

УДК 616-008.9-057

## **О СВЯЗИ НАРУШЕНИЙ ОБМЕНА МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ У РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

© 2005 г. **В. И. Некрасов**

Поликлиника ОАО «Газпром», г. Москва

Хорошо известно, что нарушения обмена макро- и микроэлементов у человека приводят к развитию многих заболеваний [2, 8, 9]. А. П. Авцыным с соавторами [1] введен термин «микроэлементоз», под которым подразумевают заболевания, связанные с дисбалансом, дефицитом или избытком микроэлементов. Среди многих элементозов особое место занимают так называемые «профессионально обусловленные», характерные для лиц, контактирующих с металлами и различными соединениями химических элементов. Для выявления групп риска по интоксикации металлами используют анализ элементного состава различных биосубстратов, в т. ч. волос [4].

В отличие от профессионально обусловленных гиперэлементозов и металлотоксикозов дефицитам биоэлементов у лиц вредных и опасных профессий уделяется значительно меньше внимания, хотя, по имеющимся сведениям [3, 5, 7], они распространены у этой категории работников даже в большей степени, чем гиперэлементозы. Это обусловлено как нарушениями пищевого статуса, так и антагонизмом между биоэлементами и различными токсикантами.

Целью настоящего исследования была попытка установления сопряженности нарушений элементного статуса у работников одного из крупнейших в стране предприятий черной металлургии с заболеваемостью отдельными классами болезней по МКБ-10.

### **Материалы и методы исследования**

В ходе выполнения работы проведено исследование образцов волос 300 рабочих ОАО «Северсталь». Все обследованные — мужчины в возрасте от 35 до 50 лет. Для аналитической обработки результатов все они были разбиты по профессиональному признаку на 10 групп и сгруппированы по месту работы в цехах конверторного производства (КП), получения холоднокатаного листа (ПХЛ), управления качества (УК) и управления промбезопасности (УПБ). В качестве сравнения использованы данные по аналогичным половозрастным и социальным группам лиц, проживающих в г. Вологда.

Все образцы волос подвергались пробоподготовке согласно требованиям МАГАТЭ и методическим рекомендациям «Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами», утвержденным МЗ СССР (1989), МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой», утвержденным МЗ РФ в 2003 году.

С целью установления сопряженности нарушений элементного статуса с заболеваемостью проведено исследование образцов волос 300 работников одного из крупнейших в стране предприятий черной металлургии — ОАО «Северсталь». Анализ состояния минерального обмена позволил обнаружить вероятные причинно-следственные связи между неблагоприятным воздействием производственных факторов и риском повышения заболеваемости по отдельным классам болезней (МКБ-10).

**Ключевые слова:** элементозы, производственные факторы, охрана труда.

Аналитические исследования выполнены лабораторией АНО «Центр биотической медицины», аккредитованной в Федеральном центре Госсанэпиднадзора при МЗ РФ, методами атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС-ИСП) на приборах Optima 2000 DV и Elan 9000 (Perkin Elmer, США).

В биосубстратах определяли содержание 25 химических элементов: K, Na, Ca, Mg, P, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, Se, As, Li, Sn, V, Si, Ti, Ni, Al, Cd, Pb, Hg, Sr, I [6].

Статистическая обработка результатов исследований проводилась с использованием программ Microsoft Excel XP и Statistica 6.0 и включала описательную статистику, оценку достоверности различий по Стьюденту и корреляционный анализ с оценкой достоверности коэффициентов корреляции.

### Результаты и их обсуждение

Анализ состояния минерального обмена у мужчин — работников КП и ПХЛ — с помощью анализа волос (табл. 1) позволил обнаружить вероятные причинно-следственные связи между неблагоприятным воздействием производственных факторов и риском повышения заболеваемости по отдельным классам болезней (МКБ-10).

Таблица 1

**Риск развития гипо- и гиперэлементозов у мужчин — рабочих ОАО «Северсталь» (КП+ПХЛ) в зависимости от группы основного заболевания (удельный вес лиц с относительно повышенным и пониженным содержанием химических элементов волосах, %)**

Элемент	VI	VII	IX	VI	VII	IX
	Повышено	Повышено	Повышено	Понижено	Понижено	Понижено
Al	20	6	0	0	0	0
Ca	0	12	0	100	59	86
Cd	0	0	14	0	0	0
Co	0	6	14	40	41	43
Cr	20	12	14	0	29	0
Cu	20	6	14	40	41	14
Fe	60	24	14	0	29	0
Hg	0	12	14	0	0	0
I	20	6	14	60	65	57
K	80	24	29	20	41	57
Mg	0	29	14	60	41	86
Mn	60	29	14	20	24	43
Na	40	29	0	20	47	43
P	0	6	0	40	71	86
Pb	40	24	43	0	0	0
Se	0	0	0	20	88	57
Si	0	24	0	20	35	57
Ti	0	12	29	0	0	0
Zn	20	18	29	80	35	43

Повышений УБДУ по As, Be, Li, Ni, Sn, V не выявлено.

