

**УДК: 612.82:616-073:612.799.1:546.3-058.86**

## **МНОЖЕСТВЕННЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭЭГ-ХАРАКТЕРИСТИК И СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (СВИНЕЦ, СТРОНЦИЙ, КАЛЬЦИЙ) В ОРГАНИЗМЕ ДЕТЕЙ**

*Залата О.А., Евстафьева Е.В., Щеголева М.Г.*

*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,  
Симферополь, Украина  
E-mail: olga\_zalata@mail.ru*

Выполнено ЭЭГ обследование 12-13 летних детей с вегето-сосудистой дистонией, которые проживают в промышленно загрязненных регионах восточной Украины. Рентген-флуоресцентным методом определили превышение содержания свинца и кальция в волосах детей. Установлено статистически достоверное комплексное действие свинца, стронция и кальция на базовую электрическую активность мозга детей при разных функциональных пробах (глаза закрыты, глаза открыты, решение задачи). В состоянии функционального покоя существенное влияние на высокочастотный диапазон оказывал стронций ( $0,61 < \beta < 0,76$ ;  $0,04 < p < 0,000$ ). Во время решения задачи для дельта- и бета1- диапазона ЭЭГ существенным был вклад свинца ( $0,45 < \beta < 0,51$ ;  $0,04 < p < 0,02$ ), а стронция для альфа- и бета2- диапазонов ( $0,57 < \beta < 0,61$ ;  $p = 0,04$ ).

**Ключевые слова:** ЭЭГ, свинец, стронций, кальций, дети.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях все возрастающего техногенного преобразования биосферы происходит эволюция химического элементного состава вещества [1]. При этом, в связи с высокой технофильностью некоторых химических веществ, резко меняются локальные циклы ряда элементов с существенным преобразованием химического состава живого вещества. Высокая степень такого преобразования влечет за собой негативные эффекты влияния антропогенных факторов на организм человека.

Принципиально важным для оптимального функционирования организма является не только и не столько количество попадающих в организм микроэлементов (МЭ), сколько их количественное соотношение с другими элементами, которое может решающим образом влиять на их всасывание и, таким образом, определять в конечном итоге их количество в организме. По этой причине важно не только содержание элемента, например в пище и воде, сколько его сбалансированность с другими элементами. Наиболее важными являются соотношения Mo-Cu, Ni-Cu, Cu-Mo-SO<sub>4</sub>, I-Co, I-Co-Cu-Mn, Zn-Ca, Cu-Zn, а также Ca-Sr [2], характеризующие количественное содержание и накопление элементов в биосубстратах человека. В биогенном значении большую роль играет соотношение

Ca/Sr в окружающей среде, характеризующее их количественное содержание и накопление в процессе геохимической миграции [3].

Развивающийся организм в большей степени подвержен влиянию такого элементного дисбаланса [4]. Большое количество исследований в Украине и России посвящено изучению влияния антропогенной среды и химических элементов на нервную систему детей разного возраста [5, 6]. В выполненных нами ранее исследованиях [7] обнаружена определенной характера зависимость суммарной электрической активности мозга от уровня свинца, стронция и кальция в организме практически здоровых городских детей, жителей Крыма, установленная с помощью непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

Целью настоящего исследования стал анализ обусловленности состояния электрической активности детей 12-13 лет с вегето-сосудистой дистонией жителей промышленно загрязненных регионов восточной Украины содержанием свинца, стронция и кальция в организме. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) с помощью множественного регрессионного анализа дать оценку комплексного действия химических элементов на ЭЭГ-характеристики детей;
- 2) оценить вклад отдельных элементов на состояние электрической активности мозга детей.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для оценки электрической активности мозга обследовали детей 12-13 лет (21 человек) с установленным диагнозом вегето-сосудистая дистония (ВСД). Обследуемые дети прибыли на санаторно-курортное лечение в детский неврологический санаторий «Искра», г. Евпатория из регионов восточной Украины (Запорожская, Днепропетровская, Донецкая области), которые характеризуются выраженным техногенным химическим загрязнением окружающей среды.

Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Гредекс», Украина). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от 16-ти локусов Fp1/2, F3/4, F7/8, C3/4, T3/4, T5/6, P3/4, O1/2 согласно международной системе «10–20». Процедура исследования включала в себя регистрацию текущей ЭЭГ в состоянии функционального покоя при закрытых, открытых глазах, решении арифметической задачи (обратный счет в уме) при закрытых глазах. Запись ЭЭГ осуществляли в положении сидя в изолированной комнате. Спектральная композиция ЭЭГ рассчитывалась для образцов ЭЭГ, зарегистрированных в этих состояниях отдельно. Длительность непрерывной записи каждого анализируемого фрагмента составляла 60 с.

При помощи специализированной программы на основе быстрого преобразования Фурье с применением сглаживания по методу Блекмена для полученных образцов ЭЭГ вычисляли спектральные мощности (СМ) следующих частотных диапазонов: дельта- (1,5–4 Гц), тета- (4–8 Гц), альфа- (8–12 Гц), и поддиапазонов бета1- (12–20 Гц), бета2- (20–30 Гц) ритмы. Выполняли спектральный анализ отрезков (60 с), где мощность отдельных колебаний суммировалась в мощность ритмических диапазонов ЭЭГ. В настоящей работе

полученные значения нормировали и выражали в процентах. За 100% принимали значение мощности того из ритмов ЭЭГ, который являлся максимальным среди всех ритмических диапазонов и всех отведений.

Содержание химических элементов (свинец, стронций, кальций) в волосах определяли рентгено-флуоресцентным методом в лаборатории промышленной токсикологии и гигиены труда Института медицины труда (г. Киев).

Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 6.0 (Stat-Soft, 2001). Проверку характера распределения содержания свинца, стронция и кальция в волосах выполняли по критериям Колмогорова-Смирнова и Лиллифорс. Так как распределение изучаемых элементов не подчинялось закону нормального распределения, оценивали не среднюю концентрацию, а медиану (Me) и интерквартильный размах (25%, 75%) содержания химических элементов в биоткани. Для оценки комплексного действия химических элементов, а также вклада отдельных элементов в эффект комплексного влияния использовали множественный регрессионный анализ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Элементная диагностика такой системы, как нервная, сопряжена с многочисленными проблемами и трудностями, а содержание макро- и МЭ в экспериментальных моделях показало нестабильность и высокую лабильность элементов, присутствующих в крови и ликворе [8]. В связи с этим исследование физиологически стабильных тканей (волос) детей считают достоверным неинвазивным методом оценки поступления химических элементов в организм из окружающей среды [9, 10].

Результаты настоящего биомониторингового исследования образцов волос тестируемых детей с ВСД, жителей промышленно загрязненных территорий восточной Украины свидетельствуют о некотором элементном дисбалансе (табл. 1). Выявлено превышение верхней границы содержания для кальция и свинца, концентрация стронция находилась в пределах нормы.

**Таблица 1.  
Содержание химических элементов (мкг/г) в волосах детей 12-13 лет (n=21)**

Химический элемент	Медиана (Me)	Процентили (25%; 75%)	Условная норма, мкг/г
Свинец	5,2	(4,64; 9,15)	0-5,0
Стронций	2,02	(1,68; 2,52)	0-3,0
Кальций	790,1	(701,6; 902,8)	300,0-700,0

Поскольку имеются данные, которые свидетельствуют об антагонизме свинца наряду с другими элементами ( $Co^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ) и с кальцием [11], а также кальция и стронция [9], представляло интерес оценить комплексное действие этих элементов на базовую электрическую активность мозга детей с помощью метода множественной регрессии, результаты которого представлены в таблицах 2-3.

При фоновой регистрации в состоянии функционального покоя (проба «глаза закрыты») были обнаружены достоверные коэффициенты множественной корреляции, которые свидетельствовали о значимом ( $0,46 < R < 0,61$ ) комплексном действии всех трех химических элементов на электрическую активность мозга обследуемых детей на высокочастотные ритмические диапазоны (табл.2).

