

## ТЕМА 2 : АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕМЕНТОЛОГИИ

### ПРЯМОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОНОВЫХ И ТОКСИЧЕСКИХ СОДЕРЖАНИЙ ТАЛЛИЯ В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ААС С ЭТА

Иваненко А.А. <sup>1</sup>, Рутковский Г.В. <sup>1</sup>, Александрова М.Л. <sup>1</sup>,  
Иваненко Н.Б. <sup>2</sup>, Носова Е.Б. <sup>2</sup>, Соловьев Н.Д. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГУН Институт Токсикологии ФМБА России, Санкт-Петербург

The methodology of direct thallium measurement using GFAAS method was offered. Offered methodology allows determination of thallium in blood from concentrations near 2 µg/L (background contents) up to 100 µg/L (toxic contents). The work was carried out using AA spectrometer MGA-915. An influence of interfering components (chloride-ions in the first place), of permanent and oxidation modifiers was investigated. The optimal thermo-temporal scheme of heating was also designed. The accuracy of accomplished analyses was proved by combination of sample doubling with standard additions, by comparison with alternative methods and blood content samples analyses.

Известно, что таллий является одним из сильнейших неорганических токсикантов, поэтому быстрая диагностика таллиевых отравлений представляется весьма существенной.

В настоящее время рекомендуется определение таллия методом инверсионной вольт-амперометрией, а также метод масс-спектрометрии с индукционно связанной плазмой в качестве источника ионов. В первом случае не удается определять фоновые и пороговые содержания таллия, во втором, несмотря на все достоинства метода, препятствием является высокая стоимость оборудования и соответствующей инфраструктуры необходимых для проведения анализа. Метод ААС с ЭТА и Зеemanовской коррекцией фона и модуляцией поляризации позволяет определять таллий в крови в широком диапазоне содержаний, причем требуется минимальная пробоподготовка – разбавление крови чистой водой.

Нашей задачей была разработка способа определения таллия выше-указанным методом, позволяющего проводить определения при концентрациях аналита от 1-2 мкг/л (фоновые содержания) до 100 и более мкг/л (токсические содержания).

Разработка проводилась на приборе МГА-915 (СПб, НПФ Люмекс). Было исследовано влияние разбавления, мешающих факторов – в первую очередь хлорид-иона, модификаторов атомизации и окисления, а также подобрана оптимальная температурно-временная схема анализа, включающая в себя: сушка 80°C, 60с; пиролиз 450°C, 16с; атомизация 2100°C, 2с; очистка печи 2300°C, 2с; пауза 90с. Использовалась графитовая печь с интегрированной платформой, причем поверхность платформы была модифицирована карбидом вольфрама и платиной. В качестве модификатора окисления применялся нитрат палладия (10 мкл 0,5% раствора).

В выбранных нами условиях предел обнаружения таллия составил 0,2 мкг/л. Было установлено, что при проведении анализа необходимо десятикратное разбавление крови, что обеспечивает надежный результат при содержаниях таллия от 2 мкг/л.

Правильность предложенного способа была подтверждена методом сочетания удвоения пробы и стандартных добавок; сравнением результатов анализа реальных образцов крови с результатами, полученными альтернативными методами и анализом образца состава крови (ClinChek® - Control Whole Blood Control Level II, Order No. 8840-8843, Lot No. 545).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА И СЕЛЕНА В КРОВИ И МОЧЕ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ААС С ЭТА И ЗЕЕМАНОВСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ФОНА

**Иваненко А.А., Рутковский Г.В., Иваненко Н.Б., Наволоцкий Д.В.**

ФГУН Институт Токсикологии ФМБА России, Санкт-Петербург  
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Termo-Temporal schemes of direct lead and selenium in human blood and urine were suggested. Selenium content in urine was measured using of combination of GFAA spectrometer with HG. Pyrolysis of forming H<sub>2</sub>Se after treating urine with NaBH<sub>4</sub> occurred in the graphite oven of atomizer. This work was carried out using AA spectrometer MGA-915 with HG. Offered methodology allows measuring of lead in blood and urine with concentrations more than 2 µg/L and for selenium more than 10 µg/L. Standard deviation is 8-10%.

Содержание селена и свинца в биосредах человека, особенно в условиях мегаполиса является весьма существенной информацией, позволяющей оценить состояние здоровья человека. По литературным данным средние содержания свинца и селена составляют около 160 мкг/л и 110 мкг/л, соответственно; от 2 до 80 мкг/л и от 5 до 160 мкг/л соответственно. Несмотря на относительно высокие содержания определяемых элементов, при анализе мы сталкиваемся с обычными трудностями для биообъектов трудностями: высокое содержание органики и хлоридов в матрице.