При анализе абсолютных значений соединения химических элементов в волосах, установлено, что у работников КП и ПХЛ избыточное накопление Fe, Mn, Al, Pb, As, Ni, V коррелируется с ростом частоты болезней нервной системы (VI класс по МКБ-10). Понижение уровня содержания в организме Ca, Mg, Zn и Co, которое может быть связано с воздействием перечисленных выше вредных производственных факторов — их антагонистов, тоже можно отнести к профессионально обусловленным причинам болезней нервной системы у работников КП и ПХЛ.

На ухудшение функций органа зрения заметно сказывается дефицит Se и I, дисбаланс Si на фоне избыточного накопления Hg.

Наличие у работников КП и ПХЛ болезней системы кровообращения (IX класс болезней) ассоциируется с относительно пониженным содержанием в волосах Ca, Mg, P, Si и повышенным — Cd и Pb.

Воздействие избыточного количества Fe на организм работников коррелируется с ростом числа болезней нервной системы, болезней глаза и органов дыхания.

Повышенная нагрузка марганцем является одним из факторов появления болезней органов дыхания и системы кровообращения, глаза и костно-мышечной системы.

Увеличение поступления в организм ртути способствует развитию болезней органов дыхания и мочеполовой системы, кремния — болезней органов дыхания, свинца — системы кровообращения. Избыток хрома влияет, по-видимому, на рост частоты болезней органов дыхания.

Обусловленный производственными факторами дефицит I играет, по-видимому, роль в повышении заболеваемости болезнями органов дыхания, а нехватка Ca, Mg и P коррелирует с наличием болезней органов пищеварения. Однако следует отметить, что вышесказанное носит характер тенденций (достоверность отличий на уровне  $p < 0,1$ , что связано с небольшим размером выборки). Достоверные отличия на уровне  $p < 0,05$  установлены только для Ca и Mg (XI группа).

Более четкие причинно-следственные связи между нарушениями минерального обмена и заболеваемостью работников КП и ПХЛ обнаруживаются при сравнении относительных данных о риске развития гипо- или гиперэлементозов, которые, как показано выше, взаимосвязаны.

Ниже приведены формулы «элементных портретов» работников ПХЛ и КП, страдающих болезнями разных классов по МКБ-10 (в числителе — риск гиперэлементозов  $> 25\%$ , в знаменателе — риск гипозэлементозов  $> 25\%$ ).

Болезни нервной системы (VI класс):

$$\frac{\text{Mn (67\%), Mg (67\%), Ca (42\%), Pb (33\%)}}{\text{I (83\%), Se (67\%), Co (67\%), P (58\%), K (50\%), Cu (42\%)}}$$

Болезни глаза и его придаточного аппарата (VII класс):

$$\frac{\text{Mn (52\%), Mg (39\%), Na (34\%)}}{\text{P (74\%), Co (74\%), Se (61\%), I (52\%), Si (43\%), Ca (39\%), Cu (39%)}}$$

Болезни системы кровообращения (IX класс):

$$\frac{\text{Mn (92\%), Mg (85\%), Ca (69\%), Pb, Na (46\%), Fe (39\%), Cd, Hg (23\%)}}{\text{I (92\%), Co (84\%), Se (69\%), P (61\%), Cu, Zn (39\%), Si (30%)}}$$

Болезни органов дыхания (X класс):

$$\frac{\text{Mn (100\%), Fe, Mg (80\%), Ca, Cr (60\%), Na (40\%)}}{\text{P, Se (100\%), I, Co (80\%), K (60\%), Cu (40%)}}$$

Болезни органов пищеварения (XI класс):

$$\frac{\text{Fe (40\%), Mn, Na (30\%)}}{\text{P (90\%), I (80\%), Co (70\%), Ca (60\%), Se, Si, Cr (50\%), Zn (40\%), Mg, Na, K (30%)}}$$

Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (XIII класс):

$$\frac{\text{Mg, Mn (100\%), Fe (83\%), Ca, Na (50\%), Cr (33\%)}}{\text{P, Se (83\%), I, Co, Si (67\%), Cu (50%)}}$$

Болезни мочеполовой системы (XIV класс):

$$\frac{\text{Mn (66\%), Fe, K (50\%), Pb (33\%)}}{\text{Co, P (83\%), Ca, I (67\%), Zn, Si, Cu, Mg (50\%), Na, Se (33%)}}$$

С целью снижения нагрузки Fe, Mn, Pb и улучшения показателей водно-солевого обмена можно кроме ужесточения мер по охране труда периодически проводить мероприятия по выведению из организма избыточного количества этих химических элементов и их соединений с применением пектина, кислородных фитококтейлей, кисломолочных продуктов, сульфатных минеральных вод, фиточаев и сборов (бессмертник, мята, тысячелистник).