**Таблица 2.**  
**Коэффициенты множественной регрессии (R) ритмов ЭЭГ (фоновое состояние) с содержанием свинца, стронция и кальция в волосах детей 12-13 лет**

Ритм ЭЭГ	Локус регистрации	Коэффициент множественной регрессии (R)	Значения $\beta$ коэффициентов химических элементов		
			Свинец	Стронций	Кальций
<b>1. Глаза закрыты</b>					
Бета 1	Fp2	0,46 (0,01)		0,61 (0,05)	
Бета 2	Fp1	0,61 (0,02)		0,76 (0,007)	
	Fp2	0,52 (0,04)		0,64 (0,03)	
	F4	0,53 (0,003)		0,69 (0,02)	
	C3	0,51 (0,000)		0,64 (0,03)	
<b>2. Глаза открыты</b>					
Бета 2	C4	0,52 (0,000)			-0,58 (0,04)

**Таблица 3.**  
**Коэффициенты множественной регрессии (R) ритмов ЭЭГ во время решения задачи с содержанием свинца, стронция и кальция в волосах детей 12-13 лет**

Ритм ЭЭГ	Локус регистрации	Коэффициент множественной регрессии (R)	Значения $\beta$ коэффициентов химических элементов		
			Свинец	Стронций	Кальций
<b>Низко- и среднечастотные диапазоны</b>					
Дельта	F3	0,58 (0,000)	-0,48 (0,04)		
	F8	0,55 (0,000)	-0,47 (0,04)		
Альфа	F8	0,51 (0,000)		-0,60 (0,04)	
	T4	0,52 (0,000)		-0,61 (0,04)	
	T6	0,65 (0,000)		-0,52 (0,04)	
<b>Высокочастотные диапазоны</b>					
Бета 1	Fp2	0,61 (0,000)	-0,46 (0,04)		
	F3	0,65 (0,000)	-0,45 (0,03)		
	F4	0,67 (0,000)	-0,51 (0,02)		
	F8	0,59 (0,000)	-0,45 (0,04)		
Бета 2	F3	0,69 (0,000)	-0,48 (0,02)		
	P3	0,51 (0,000)		-0,59 (0,04)	
	P4	0,57 (0,000)		-0,60 (0,03)	
	O1	0,59 (0,000)		-0,57 (0,04)	

Основной вклад в это влияние на значения относительных величины СМ высокочастотной (бета1-, бета2-) части диапазона ЭЭГ-активности вносил стронций, величины  $\beta$ -коэффициентов которого были статистически достоверными, а характер корреляционной связи только прямым, причем в основном во фронтальных локусах обоих полушарий мозга.

Известно, что амплитуда, топография, соотношение ритмов ЭЭГ являются важным диагностическим признаком и критерием функционального состояния различных областей коры головного мозга при реализации психической деятельности [12]. В состоянии функционального покоя с закрытыми глазами у детей этого возраста должен доминировать альфа- ритм [13]. Выявленная топография локусов отведения ЭЭГ-активности, ритмические диапазоны и характер регрессионных коэффициентов стронция в нашем случае может быть признаком доминирования процессов возбуждения нервной системы у этих детей в состоянии покоя. Так как, в целом, бета-ритм бывает хорошо выражен среди ритмов ЭЭГ при эмоциональном нервном напряжении, в состоянии тревоги, возбуждения, беспокойства и является выражением активного состояния нейронных цепей [14].

Сведения о значимости для функционального состояния нервной системы стронция и возможном механизме его действия на нервную ткань только накапливаются [15, 16]. Посредством корреляционного анализа в ранее выполненной работе [7] нами были установлены нейротропные аспекты влияния на базовую электрическую активность мозга этого условно-токсичного элемента в условиях выраженного кальций-дефицита и содержания свинца в границах нормы в организме практически здоровых детей 12-ти лет, жителей Крыма. Характер корреляционных связей при ином содержании свинца, стронция и кальция у ранее обследованных детей был обратным и, напротив свидетельствовал, об уменьшении СМ высокочастотных ритмов (бета1, бета2-) ЭЭГ-активности в состоянии функционального покоя.

При регистрации электрической активности у детей с ВСД в пробе «глаза открыты» только в одном локусе регистрации ЭЭГ-активности был выявлен достоверный коэффициент множественной корреляции (табл.2). Обратный характер связи регрессионного  $\beta$ -коэффициента кальция свидетельствует о том, что у детей с большим содержанием этого элемента была более низкая относительная СМ бета2-ритма в локусе С4 правого полушария.