При разработке способа анализа мы руководствовались концепцией STPF. В соответствии с этим определение проводилось в печи с интегрированной платформой Львова с перманентным модифицированием карбидом вольфрама в случае свинца и послей-

ным модифицированием - карбид вольфрама - платина в случае селена; коррекция фона Зеemannовская с модуляцией поляризации света.

Установлено, что пятикратное разбавление крови достаточно при определении свинца и селена в крови и свинца в моче. Сходимость составляет 8-10%. Предложены следующие параметры определения свинца (кровь, моча): сушка - 60 сек, 80°C, пиролиз I - 18 сек, 600°C, атомизация 2 сек, 2100°C, очистка печи - 2 сек, 2200°C, пауза - 90 сек. Параметры определения селена в крови следующие: сушка - сушка - 60 сек, 80°C, пиролиз I - 18 сек, 700°C, атомизация 2 сек, 2450°C, очистка печи - 2 сек, 2550°C, пауза - 90 сек.

Прямое определение селена в моче провести не удалось, поэтому была использована ртутно-гидридная приставка в сочетании с ААС с ЭТА. Восстановление пробы проводилось боргидридом натрия в кислой среде, после чего, образующийся селеноводород термически разлагается в печи атомизатора при 700°C. Сушка, атомизация и очистка проводятся в тех же режимах, что и при определении селена в крови. Пиролиз отсутствует.

Работа проводилась на приборе МГА-915 с РГП - 915. Предложенный способ позволяет проводить определение свинца в крови и моче при концентрациях от 2 мкг/л и селена от 10 мкг/л, и может быть рекомендован к применению в клинико-диагностических лабораториях.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ s-, p-, d-ЭЛЕМЕНТОВ В БИОМАТЕРИАЛАХ ПРИ ХИМИКО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Лузанова И.С., Плетенева Т.В., Сыроешкин А.В., Успенская Е.В.,  
Максимова Т.В., Саломатин Е.М.**

Бюро судебно-медицинской экспертизы департамента здравоохранения г. Москвы  
Российский университет дружбы народов, медицинский факультет, Москва  
ФГУ «Российский центр судебно-медицинской экспертизы» Росздрава, Москва

The determination of s-, p-, d-elements in biological objects for chemical-toxicological, forensic and medical-criminalistical investigations have been pursued by using methods of emissive spectral analysis, atomic-absorptive spectrometry, flaming photometry and inductive-coupled plasma mass-spectrometry was given. It was proved that

at the moment of intoxication by thallium compounds, elemental mercury and medicinal formulation of lithium the best diagnostic object is the daily human urine. The project of new medical technology was created which could help to determine lithium's content in daily human's urine.

Широкое распространение и применение элементных форм металлов и их соединений являются причиной острых и хронических отравлений, как случайных, так и преднамеренных (суицидальных, криминальных). Несмотря на то, что доля отравлений «металлическими» ядами не превышает 1% всех случаев острых химических отравлений, вызываемые ими токсические эффекты позволяют отнести их к группе высокотоксичных ядов. В то же время неопределенность клинической картины, отсутствие симптомов на токсикогенной стадии отравления и недостаток информации о контакте с токсикантом приводят к несвоевременной постановке диагноза и задержке лечения. Для своевременного и правильного диагностирования отравления и проведения судебно-химических экспертиз требуется детальное химико-токсикологическое исследование отобранных биоматериалов.

В докладе представлены результаты десятилетних аналитических исследований биопроб (кровь, моча, органы человека) после отравления «металлическими» ядами. Особый акцент сделан на обсуждении кинетики распределения и выведения из организма металлов после отравления соединениями таллия, лития и элементными формами ртути ( $Hg^{0ж}$ ,  $Hg^{0г}$ ).

Оценка физико-химических характеристик таллия, ртути и лития в биосредах позволила прогнозировать химические формы элементов при значениях pH и окислительно-восстановительных потенциалов различных компартментов организма. Разработанные прогностические модели и результаты химико-токсикологических исследований, проведенные в Бюро судебно-медицинской экспертизы Депар-

тамента здравоохранения г. Москвы, позволили обосновать выбор оптимального диагностического объекта – суточной мочи человека – и нецелесообразность применения с диагностической целью крови.