При обследовании работников УПБ и УК достоверных отличий в абсолютном содержании химических элементов в волосах в зависимости от основного заболевания в этой группе не установлено (табл. 1 и 2). Однако, согласно приведенным ниже данным, обнаружено, что при наличии основного заболевания, отнесенного к IX и VI классам болезней по

Таблица 2

Содержание химических элементов в волосах работников ОАО «Северсталь», контактирующих с металлами (ПХЛ + КП) и страдающих хроническими заболеваниями, мкг/г волос (M ± m)

Элемент	VI n = 12	VII n = 23	IX n = 13	X n = 5	XI n = 10	XIII n = 6	XIV n = 6
Al	16,98±2,62	17,14±1,95	15,46±2,1	17,95±1,72	15,91±2,63	26,47±13,96	13,8±2,58
As	0,05±0,01	0,05±0,01	0,06±0,02	0,06±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,04±0,01
Be	0,002±0,001	0,002±0,001	0,002±0,001	0,001±0,001	0,002±0,001	0,002±0,001	0,002±0,001
Ca	771±176	492±61	745±86	833±201	301±27 <sup>IX</sup>	924±215	381±84
Cd	0,11±0,04	0,22±0,05	0,32±0,12	0,09±0,03	0,1±0,03	0,09±0,02	0,08±0,04
Co	0,04±0,01	0,05±0,02	0,04±0,01	0,03±0,01	0,13±0,08	0,05±0,03	0,03±0,01
Cr	0,56±0,09	0,77±0,14	0,63±0,06	3,28±2,17	0,47±0,08	0,64±0,16	0,56±0,13
Cu	11,13±0,62	10,98±0,53	11,75±0,82	11,67±1,16	10,64±0,65	10,39±0,56	10,5±0,81
Fe	39,33±19,87	69,42±38,1	25,22±4,36	84,83±44,37	31,81±13,07	34,6±4,68	30,16±10,43
Hg	0,68±0,19	0,78±0,19	0,99±0,2	1,55±0,77	0,82±0,29	0,78±0,21	0,89±0,19
I	0,42±0,08	0,66±0,09	0,47±0,25	0,29±0,09	0,64±0,3	1,33±0,73	0,63±0,31
K	125±48	189±50	193±62	104±63	99±25	181±65	287±146
Li	0,02±0,003	0,02±0,003	0,02±0,004	0,04±0,02	0,01±0,003	0,02±0,008	0,02±0,001
Mg	84±15	65±10	112±15	96±17	36±3 <sup>IX,XIII</sup>	119±24	48±14
Mn	1,37±0,2	2,48±0,91	3,41±0,73	4,53±2,15	1,38±0,66	2,46±0,55	1,34±0,19
Na	304±131	429±109	501±144	411±133	233±83	424±153	216±81
Ni	0,33±0,05	0,8±0,31	0,42±0,07	0,88±0,33	0,57±0,34	0,66±0,36	0,58±0,2
P	144±10	130±5	139±7	129±5	122±4	134±6	131±11
Pb	2,84±0,71	3,01±0,77	7,07±1,96	2,81±1,69	2,49±1,52	2,28±0,7	4,96±3,08
Se	0,3±0,03	0,28±0,03	0,31±0,04	0,2±0,04	0,32±0,04	0,22±0,05	0,3±0,02
Si	24,15±6,09	17,31±4,17	13,17±1,33	36,97±11,75	16,37±4,06	19,41±9,92	22,88±6,43
Sn	0,09±0,02	0,13±0,02	0,11±0,03	0,17±0,1	0,08±0,02	0,16±0,06	0,1±0,03
Ti	0,95±0,11	1,14±0,15	1,04±0,15	2,86±2,09	1,09±0,25	1,2±0,22	1,26±0,41
V	0,06±0,01	0,09±0,01	0,14±0,03	0,09±0,02	0,09±0,03	0,08±0,01	0,11±0,05
Zn	167±12	171±9	168±11	176±12	178±7	177±11	163±17

Примечание. Отмечены достоверные отличия (p < 0,002).

МКБ-10 (болезни системы кровообращения и нервной системы), у абсолютного большинства работников УПБ и УК в волосах снижено содержание Ca, Mg, P, Zn, I, Co.

