

УДК 612.015

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В КОНДЕНСАТЕ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА КАК ИНДИКАТОР ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Егорова М.В.^{1,2}, Федорова Н.Е.¹, Родионов А.С.¹

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф.Эрисмана» Роспотребнадзора,
Мытищи, Россия;

²ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального
образования Минздрава России, Москва, Россия

В работе представлены методические подходы к определению содержания металлов в образцах конденсата выдыхаемого воздуха для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения и прогнозирования развития патологических состояний. Приведены условия электротермального атомно-абсорбционного определения меди, железа, цинка, хрома, кобальта и никеля. Получены данные о количественных уровнях содержания элементов в образцах конденсата выдыхаемого воздуха у детей из разных по степени загрязнения металлами районов.

Ключевые слова: конденсат выдыхаемого воздуха, атомно-абсорбционный анализ, тяжелые металлы

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

METAL CONTENT IN THE EXHALED AIR CONDENSATE AS AN ENVIRONMENTAL FACTOR INDICATOR

Egorova M.V.^{1,2}, Fedorova N.E.¹, Rodionov A.S.¹

¹The Federal Budgetary Establishment of Science «Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman » of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Russia

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Healthcare of Russia, Moscow, Russia

The methodological approaches to the identification of metal content in samples of exhaled air condensate to assess the impact of atmospheric pollution on public health and predict the development of pathology are presented. The conditions for electrothermal atomic absorption determination of copper, iron, zinc, chromium, cobalt and nickel are considered. Data on the quantitative levels of the elements content in the samples of exhaled air condensate obtained from children living in different metal pollution areas are presented.

Key words: exhaled air condensate, electrothermal atomic absorption spectrometry, heavy metals

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

Традиционно оценка влияния на здоровье человека техногенных факторов среды обитания, в том числе и загрязнения тяжелыми металлами, базируется на исследовании устоявшегося круга биологических сред - кровь и моча, волосы. В последнее время все чаще начинает использоваться такая перспективная

неинвазивная биосреда, как выдыхаемый воздух. Анализируется, как правило, конденсат выдыхаемого воздуха (КВВ), отбор которого может быть легко осуществлен при помощи как промышленно выпускаемых устройств [9], так и всевозможных самодельных приспособлений [7]. Предложенный в конце 70-х годов подход к использованию КВВ в качестве маркера для выявления самых различных патологий организма, прежде всего бронхолегочных, в настоящее время позволил установить наличие в конденсате более 1000 различных субстанций и соединений [2, 3, 10].

Конденсат выдыхаемого воздуха идентичен по биохимическому составу легочному сурфактанту - липидно-белково-углеводному комплексу, выстилающему внутреннюю поверхность альвеол [1]. Существует неоднократно подтверждаемое предположение о том, что изменения концентрации химических веществ в КВВ под действием факторов различного характера имеют ту же направленность, что и в других биосредах организма – крови, легочной ткани, бронхоальвеолярной жидкости [3].

К сожалению, в литературе имеются весьма скудные сведения о содержании в КВВ токсичных или эссенциальных металлов, что затрудняет использование этой информации в оценке влияния факторов среды на здоровье человека [6].

Основные проблемы при решении задачи количественного определения металлов в образцах КВВ связаны с ограниченным объемом проб и ожидаемыми низкими концентрациями большинства элементов, что вызывает необходимость поиска возможности снижения пределов обнаружения. Кроме того, КВВ, как и любая другая биосреда, представляет собой сложную органическую матрицу, поэтому необходимо создать условия для снижения возможных матричных эффектов.

С точки зрения возможностей инструментального анализа несомненным преимуществом для исследования КВВ обладают методы масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС). Однако применение его в современных лабораториях пока еще очень ограничено.

Целью настоящего исследования являлся поиск оптимальных условий проведения количественного определения ряда металлов в образцах конденсата выдыхаемого воздуха (КВВ) методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермальной атомизацией (ААС-ЭТА), а также установление уровня естественных содержаний металлов в исследуемой биосреде для оценки возможности использования данных показателей в качестве биомаркеров при оценке воздействия факторов среды обитания на организм человека.

Материалы и методы исследования.