Известно, что ЭЭГ представляет собой суммарную регистрацию электрической активности головного мозга, и, соответственно даже один электрод отображает активность не какого-то ограниченного источника потенциала, а многочисленных генераторов, часто весьма удаленных от локуса отведения [17]. Следовательно, выявленный коэффициент множественной корреляции в центральном локусе регистрации позволяет нам судить комплексном влиянии всех трех элементов с существенным вкладом кальция на состояние электрической активности мозга правого полушария обследуемых детей. В отношении кальция установлено, что увеличение его концентрации ведет к повреждению многих ферментативных процессов, включая процессы клеточного деления, кроме этого уменьшается проницаемость клеточных

мембран, что проявляется снижением рефлекторной активности, а при избыточном накоплении кальция проявляет и нейротоксические эффекты [8].

При выполнении следующей функциональной пробы (решение арифметической задачи) был выявлен ряд достоверных коэффициентов множественной корреляции, в основном во фронтальных локусах регистрации ЭЭГ-активности (табл. 3).

Это, в свою очередь, свидетельствовало о значимом ( $0,51 < R < 0,69$ ) комплексном действии всех трех химических элементов на электрическую активность мозга обследуемых детей во время выполнения когнитивных операций (обратный счет в уме) на практически все ритмические диапазоны, за исключением медленно-волнового тета- ритма.

При этом, равное количество регрессионных  $\beta$ -коэффициентов было обнаружено для двух элементов – свинца и стронция. Во всех случаях характер связи  $\beta$ -коэффициентов был обратным. Отличие заключалось, в основном, в реактивности ритмических диапазонов, для которых были выявлены  $\beta$ -коэффициенты химических элементов. Так, свинец оказался значимым для низкочастотного дельта-ритма и высокочастотной части бета1-ритма. В свою очередь, стронций был значимым в ряде локусов альфа-ритма и бета2-поддиапазона ЭЭГ- активности.

Большое количество достоверных регрессионных  $\beta$ -коэффициентов (13) и характер регрессионных связей позволяет говорить о том, что при более высоких концентрациях этих элементов у детей будут иметь место более низкие значения относительной СМ соответствующих ритмических диапазонов. Причем, если для дельта-ритма и бета1- диапазона эти коэффициенты были выявлены только во фронтальных локусах, то для альфа-ритма они также определялись в темпоральных локусах (Т4, Т6), а для бета2-диапазона – париетальных (Р3, Р4) и окципитального (О1) локусов регистрации.

Известно, что во время когнитивной деятельности, к которой относится решение арифметической задачи, должно изменяться соотношение ритмов текущей ЭЭГ, а в этих условиях, соответственно, может изменяться химическое обеспечение процессов синаптической передачи сигналов нейронов, обеспечивающих интегративные функции мозга в процессе умственной деятельности. Действительно, амплитуда нормального альфа- ритма существенно уменьшается при открывании глаз, во время решения когнитивных и логических задач различного уровня сложности [18]. Выяснено, что локальное падение амплитуды альфа-ритма происходит в зонах, не задействованных в решении задачи [19]. В то же время ЭЭГ-активность бета2-диапазона связывают с познавательными процессами, в частности с произвольным вниманием, сенсомоторной интеграцией [20, 21]. Таким образом, выявленные обратные регрессионные  $\beta$ -коэффициенты стронция с относительными величинами СМ альфа-ритма и бета2-диапазона позволяют говорить о том, что в соответствующих локусах значения относительной СМ этих ритмов ниже у детей с бóльшими концентрациями стронция в организме. При этом разная топография участков коры, реагирующих на присутствие стронция, в разной степени задействованных в реализации данной пробы дает основание для предположения об избирательном нейротропном действии этого элемента, в основе которого могут лежать химические взаимодействия двухвалентных ионов на уровне синаптической