На основе накопленного банка результатов по таллиевым и ртутным отравлениям в крупном мегаполисе (г. Москва) проведено ранжирование результатов по содержанию токсикантов в суточной моче и медианная оценка их по степени тяжести отравления. С учетом анамнеза и клинических признаков исследованные отравления характеризовали как тяжелые. В результате атомно-абсорбционного определения содержания токсикантов в суточной моче человека при отравлениях были получены следующие значения: средняя концентрация таллия ( $N=49$ ) составила 558 мкг/л ( $C_{max}=4600$  мкг/л,  $C_{min}=1,00$  мкг/л); медиана – 292 мкг/л. Для ртути ( $N=45$ ): средняя концентрация – 375 мкг/л ( $C_{max}=3500$  мкг/л,  $C_{min}=0,03$  мкг/л); медиана – 39 мкг/л.

Обоснованы критерии выбора спектроаналитического метода (эмиссионный спектральный анализ, атомно-абсорбционная спектрометрия, пламенная фотометрия, АЭС-ИСП-МС) и оптимальные рабочие условия его реализации.

Выработан единый подход к методикам отбора биоматериала, подготовки пробы, аналитической процедуры и статистической оценке результатов.

Разработанная методика определения лития в неинвазивном биоиндикаторе – суточной моче человека (проект новой медицинской технологии) – может применяться при подборе дозировки лития карбоната/цитрата для лечения маниакально-депрессивных психозов в условиях клиники.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЦИНКА В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

Максимова Т.В., Плетенева Т.В., Попель А.П., Сыроешкин А.В.

Российский университет дружбы народов, Москва

The results of hair samples researches ( $N=70$ ) of patients with tumors of different etiology are discussed in the report. The zinc content in human hair was determined by X-ray fluorescence spectroscopy. Significant distinctions of the zinc content in patients' hair were fixed for prostate cancer.

Пул цинка в организме условного человека 1-2,5 г. Цинк – компонент более 200 ферментов в организме человека, он необходим для образования эритроцитов и других форменных элементов крови [1, 2]. Наибольшее содержание цинка характерно для костной ткани, зубов, волос, кожи, печени, мышц, семен-

ников. По уровню цинка в волосах можно оценивать его общее содержание в организме.

Биологической активностью цинка объясняется колебание его содержания в отдельных компартментах организма. Дефицит цинка наблюдается при заболеваниях ЖКТ, нефрозе, циррозе, системных заболеваниях соединительной ткани, болезнях крови, псориазе, новообразованиях. Цинк стимулирует высвобождение ИЛ-2, способствующего повышению активности противоопухолевых киллеров. Лечение цинксодержащими препаратами потенцирует резистентность организма к новообразованиям. В то же время при онкозаболеваниях обнаруживается недо-

статок цинка, так как раковая опухоль интенсивно использует его для собственного развития [2].

Удобным объектом для исследования баланса цинка в организме человека являются волосы. При получении материала исследования не требуется инвазивного вмешательства, а для хранения пробы не требуется специальное оборудование.

Традиционно для изучения элементного состава волос преимущественно используются методы атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС), атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП), плазменной масс-спектрометрии (ИСП-МС).

Перспективным методом исследования содержания микроэлементов в биоматериале является рентгенофлуоресцентная спектрометрия (РФС), хотя его применение в области медицины и фармации в настоящее время незаслуженно игнорируется. Преимуществом данного метода является возможность определения содержания химических элементов в твердых и жидких образцах без предварительной пробоподготовки. Отсутствие стадии минерализации позволяет сократить продолжительность анализа в 2-3 раза, что важно при больших объемах работ.

В работе использовали портативный рентгенофлуоресцентный кристалл-дифракционный сканирующий спектрометр «Спектроскан Макс G» (НПО «Спектрон», Санкт-Петербург). Прибор сертифицирован и утвержден в качестве средства измерений Госстандартом РФ с внесением в Государственный реестр средств измерений РФ и других государств СНГ. Программное обеспечение к компьютеру, сопровождающее спектрометр, позволяет выполнять из-

мерения, необходимые для качественного и количественного анализа в течение нескольких минут, обрабатывать и сохранять результаты в файлах на жестком диске.

В докладе приводятся результаты исследования образцов волос (N=70) мужчин и женщин, в том числе с диагностированными онкозаболеваниями.

При исследовании биологических образцов методом РФС учитывали матричные эффекты. Для коррекции интенсивности аналитических линий использовали метод внешнего стандарта.