В исследовании использованы образцы КВВ, отобранные при проведении гигиенических исследований, проводимых ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, у 149 детей 5-6 лет одного из регионов России, проживающих в районах, различных по уровню загрязнения тяжелыми металлами. При выборе условий атомно-абсорбционного определения элементов использовали модельную среду, для приготовления которой объединяли образцы КВВ нескольких добровольцев с целью получения объема, достаточного для методических разработок.

Отбор проб КВВ осуществляли в поглотитель Полежаева, помещенный в ёмкость со смесью льда и хлористого натрия для более полной конденсации. Влагу отбирали в течение 20-25 минут при нефорсированном дыхании до достижения объема 1,0-1,5 мл. Конденсат сразу переводили в пробирки Eppendorf, плотно закрывали и помещали в термососуд, наполненный сухим льдом для транспортировки к месту проведения анализа. Содержание в КВВ меди, железа, цинка, хрома, кобальта и никеля, контролировали методом электротермальной атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС-ЭТА) с использованием спектрофотометра VARIAN 280Z с

зеemanовской коррекцией фона. Образцы КВВ вводили в графитовую кювету спектрофотометра после размораживания при комнатной температуре без их предварительной пробоподготовки и без разбавления.

При приготовлении фонового раствора для ААС во избежание контаминации тяжелыми металлами применяли азотную кислоту 69% для анализа следовых количеств металла (ppb) фирмы Panreac.

Результаты и обсуждение.

Выбранные для анализа тяжелые металлы относятся к эссенциальным и действуют как координаторы ферментов, витаминов в организме: кобальт – витамин В12, хром обеспечивает толерантность глюкозы, железо и медь участвуют в образовании гемоглобина, цинк – компонент многих ферментов, никель также участвует в ферментативных процессах [6]. Вместе с тем, все эти элементы достаточно часто являются ведущими загрязнителя среды обитания, особенно в районах размещения металлургических предприятий.

Ограниченный объем пробы для исследования нескольких показателей делает невозможным применение пламенных способов атомизации, поэтому основное внимание было сосредоточено на подборе условий ЭТА.

Условия, представленные в таблице 1, обеспечили возможность количественного определения выбранных для исследования элементов в образцах КВВ в диапазонах 0,5 – 10 нг при введении в кювету от 10 до 50 мм³ образца.

Таблица 1

Аналитические условия определения элементов в КВВ

| Элемент | Длина волны, нм | Температурная программа, °С | | | Предел обнаружения, нг |
|---------|-----------------|-----------------------------|---------|------------|------------------------|
| | | Высушивание | Пиролиз | Атомизация | |
| Медь | 324,7 | 100 | 900 | 2550 | 0,1 |
| Железо | 248,3 | 100 | 1200 | 2500 | 0,2 |
| Цинк | 213,9 | 125 | 500 | 1900 | 0,1 |
| Хром | 357,9 | 100 | 1200 | 2700 | 1,0 |
| Никель | 232,0 | 100 | 1200 | 2700 | 1,0 |
| Кобальт | 240,7 | 100 | 900 | 2550 | 0,5 |

Продолжительность высушивания устанавливалась в зависимости от объема вводимой аликвоты. Длительность пиролиза составляла не менее 30 с, атомизации – 10 с. После атомизации для всех элементов добавлялась стадия обжига кюветы в течение 2-3 секунд при максимальной температуре атомизатора.

Следует отметить, что неразбавленные образцы КВВ могут быть несколько вязкими, поэтому при исследовании предпочтение следует отдать ручному способу ввода пробы в графитовую кювету атомизатора, что одновременно позволяет контролировать расход пробы.

Определение проводили с Зеemanовской коррекцией неселективного поглощения без модификации матрицы, так как КВВ содержит в числе прочих молекул и пероксид водорода [1], который сам применяется в качестве модификатора [4].

Данные по абсолютному содержанию металлов в образцах конденсата, отобранных среди детей незагрязненного района, позволили установить присутствие всех исследованных элементов (таблица 2)

Таблица 2

Содержание металлов в конденсате выдыхаемого воздуха (мкг/дм³)

| Элемент | Среднее значение | Интервал содержаний | Число наблюдений |
|---------|------------------|---------------------|------------------|
| Медь | 19,1 | 10-28 | 125 |
| Железо | 64 | 22-108 | 122 |
| Цинк | 71 | 52-93 | 121 |
| Хром | 7,5 | 8-9 | 121 |
| Никель | 25 | 14-38 | 114 |
| Кобальт | 7,9 | 3-15 | 121 |

Аналогичные данные по содержанию меди, железа и цинка (ведущих загрязнителей региона проживания) в пробах КВВ у детей из промышленного района (24 человека) в целом укладываются в те же диапазоны, однако средние значения (в мкг/дм³) по группе выше: для меди – 33,0 (диапазон 18-52); цинк – 91,3 (52-155); железо – 83 (45-105).