В формализованном виде связь между показателями минерального обмена и заболеваниями по отдельным классам болезней по МКБ-10 представлена ниже:

Болезни нервной системы (VI класс):

K (80%), Fe (60%), Mn (60%), Na (40%), Pb (40%)  
Ca (100%), Zn (80%), Mg (60%), I (60%), Cu (40%), Co (40%), P (40%)

Болезни глаза и его придаточного аппарата (VII класс):

Fe (65%), Mn (30%), Na (30%), Mg (30%)  
Se (88%), P (71%), I (64%), Ca (59%), Na (47%), Mg, K, Co, Cu (30%)

Болезни системы кровообращения (IX класс):

Pb (43%), Zn (29%), Ti (29%), K (29%)  
Ca (86%), Mg (86%), Se, I, Si, K (57%), Zn, Mn, Na, Co (43%)

Таким образом, как показывает сравнение связи распространенности отдельных классов болезней с нарушениями минерального обмена в изученных группах, более выраженный контакт с вредными профессиональными факторами накладывает существенный отпечаток на характер элементозов у работников ОАО «Северсталь». Так, болезни нервной системы у работников УПБ и УК возникают на фоне дефицита Ca, Zn, Mg, I и избытка K, Na и Fe в большинстве случаев (> 60 %, см. ниже), тогда как у работников КП и ПХЛ эти же заболевания ассоциируются в первую очередь с избытком Ca, Mg и дефицитом K, I, Se. При этом общими для обследованных групп являются избыток Mn, Pb и низкие показатели P, Co, Se. Из этого можно сделать вывод о том, что общими для работников КП, ПХЛ и УПБ, УК являются негативные воздействия Pb и Mn, отчасти — Fe и, вероятно, как следствие — дефицит P, Co, Cu и J. То есть восполнение этого дефицита может быть рекомендовано для первичной и вторичной профилактики болезней нервной системы, с обязательным снижением нагрузки Pb и Mn, Ca, Fe (использование сорбентов, специального питания, включая потребление особо приготовленной питьевой воды и других средств, способствующих выведению тяжелых металлов и восполнению дефицита химических элементов).

Особый подход к профилактике и лечению в различных группах работников необходим и в случае болезней глаза и его придаточного аппарата, распространенных в коллективе. Заболевания этого класса (VII) у всех работников протекают на фоне гиперэлементозов Mg, Na, Mn, Fe и дефицита P, Se, Ca, J, Co. Особенностью больных с заболеваниями VII класса по МКБ-10, работающих в УК и УПБ, является более широкая гамма и степень выраженности дефицита жизненно важных элементов, в том числе Na, Mg, K, а в КП и ПХЛ — Si. В целом можно сделать вывод, что заболеваемость болезнями

глаза и его придаточного аппарата у всех работников может быть снижена путем уменьшения нагрузки Fe, Mn, нормализации обмена Mg, Na, K, восполнения дефицита Ca, P, Cu, Se, Co, J, а у работников ПХЛ и КП еще и Si.

#### Список литературы

1. Авцын А. П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.
2. Бабенко Г. А. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение / Г. А. Бабенко // Микроэлементы в медицине. — 2001. — Т. 2, № 1. — С. 1—5.
3. Дубовой Р. М. Алгоритм оценки элементного статуса и повышение функциональных резервов у работников промышленных предприятий с применением микроэлементов: Автор. дис. ... канд. мед. наук / Дубовой Р. М. — М., 2004. — 21 с.
4. Любченко П. Н. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: Метод. рекомендации, утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. / П. Н. Любченко, Б. А. Ревич, И. И. Левченко. — М., 1989. — 24 с.
5. Нотова С. В. Эколого-физиологическое обоснование корректирующего влияния элементного статуса на функциональные резервы организма человека: Дис. ... д-ра мед. наук / Нотова С. В. — М., 2005. — 289 с.
6. Скальный А. В. Медико-экологическая оценка риска гипермикроэлементозов у населения мегаполиса / А. В. Скальный, А. Т. Быков, Е. П. Серебрянский, М. Г. Скальная. — Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. — 146 с.
7. Скальный А. В. Эколого-физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в восстановительной медицине / А. В. Скальный, А. Т. Быков. — Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. — 198 с.
8. Скальный А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков. — М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. — 272 с.
9. Сусликов В. Л. Геохимическая экология болезней. Т. 3. Атомовитозы / В. Л. Сусликов. — М.: Гелиос АРВ, 2002. — 670 с.

#### ABOUT CONNECTION BETWEEN DISTURBANCES IN METABOLISM OF MACRO- AND MICROELEMENTS AND MORBIDITY OF FERROUS METALLURGICAL ENTERPRISES' EMPLOYEES

V. I. Nekrasov

*Polyclinic of OJSC «Gazprom», Moscow*

With the purpose of determination of a connection between disturbances of the element status and morbidity, a study of hair samples of 300 employees of one of the biggest in the country enterprises of ferrous metallurgy — OJSC «Severstal» has been carried out.

The analysis of the mineral metabolism state allowed to reveal probable cause-effect connections between the unfavorable impact of industrial factors and the risk of morbidity increase because of separate classes of diseases (МКБ-10).

**Key words:** elementoses, industrial factors, labor protection.