В волосах мужчин контрольной группы (средний возраст -  $52 \pm 14$  лет, N=13) содержание цинка составило  $73,33 \pm 12,75$  мкг/г. Волосы женщин контрольной группы (средний возраст -  $43 \pm 13$  года, N=18) содержали  $65,16 \pm 9,97$  мкг/г цинка. Таким образом, прослеживается тенденция к более высокому содержанию цинка в волосах мужчин.

У мужчин с диагностированным онкозаболеванием предстательной железы ( $69 \pm 3$  года, N=27) наблюдалось достоверное снижение содержания цинка в волосах до  $55,20 \pm 5,17$  мкг/г. При онкозаболеваниях других органов мочеполовой системы снижение содержания цинка в волосах не было достоверно значимым: почка -  $69,14 \pm 15,16$  мкг/г, мочевого пузыря -  $60,10 \pm 16,32$  мкг/г.

Проведенные исследования являются основой для разработки способа РФС для экспресс-диагностики рака предстательной железы в условиях клиники.

[1] Скальный А.В., Рудаков И.А., Биоэлементы в медицине. М.: Мир, 2004.

[2] Барашков Г.К. Основы медицинской бионеорганики. - М.: Изд. «ЧеРо», 2007. - 516 с.

## ПРЯМОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧЕСКИХ СОДЕРЖАНИЙ РТУТИ В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ААС С ЭТА И ЗЕЕМАНОВСКОЙ КОРРЕКЦИЕЙ ФОНОВОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

**Соловьев Н.Д.<sup>1</sup>, Иваненко А.А.<sup>1</sup>, Рутковский Г.В.<sup>1</sup>,  
Иваненко Н.Б.<sup>2</sup>, Носова Е.Б.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ФГУН Институт Токсикологии ФМБА России, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Methods of mercury measurements in blood are rather different; however the most common is cold vapor atomic absorption spectrometry, though there are other methods of use, such as mass-spectrometry with ICP as ion source and activation analysis. Whole blood is an object with difficult matrix composition, so micro elemental measurements require prerequisite sample treatment that increases the time spent on analysis and there is a danger of losing the analyte. Thus, the creation of direct method of Mercury measurement in blood is actual problem. In this paper we developed the

methodology of direct Mercury measurement in whole blood using GFAAS. This work was carried out using atomic absorption spectrometer MGA-915; we used high frequency nonelectrode Mercury lamp as source of radiation (wavelength 254.7). As a result of work we suggested optimal conditions of Hg GFAAS measurement - optimal temperature-temporal program of heating of graphite oven, permanent surface modifiers and oxidation modifiers were suggested. The estimation of influence of main interfering blood component chloride-ion was made using model solution. It was established that chloride

concentrations 0.9% do not cause influence of concern. The optimal analysis scheme includes: drying 80°C, 60s; pyrolysis 350°C, 16s; atomization 130°C, 2s; oven clearing 1500°C, 2s; pause 60s. Permanent modifiers are tungsten carbide and platinum, oxidation modifier is palladium nitrate (10 µL of 0.5% solution). Whole length of element measurement is near three minutes. Designed scheme of analysis allows measuring toxic level of Mercury in blood (more than 10 µg/L) very fast (with precision 9-12%). An accuracy of analyses was proved by combination of doubling sample and standard addition methodology; by comparison the achieved results to ones obtained from alternative methods and by analyses of blood content sample (ClinChek® - Control Whole Blood Control Level II, Order No. 8840-8843, Lot No. 545).

Ртуть относится к высокотоксичным тяжелым металлам. Концентрация ртути нормируется в таких биологических объектах как кровь, моча и плазма крови, поэтому необходимы методики контроля ее содержания в этих объектах.

Методики определения ртути в крови достаточно разнообразны, однако самым распространенным является метод атомной абсорбции холодных паров ртути, хотя используются и другие методы, такие как масс-спектрометрический анализ с использованием индукционно связанной плазмы в качестве источника ионов и радиоактивационный анализ.

Цельная кровь относится к объектам со сложным матричным составом, поэтому аналитические определения микроэлементов, в том числе и ртути, как правило, осложнены предварительной пробоподготовкой, что понижает экспрессность анализа, к тому же существует опасность потери аналита. Таким образом, создание методики прямого определения ртути в крови является актуальной задачей.

В данной работе нами разработан способ прямого определения ртути в цельной крови методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

Работа проводилась на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915; в качестве источника излучения мы использовали безэлектродную ртутную лампу (длина волны 254,7 нм).