Исходя из положения о большей стабильности не столько абсолютных количественных значений, а соотношений элементов, близких по химическим свойствам [5, 6] было рассчитано и проанализировано изменение соотношения содержания пары элементов “цинк - медь” в исследуемой биосреде, поскольку именно эти элементы участвуют в реакциях перекисного окисления липидов (ПОЛ), проявляя про- или антиоксидантные свойства [5]. Изменение количественных параметров этих элементов в КВВ как в биосреде может свидетельствовать о нарушении равновесия процессов ПОЛ – продуцирования свободных радикалов с одной стороны, и антирадикальной защиты - с другой.

В данном исследовании показатель соотношения “цинк - медь” в промышленном районе (2,77) значительно ниже, чем в условно чистом (3,72), что указывает на снижение уровня антирадикальной защиты и адаптационных возможностей организма детей, увеличивая риск развития патологических состояний.

Выводы.

Изучение количественных показателей содержания металлов в неинвазивной биосреде – конденсате выдыхаемого воздуха представляет значительный интерес при оценке воздействия факторов среды обитания и прогнозировании развития риска для здоровья населения. Атомно-абсорбционный анализ с электротермальной атомизацией позволяет при тщательно подобранных условиях определять низкие концентрации металлов, характерные для данной биосреды. Данные могут быть использованы как для индикации факта воздействия комплекса тяжелых металлов на организм, так и для оценки степени адаптации организма к негативному фактору.

Список литературы:

1. Анаев, Э. Х. Биомаркеры конденсата выдыхаемого воздуха при ХОБЛ / Э. Х. Анаев, Т. Н. Анохина, М. Э. Гаджиева // Атмосфера. Пульмонология и аллергология.- 2011.- № 4. – С. 13 - 18.
2. Анаев, Э. Х. Исследование конденсата выдыхаемого воздуха в пульмонологии (обзор зарубежной литературы) / Э. Х. Анаев, А. Г. Чучалин // Пульмонология. – 2002. - № 2. – С. 57 - 65.

3. Клименко, В. А. Анализ выдыхаемого воздуха как маркер биохимических процессов в организме / В. А. Клименко, Д. Н. Кривородько // Теоретична медицина.- 2011. - № 1.- С. 138 - 143.
4. Пупышев, А. А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ / А. А. Пупышев. - М.: Техносфера . - 2009. - 784 с.
5. Ракитский, В. Н. Антиоксидантный и микроэлементарный статус организма: современные проблемы диагностики / В. Н. Ракитский, Т. В. Юдина // Вестник Российской АМН. - 2005. - № 3. - С. 33 - 36.
6. Скальный, А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А. В. Скальный. - М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. - 216 с.
7. Смирнов, А. С. Конденсат выдыхаемого воздуха. Подходы к диагностике заболеваний легких / А. С. Смирнов, А. Е. Скрягин, А. Д. Таганович // Белорусский медицинский журнал. - 2004. - № 3. - С. 17 - 19.
8. Юдина, Т. В. Показатели свободно-радикального окисления в конденсате альвеолярной влаги человека: клинико-диагностическое значение / Т. В. Юдина, М. В. Егорова, Н. Е. Федорова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1996. - № 3. – С. 15 - 18.
9. Lothar Neumann. EcoScreen - система для отбора проб чистого конденсата из выдыхаемого воздуха: Каталог продукции компании ПАРАМЕД [Электронный ресурс]. – 2007.- URL: <http://paramed.com.ua> (дата обращения: 08.05.2018).
10. Raed, A. Ehaled breath analysis: the new frontier in medical testing / Raed A. Dweik, Anton Amann. // J. Breath Res. - 2008. - № 2 – P. 1 - 3/ doi:10.1088/1752-7163/2/3/030301.

Поступила/Received: 17.05.2018
Принята в печать/Accepted: 21.05.2018