому изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора экологического загрязнения и, таким образом, интегрального показателя экологической ситуации является актуальным и требует дальнейших исследований.

Заключение

Принято считать, по результатам практических исследований, что для человека неблагоприятным с точки зрения здоровья и поддержания гомеостаза в организме является как дефицит эссенциальных микроэлементов, так и избыточное содержание элементов, прежде всего, тяжелых металлов. При этом, дефициты и профициты

микроэлементов могут неблагоприятно потенцировать друг друга, приводя к дисбалансу внутренней среды организма человека. Всё это, в конечном счете, приводит к срыву адаптации и проблемам со здоровьем не только в существующей популяции, но и в следующих поколениях.

С точки зрения не только биологов, экологов, но и социологов и демографов, регионы с менее выраженными дисбалансами химических элементов у населения имеют больший потенциал для повышения производительности труда, снижения давления социальных факторов, обусловленных в том числе и неблагоприятной (или недостаточно положительной) динамикой медико-демографических показателей, чтобы оказать существенное влияние на социально-экономический рост. Оптимальная обеспеченность организма человека и популяции в целом жизненно важными веществами, в том числе микронутриентами, при снижении нагрузки токсикантами может стать мощным рычагом управления здоровьем и демографическими процессами.

Список использованных источников:

1. Umarova G. et al. Essential Trace Elements in Scalp Hair of Residents across the Caspian Oil and Gas Region of Kazakhstan // *Toxics*. – 2022. – Т. 10. – №. 7. – С. 364.
2. Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Microelement misbalance in the elderly people residing in the north regions // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*. – 2019. – Т. 19. – №. 5.2. – С. 531-538.
3. Noguchi T. et al. Applicability of human hair as a bioindicator for trace elements exposure // *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry–Environmental Pollution and Ecotoxicology*. – 2012. – С. 73-77.
4. Jiemuratova G.K. et al. Features of changes in some microelements in children of the aral sea region // *European science review*. – 2022. – №. 5–6. – С. 16–20.
5. Агаджанян Н.А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н.А. Агаджанян, А.В. Скальный. – второе издание. – М: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2001. – 83 с.
6. Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека // *Гигиена и санитария*. – 2019. – Т. 98. – №. 2. – С. 148–152.
7. Сальникова Е.В., Детков В.Ю., Скальный А.В. Аккумуляция эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в волосах жителей России // *Микроэлементы в медицине*. – 2016. – Т. 17. – №. 2. – С. 24-31.

8. Павлова А.З. Волосы человека: учебное пособие. - Чебоксары, 1998. - 32 с.
9. Чанчаева Е.А. и др. Референтные значения концентрации кадмия в волосах жителей Горного Алтая // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100. – №. 4. – С. 307-312.
10. Кудин М.В. Микроэлементный состав волос и ногтей у детей, проживающих в условиях воздействия цементной пыли // Вопросы детской диетологии. – 2010. – Т. 8. – №. 6. – С. 47-50.
11. Даминова Л.А. Актуальность выявления и коррекции микроэлементозов у специалистов опасных профессий // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2019. – №. 1 (49). – С. 27-41.
12. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. – 2013. – №. 11. – С. 3–12.
13. Chojnacka K. Inter-relationship between elements in human hair: the effect of gender // Ecotoxicology and environmental safety. – 2010. – Т. 73. – №. 8. – С. 2022-2028.
14. Vinogradova I.A., Varganova D.V., Lugovaya E.A. Gender and Age Related Macro- and Trace Minerals Estimation Survey among the European North Residents // Advances in Gerontology. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 286-293.
15. Cai J. et al. Comparations of major and trace elements in soil, water and residents' hair between longevity and non-longevity areas in Bama, China // International Journal of Environmental Health Research. – 2021. – Т. 31. – №. 5. – С. 581-594.
16. Chojnacka K., Saeid A., Michalak I., Mikulewicz M. Effects of Local Industry on Heavy Metals Content in Human Hair // Polish Journal of Environmental Studies. – 2012. – Т. 21. – №. 6.
17. Kuangfei L., Yaling X., Xuefeng L., Zuoli W., Bukkens S.G., Tommaseo M., Paoletti M.G. Metallic elements in hair as a biomarker of human exposure to environmental pollution: a preliminary investigation in Hubei Province // Critical reviews in plant sciences. – 1999. – Т. 18. – №. 3. – С. 417-428.
18. Афтанас Л.И., Березкина Е.С., Бонитенко Е.Ю., Вареник В.И., Грабеклис А.Р., Демидов В.А., Киселев М.Ф., Нечипоренко С.П., Николаев В.А., Скальный А.В., Скальная М.Г. Элементный статус населения России. Часть 2. Элементный статус населения Центрального федерального округа / под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. — СПб.: Медкнига «Элби-СПб», 2011. — 432 с.
19. Элементный статус населения России / Л.И. Афтанас, Е.С. Березкина, Е.Ю. Бонитенко [и др.]. Том Часть 5. – Санкт-Петербург : ООО "Медкнига"ЭЛБИ", 2014. – 544 с.
20. Анализ обеспеченности химическими элементами и витаминами-антиоксидантами коренного и некоренного населения Ханты-Мансийского автономного округа - Югры // Особенности состояния метаболического профиля элементного и микронутриентного статуса у коренного и пришлого населения урбанизированного Севера

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И.
Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора
экологического загрязнения

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

/ Ханты-Мансийская государственная медицинская академия. – Воронеж : Издательство «Ритм», 2021. – С. 5-133.

21. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биотической медицины») // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4. – №. 1. – С. 55-56.

22. Радиллов А.С., Комбарова М.Ю., Павлова А.А., Горбунов А.Ю., Гуляев Д.В., Карманов Е.Ю. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации // Медицина экстремальных ситуаций. – 2020. – Т. 22. – №. 1. – С. 49–60.

23. Евстафьева Е.В. и др. Мониторинг тяжелых металлов в компонентах среды и организме жителей на территории городов Севастополя и Симферополя // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами: труды международной конференции (28–30 сентября 2022 г., Тула). – 2022. – С. 48–52.
=====

Цитирование:

Побилат А.Е., Киричук А.А., Баранова О.В., Скальный А.В., Грабеклис А.Р., Бурцева Т.И. Изучение элементного статуса населения различных промышленных районов как индикатора экологического загрязнения [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_619.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202136619>.