В результате проведенной работы выбраны оптимальные условия атомно-абсорбционного определения ртути в электротермическом варианте – предложена температурно-временная программа нагрева графитовой печи и модификаторы поверхности и окисления.

Оценка влияния основного мешающего компонента крови, хлорид-иона, проводилась на модельном растворе. Установлено, что при концентрации 0,9% он не оказывает значимого влияния на результаты анализа.

Оптимальная схема анализа включает в себя: сушка 80°C, 60 с; пиролиз 350°C, 16с; атомизация 1300°C, 2с; очистка печи 1500°C, 2с; охлаждение печи 60с. Перманентный модификатор карбид вольфрама и платина, модификатор окисления нитрат палладия (10 мкл 0,5% раствора).

Общая продолжительность элементного определения около трех минут. Разработанная схема анализа позволяет очень быстро определять токсические концентрации ртути в крови (сходимость 9-12%), то есть концентрации превышающие 10 мкг/л.

Правильность анализа подтверждена методом сочетания удвоения пробы и стандартных добавок; сравнением результатов анализа реальных образцов крови с результатами, полученными альтернативными методами и анализом образца состава крови (ClinChek® - Control Whole Blood Control Level II, Order No. 8840-8843, Lot No. 545).

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЛИСТЬЕВ ВАХТЫ ТРЕХЛИСТНОЙ

Субботина Н.С.

Сибирский Государственный Медицинский Университет, Томск

In this research we've studied microelemental composition of leaves of buckbean (*Menyanthes trifoliata*) growing in the Tomsk region. Using the atomic spectroscopy method we've found 15 elements in the specimen. In comparison with the data found in literature, the specimen shows larger content of some elements. Data about buckbean leaves concentrating iron, manganese and containing aluminum and boron in large quantities have found corroborations. The buckbean leaves are perspective for developing on its base medicament and bioactive supplements for iron-deficient anemia prophylaxis and treatment or as an additional source

of microelements in case of carbohydrate, protein and phosphoric metabolism disturbance.

Ранее опубликованные работы показывают степень изученности элементного состава листьев вахты трехлистной, произрастающей в европейской части России и других регионах мира. Так известно, что листья этого растения содержат такие макроэлементы (мг/г) как К – 15,5, Са – 6,5, Mg – 3,1, Fe – 0,2; микроэлементы (мкг/г) – Mn – 218,0, Cu – 5,33, Zn – 33,1, Co – 0,71, Cr – 0,16, Al – 57,68, Se – 0,16, Ni – 0,32, Pb – 0,4, В – 96,0, I – 0,15. Также имеются

данные, что листья концентрируют Mn, Fe и содержат большое количество Al, B и I.

Целью нашего исследования являлся сравнительный анализ содержания микроэлементов в листьях вахты трехлистной, произрастающей в Томской области. С этой целью указанное сырье, собранное в окрестностях с. Плотниково Бакчарского района Томской области в июле 2007 года, исследовали в НИИ Мониторинга Окружающей Среды г. Томска. Там был проведен анализ микроэлементного состава листьев вахты трехлистной методом атомной спектроскопии. Метод основан на получении спектров в результате процессов возбуждения атомов, протекающих в плазме дугового разряда.

В результате исследования было выявлено 11 микроэлементов (Al, B, Be, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, V, Zr) и 4 макроэлемента (Ca, Mg, Fe, K). Анализируя полученные данные можно сказать, что листья вахты трехлистной, собранные в Томской области, имеют более высокое содержание микро- и макроэлементов, чем сырье европейской части России. Так в исследуемом сырье содержание железа - 1,8 мг/г, кальция-

10,4 мг/г, калия - 17,1 мг/г. Содержание магния (0,8 мг/г), однако ниже, чем в аналогичном сырье европейской части. Количество микроэлементов в пересчете на зольный остаток представлено ниже: алюминий 800,0 мкг/г, бор 170,0 мкг/г, бериллий 1,0 мкг/г, кобальт 3,0 мкг/г, медь 2,0 мкг/г, марганец 450 мкг/г, никель 100 мкг/г, свинец 1,0 мкг/г, титан 30,0 мкг/г, ванадий 18,0 мкг/г, цирконий 4,0 мкг/г. Обращает на себя внимание очень высокое содержание таких микроэлементов как алюминий, бор, кобальт, марганец и особенно никель. Содержание последнего требует более детального изучения. Анализ результатов исследования видно, что листья вахты трехлистной действительно накапливают железо и марганец, и содержат большое количество алюминия и бора. Можно сделать вывод, что листья вахты трехлистной перспективны для разработки лекарственных средств и пищевых добавок для лечения и профилактики железодефицитных анемий, а также в качестве дополнительного источника микроэлементов при нарушениях углеводного, белкового и фосфорного обменов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС УЧАСТНИКОВ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС МЕТОДОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО СВЯЗАННО ПЛАЗМОЙ.