передачи сигнала в нейронах. Высказанное предположение, с одной стороны опирается на известные нейрофизиологические механизмы возникновения и регистрации электрической активности мозга. Принято считать, что в электрических процессах, регистрируемых с поверхности открытого мозга или скальпа, находит отражение именно синаптическая активность нейронов. Речь идет о потенциалах, которые возникают в постсинаптической мембране нейрона, принимающего импульс [20]. С другой стороны, известны химические механизмы обеспечения сигнала в синапсах. Стабильный стронций находится в конкурентных отношениях с кальцием не только в костной ткани [9], но и в нервной [8], так как по своим физико-химическим свойствам оба элемента относятся к группе щелочно-земельных металлов. Установлено, что ионы стронция могут заменять ионы кальция в различных биологических процессах, в том числе в запуске секреции нейромедиатора из пресинаптических нервных окончаний, что даже делает стронций удобным инструментом для исследования механизмов освобождения нейромедиаторов из нервных окончаний [22].

Что касается свинца, одного из наиболее «популярных» в научных исследованиях в плане негативного влияния на организм в целом, то также хорошо известны его нейротоксичные влияния на мозговые функции человека [8].

Установлено, что, бета-ритм лучше всего регистрируется в прецентральных и фронтальных областях коры головного мозга. Усиление бета1-диапазона появляется при решении математических задач или прослушивании художественных текстов [23]. Следовательно, установленное нами снижение относительных величин СМ бета1-диапазона только во фронтальных локусах дает возможность расценивать влияние свинца на состояние электрической активности мозга детей во время когнитивной деятельности как негативное (тормозное).

Полученные нами результаты хорошо согласуются с литературными данными. Известны эффекты влияния малых доз свинца на развитие познавательных функций детей, когда когнитивные нарушения могут начать проявляться при его концентрации в крови менее 100  $\mu\text{g/l}$  [24]. Первыми проявлениями таких нарушений могут быть изменения биоэлектрической активности мозга и ухудшение результатов когнитивных тестов, таких как исследование речи, памяти, внимания, способности к обучению [25]. Необходимо отметить, что содержание свинца у обследуемых нами детей превышало практически в 3 раза верхнюю границу нормы. Так или иначе, существует достаточное количество экспериментальных данных, демонстрирующих возможные механизмы влияния этих химических элементов, на нервную ткань и нервные процессы. Очевидно, что одним из следствий этого влияния является изменение базовой электрической активности мозга в различных функциональных состояниях.

Следует подчеркнуть, что на сегодняшний день вопрос минимальных допустимых границ поллютантов остается спорным [24]. Их определение затруднено еще и в связи с возможным взаимодействием и физиологическим синергизмом химических элементов. Так, например, известно, что в условиях кальциевого дефицита, организм может использовать свинец вместо кальция [26] и в этом случае свинец выступает как функциональный синергист кальция. Упоминание о дефиците кальция, в контексте

настоящей работы, уместно потому, что существует мнение [9], что загрязнение внешней и, соответственно, внутренней среды такими токсичным элементом как свинец, который является антагонистом кальция, может вызывать кальций-дефицитное состояние в организме, хотя при этом содержание кальция в волосах будет превышать верхнюю границу нормы. Другие авторы [27] считают, что способность свинца замещать кальций является основным фактором токсичных эффектов в ЦНС, включая апоптоз и передачу нервных импульсов.

Подтверждением необходимости учета комплексного действия химических элементов при нормировании является и то, что результаты регрессионного анализа в настоящей работе показали существенное влияние на функциональное состояние нервной системы комбинации свинца, стронция и кальция в большинстве случаев, даже тогда, когда значимого действия каждого элемента в отдельности не наблюдалось. При этом их комплексное действие проявлялось по отношению к высокочастотному диапазону ЭЭГ-активности, и, в первую очередь, во время когнитивной деятельности тестируемых детей.