Ушал И.Э., Яковлева М.В., Власенко М.А.,  
Макарова Н.В., Шантырь И.И.

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС  
России, Санкт-Петербург

Hairs microelement composition describes total microelement state of human organism, so it use in mineral metabolic imbalance diagnostics. It was researched microelement state of 100 Chernobyl atomic power plants breakdown elimination participants, living in St-Petersburg region during last 5 years. Radiation dose, year of participation in breakdown elimination dietary habits, occupational features and patient anamnesis takes into account in research. In 100% cases were detected different mineral metabolic imbalance such as deficiency of phosphorus, shortage of cobalt, excess or shortage of manganese, selenium, iodine, copper and zinc imbalance. In most cases were detected shortage calcium of and high level of toxic elements such as lead and cadmium. Our results were takes into account in therapy of patient's main disease.

Проведены исследования методом ИСП-МС элементного состава волос 100 участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС (ЛПА), проживающих в Санкт-Петербурге и Ленинградской области не менее пяти лет.

Нарушение оптимального минерального баланса выявлено у 100 % обследованных ликвидаторов. У 80% обследованных наблюдаются изменения минерального баланса связанные с дефицитом жизненно необходимых элементов (кальция, цинка, кобальта, фосфора, магния, селена и йода). У 45% - повышено содержание токсичных элементов (кадмия и свинца). По содержанию в организме участников ЛПА жизненно необходимых биоэлементов картина выглядит следующим образом. Среди структурных (макро) элементов у обследованных на первое место выдвигается проблема дефицита кальция, который в свою очередь способствует накоплению в организме токсичного свинца.

Выявлена напряженность обмена селена, йода и цинка. В 80% случаев выявлен недостаток селена - микроэлемента-иммуномодулятора, антиоксиданта, защищающего организм от воздействия тяжелых металлов. У 70% обследованных наблюдался выраженный йодный дефицит.

Недостаток цинка зафиксирован у 77 % ликвидаторов, что может влиять на активизацию около 200

различных ферментов, ответственных за самый широкий спектр биохимических реакций в организме (регуляция деления и созревания клеток, синтез инсулина, подавление воспалительных процессов и т. д.). В свою очередь, дефицит цинка привел к усиленному накоплению и повышенному содержанию в организме кадмия (у 45 %) и меди (у 57 %). Этому способствует большой удельный вес среди обследованных, лиц с многолетней никотиновой зависимостью, а так же длительно проживающих в условиях мегаполиса. Избыток меди и кадмия, в свою очередь, способствует функциональным расстройствам нервной системы, ослаблению функции печени и почек.

Для характеристики влияния токсических элементов на метаболизм жизненно-необходимых, оценивались соотношения между ними. Выявленное снижение значений соотношения Zn/Cd меньше 500 у 45 % и Ca/Pb меньше 100 у 70% обследованных подтверждает патологическое влияние токсичных микроэлементов, приводящее к нарушению биохимических

процессов в организме наблюдаемой когорты.

Сопоставляя полученные нами данные с результатами аналогичных обследований участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, проживающих на территории Москвы, можно сделать вывод, что на микроэлементный статус обследованных оказывает выраженное влияние биогеохимический фон территории проживания. Для жителей Санкт-Петербурга, в отличие от Москвы (В.Н. Преображенский и др., 2000), характерно снижение содержания кобальта, кальция и селена. Повышенное содержание свинца и кадмия в обоих случаях, повидимому, связано с влиянием мегаполиса.

Исходя из полученных результатов анализа волос, как маркера состояния минерального обмена у участников ЛПА на ЧАЭС, можно сделать вывод о высоком проценте нарушении элементного статуса у данной категории граждан, необходимости проведения терапии по выведению из организма токсических, устранению дефицита жизненно необходимых элементов.

## **РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА ВОЗДЕЙСТВИЙ МИКРОМОЛЯРНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ СВИНЦА ПО ТОНКОЙ СТРУКТУРЕ МЕМБРАНЫ ЭРИТРОЦИТА МЕТОДОМ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

**Хайруллина А.Я<sup>1</sup>, Слобожанина Е.И<sup>2</sup>, Филимоненко Д.С.<sup>1</sup>,  
Ясинский, В.М<sup>1</sup>, Козлова Н.М<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт физики им.Б.И.Степанова НАН Беларуси, Минск

The study of the fine structure of erythrocyte membrane under the action of toxic and potentially toxic metals is the subject of major interest because this cell accumulates the metals about 3month. The erythrocytes membrane modification under action of lead ions is investigated by AFM. It is shown that surface of modified erythrocytes have notably increasing of domain sizes in comparison with unmodified erythrocyte. The correlation length well as the parameter of autocorrelation function of erythrocyte membrane fine surface structure is informative parameters of metal concentration in erythrocyte membrane at action of toxic metals, including lead micromole concentration.

Интерес к исследованию механизмов влияния токсичных металлов на биологические клетки стремительно возрос в последние годы в связи с сильным загрязнением атмосферы и воды токсичными металлами. Вопрос выбора клеток и диагностических параметров, характеризующих степень воздействия различных токсичных металлов на клетку, играет в связи с этим первостепенную роль. Среди токсичных металлов свинец стоит в первом ряду, так как он, проникая в клетку, может приводить к ее гибели

(Girasole et al., 2007). В настоящей работе для исследования воздействия свинца на клетку были выбраны эритроциты человека, модифицированные ацетатом свинца. Ранее нами была показана эффективность такого подхода в случае с высокими концентрациями цинка (Слобожанина и др., 2006), а также свинца и цинка (Хайруллина и др., 2008). В качестве диагностического параметра был выбран параметр автокорреляционной функции профиля шероховатостей поверхности эритроцита – длина корреляции. Нами исследована концентрационная зависимость этого диагностического параметра. Для проведения необходимых измерений был использован атомно-силовой микроскоп и программа расчета автокорреляционных функций профиля шероховатостей (Хайруллина и др., 2008). Предлагаемый подход позволит определять изменения в клетке еще до того, как в ней произойдут видимые морфологические нарушения в целом.

Анализ изображений поверхности отдельного немодифицированного эритроцита свидетельствует о неравномерном распределении гранулярной структуры и доменов, состоящих из наноразмерных гра-

нул, что коррелирует с неравномерным распределением отрицательного заряда на мембране эритроцита (Левтов и др., 1982). При воздействии на эритроцит катионов свинца и увеличении их концентрации от 2 до 10 мкм/л происходит постепенное увеличение размеров доменов и сближение в них гранул вплоть до слияния. Причиной такой ситуации является, по видимому, образование металло-белковых нейтральных комплексов с минимальной силой отталкивания гранул на поверхности модифицированной металлом мембраны эритроцита. В пользу этого предположения могут служить данные о сильном электростатическом взаимодействии белковых макромолекул с ионами тяжелых металлов, обладающих большими ионными радиусами, к которым относится и ионы свинца (Петрова, Петрусевиц, 2000).

С целью получения количественных критериев воздействия ионов свинца на мембраны эритроцитов нами были рассчитаны статистические характеристики профиля шероховатостей поверхности эритроцитов, включая автокорреляционные функции, которые рассчитывались в соответствии с известными

соотношениями (Хайруллина и др., 2008). Поскольку полученные в эксперименте автокорреляционные функции оказались наиболее информативными параметрами, отражающими воздействие металлов на мембрану эритроцита, а также аппроксимируется экспонентой, то длина корреляции профиля шероховатостей  $L$  предложена в качестве диагностического параметра. Длина корреляции профиля шероховатостей на поверхности эритроцита без воздействий (контроль) составляла  $146 \pm 2,67$  нм, а для эритроцитов, подвергшихся воздействию 2, 5 и 10 мкМ ацетата свинца –  $172 \pm 2,41$ ;  $216 \pm 0,69$  и  $550 \pm 1,76$  нм соответственно. Исследованные зависимости параметра  $L$  для эритроцитов человека, подвергшихся воздействию ацетата свинца в интервале 2 - 10 мкм/л, свидетельствуют о параболическом характере концентрационной зависимости. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности предлагаемого подхода для ранней диагностики воздействий свинца на клетки крови при отравлениях до наступления глубоких нарушений структуры и функции клеток.

## СПЕКТРАЛЬНАЯ ФОТОТЕРАПИЯ В ВОССТАНОВЛЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО БАЛАНСА

Шарипова М. М.