### **ВЫВОДЫ**

1. У 12-13-ти летних детей с вегето-сосудистой дистонией, жителей промышленно загрязненных восточных областей Украины выявлено превышение нормы содержания свинца и кальция в волосах.
2. Установлено статистически достоверное комплексное действие свинца, стронция и кальция на все, за исключением тета-, ритмические диапазоны ЭЭГ-активности, даже в тех случаях, когда влияние отдельных элементов не было статистически значимым.
3. Вклад отдельных элементов в комплексное влияние различался при разных функциональных состояниях нервной системы: в состоянии функционального покоя «глаза закрыты» существенное влияние на электрическую активность мозга оказывал стронций ( $0,61 < \beta < 0,76$ ;  $0,05 < p < 0,007$ ); проба «глаза открыты» – кальций ( $\beta = -0,58$ ;  $p = 0,04$ ); во время решения арифметической задачи существенным был вклад свинца ( $0,45 < \beta < 0,51$ ;  $0,04 < p < 0,02$ ) и стронция ( $0,57 < \beta < 0,61$ ;  $p = 0,04$ ).
4. При разных функциональных состояниях нервной системы химические элементы влияли на различные ритмические диапазоны ЭЭГ-активности. Характер связи регрессионных коэффициентов определял специфику влияния свинца, стронция и кальция на мозговую деятельность детей.
5. В состоянии функционального покоя стронций увеличивал, а кальций, напротив снижал значения относительных величин спектральной мощности всей высокочастотной части диапазона ЭЭГ.
6. Во время когнитивной деятельности стронций уменьшал значения относительных величин спектральной мощности альфа- и бета2- диапазона, свинец – дельта- и бета2- диапазонов ЭЭГ-активности в разных локусах регистрации.



## Список литературы

1. Виноградов А.П. Химический элементный состав организмов и периодическая система Д.Н. Менделеева / А.П. Виноградов // Тр. Биохим. лаб. АН СССР. – 1935. – Вып. 3. – С. 3–30.
2. Микроэлементозы человека / [Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.] – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
3. Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь / Ковальский В.В. – М.: Наука, 1982. – 78 с.
4. Лучанинова В.Н. Комплексная оценка состояния здоровья детей на фоне техногенной нагрузки / В.Н. Лучанинова, Л.В. Гранковская // Российский педиатрический журнал. – 2004. – №1. – С.29–33.
5. Великанова Л.П. Клинико-эпидемиологический мониторинг состояния нервно-психического здоровья детей и подростков / Л.П. Великанова // Педиатрия. – 2004. – №1. – С.67–70.
6. Гребняк Н.П. Состояние здоровья детского населения мегаполиса / Н.П. Гребняк, С.В. Вытрецак // Гигиена и санитария. – 2004. – №2. – С.50–53.
7. Залата О.О. Психофізіологічні особливості учнів різного віку у зв'язку із вмістом свинцю, стронцію та кальцію в організмі: автореф. дис. на здобуття вч. ступеню канд. мед. наук: спец. 14.03.03. «нормальна фізіологія». / О.О. Залата – Львів, 2009. – 20 с.
8. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А. Громова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.
9. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. – 272 с.
10. Ревич Б.А. Биомониторинг токсичных веществ в организме человека / Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. – 2004. – №6. – С.26–30.
11. Чекунова М.П. Роль конкуренции металлов с ионами кальция в механизме токсического специфического действия / М.П. Чекунова, Н.А. Минкина // Гигиена и санитария. – 1989. – № 3. – С. 67–69.
12. Дубровинская Н.В. Психофизиология ребенка: Психофизиологические основы детской валеологии / Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 144 с.
13. Фарбер Д.А. Гетерогенность и возрастная динамика  $\alpha$ -ритма электроэнцефалограммы / Д.А. Фарбер, В.Ю. Вильдавский // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 5. – С. 5–12.
14. Linkage and linkage disequilibrium mapping of ERP and EEG phenotypes / B. Porjesz, H. Begleiter, K. Wang [et al.] // Biological Psychology. – 2002. – Vol.61, №2. – P. 229–248.
15. Боев В.М. Среда обитания и экологически обусловленный дисбаланс микроэлементов у населения урбанизированных и сельских территорий / В.М. Боев // Гигиена и санитария. – 2002. – №5. – С. 3–8.
16. Лихолат О.А. Вільно радикальні процеси за пневмопатії, спричиненої низькими концентраціями солей стронцію / О.А. Лихолат // Довкілля та здоров'я. – 2001. – № 4. – С. 37–39.
17. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Л.Р. Зенков. – М.: МЕДпресс-информ, 2001. – 368 с.
18. Farber D. Pediatric behavioral Neurology, Developing Brain and Cognition / D.Farber, C. Njikiktjen. – Amsterdam: Suit Publications, 1993 – 15 p.
19. Klimesch W. 'Paradoxical' alpha synchronization in a memory task / W. Klimesch, M. Doppelmayr, J. Schwaiger // Cogn. Brain Res. – 1999. – Vol.7. – P. 493–501.
20. Данилова Н.Н. Психофизиология / Данилова Н.Н. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 373 с.
21. Desmedt J.D. Transient phase-locking of 40 Hz oscillation in prefrontal and parietal human cortex reflects the process of conscious somatic perception / J.D. Desmedt, C. Tomberg // Neuroscience Letters. – 1994. – Vol.168. – P. 126–129.
22. Механизмы облегчения секреции нейромедиатора в стронциевых растворах / М.А. Мухамедьяров, Ю.О. Кочунова, Э.Н. Телина, А.Л. Зефирова [и др.] // Рос. физиол. журнал им. И.М. Сеченова. – 2008. – Т.94, №2. – С.142–151.
23. Жирмунская Е.А. Функциональное значение некоторых феноменов электроэнцефалограммы человека / Е.А. Жирмунская, А.И. Рыбников, С.М. Ложникова // Физиология человека. — 1982. – Т. 8, №5. – С. 746–756.

24. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution „Effects of low exposure levels“. – Copenhagen: WHO, 2007. – P. 68–70.
25. Shaas L. Reduced intellectual development in children with prenatal lead exposure / L. Shaas // Environmental health Perspectives. – 2006. – Vol.114. – P.791–797.
26. Стародумов В.Л. Нервно-психический статус у детей в условиях загрязнения окружающей среды / В.Л. Стародумов, А.Н. Полякова, Н.Б. Денисова // Гигиена и санитария. – 1999. – № 6. – С. 52–53.
27. Lidsky T.L. Lead neurotoxicity in children basic mechanisms and clinical correlates / T. L. Lidsky, J.S. Schneider // Brain. – 2003. – Vol.126. – P. 5–19.

**Залата О.О. Множинний регресійний аналіз ЕЕГ-характеристик із вмістом хімічних елементів (свинець, стронцій, кальцій) в організмі дітей / О.О. Залата, О.В. Євстаф'єва, М.Г. Щоголева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія“. – 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 79-88.**

Виконано ЕЕГобстеження дітей віком 12-13 років з вегето-судинною дистонією, мешканців промислово забруднених регіонів східної України. Рентген-флуоресцентним методом встановили перевищення вмісту свинцю і кальцію у волоссі дітей. Встановлено статистично вірогідна комплексна дія свинцю, стронцію та кальцію на базову електричну активність мозку дітей при різних функціональних пробах (очі заплющені, очі розплющені, зворотна лічба подумки). У стані функціонального спокою суттєвим впливом на високочастотний діапазон володів стронцій ( $0,61 < \beta < 0,76$ ;  $0,04 < p < 0,000$ ). Під час зворотної лічби подумки для дельта- і бета1- діапазону ЕЕГ суттєвим був внесок свинцю ( $0,45 < \beta < 0,51$ ;  $0,04 < p < 0,02$ ), а стронцію для альфа- і бета2- діапазонів ( $0,57 < \beta < 0,61$ ;  $p = 0,04$ ).

**Ключові слова:** ЕЕГ, свинець, стронцій, кальцій, діти.

**Zalata O. The multiple regression analysis EEG at content of chemical elements (lead, strontium, calcium) in organism of children / O. Zalata, H. Evstafyeva, M. Thegoleva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 2. – P. 79-88.**

In of twenty-one patients with disorders of the autonomic nervous system (12-13 year old children, eastern Ukraine) EEG-examination with biomonitoring were examined. The element's contents were determined by the method of X-ray fluorescent spectroscopy. At the hairs children the border of norm was exceeded by the level of lead and calcium. Multiple regression analysis confirmed lead, strontium and calcium affected patients' EEG activity at different functional test.

**Keywords:** EEG, lead, strontium, calcium, children.

*Поступила в редакцію 10.04.2010 г.*