ГОУ ВПО МГМСУ, Москва

Несмотря на небольшой срок развития нового научного направления микроэлементологии, она заняла достойное место в ряду важнейших направлений в медицине. Недооценка роли нарушений баланса микроэлементов в организме человека приводит к серьезным диагностическим просчетам и значительному снижению качества профилактических, лечебных и реабилитационных мероприятий. Обмен микроэлементами является одним из важнейших компонентов гомеостатического регулирования. Микроэлементы являются катализаторами жизненно важных процессов и все они взаимосвязаны и взаимозависимы. В нашем организме можно найти практически все микроэлементы, встречающиеся в природе. Определенные дозы каждого из них помогают человеку поддерживать обмен веществ, физическую и химическую целостность клеток и тканей путем сохранения характерных биоэлектрических потенциалов. Современные технические возможности позволяют провести комплексную оценку нарушения микроэлементного баланса организма, то есть выявить механизмы взаимовлияния различных микроэлементов на заболеваемость, хронизацию патологического процесса, замедлению восстановительных процессов, медленному выведению токсических элементов из организма.

Терапевтический эффект низкоэнергетического воздействия на организм спектром электромагнитного излучения строго определенного состава применяется методом спектральной фототерапии (СФТ). При этом используется источник света с линейчатым спектром излучения определенного элемента либо группы элементов. Меняя химический состав катода, можно подобрать требуемый для проведения фототерапии спектральный состав излучения.

Облучатель спектральный для рефлексотерапии «СПЕКТО-Р», производимый ООО «КОРТЭК» - первый представитель нового поколения медицинской аппаратуры, позволяющий осуществлять СФТ по рефлексогенным зонам кожи (РКЗ), специализированным рецепторам радужки глаза и акупунктурным точкам (АТ). При этом используются те же принципы, что и в других методах корпоральной рефлексотерапии, а именно - адекватный выбор места, метода и момента воздействия. Для построения оптимального лечебного алгоритма целесообразно проведение рефлексотерапии, направленной на выявление акупунктурных каналов с максимально выраженными отклонениями от условной нормы. Каждому акупунктурному меридиану соответствует свой режим облучения – тип излучателя и время экспозиции. При воздействии на АТ парных меридианов,

целесообразно воздействовать на обе парные точки (зоны) по 0,5 – 2 минуты на каждую.

При острых патологических процессах и хронических заболеваниях, сопровождающихся болевыми синдромами, рекомендуется воздействие на зоны излучателями типов «Cu» и «Mn» с последующим курсовым лечением патологий. Обычно после первых сеансов СФТ ослабляется болевой синдром и улучшается общее состояние больного. Эффект СФТ повышается, если на поверхность зоны воздействия предварительно нанести раствор, содержащий водорастворимые соли минеральных веществ и микроэлементов.

Наибольшее количество собственных наблюдений относятся к дисфункциям щитовидной железы, дисфункциям и заболеваниям гепатобилиарной системы, гастродуоденального отдела пищеварительного тракта, дыхательной системы и опорно-двигательного аппарата.

В качестве примера приводим методику спектральной фототерапии позвоночника с целью купирования разнообразных вертеброгенных симптомов и синдромов направлена на снятие воспалительных процессов и устранение дефицита микроэлементов по следующим элементам – калия (K), натрия (Na), кальция (Ca), магния (Mg), фосфора (P), кремния (Si),

меди (Cu) и марганца (Mn), путём воздействия на расположенные в зоне позвоночника АТ и РКЗ светом с ли нейчатым спектром вышеперечисленных элементов.

Излучением (K), (Na), (Ca), (Mg), (P) и (Si) воздействуют на АТ от CV3 до CV15, внеканальную точку ЕХ-В2 и сопряженные с ними болезненные РКЗ расположенные на краях остистых отростков позвонков. Воздействию спектральным излучением (Cu) и (Mn), подвергаются дополнительно болезненные РКЗ, отстоящие на 0,5 цуня кнаружи от вышеперечисленных. Кроме того, воздействию подвергаются АТ, имеющие существенные отклонения электрокожного сопротивления от условного коридора нормы для данного пациента.

Исходя из полученных клинических, лабораторно-инструментальных данных с определением изменения содержания микроэлементов в биологических жидкостях с использованием атомно-абсорбционного спектрометра и данных рефлекторной диагностики на аппаратно-программном комплексе «Прогноз» и газоразрядной визуализации (ГРВ), СФТ может использоваться практически во всех областях клинической медицины, восстановительной и спортивной медицине, курортологии, медицинской профилактики и реабилитации.