

# АНАЛИЗ ПАТТЕРНОВ СОДЕРЖАНИЯ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ ДАУНА И ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

## А.Р. Грабеклис

к.б.н., ст. науч. сотрудник,  
Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова;  
ст. преподаватель,  
Российский университет дружбы народов (Москва)  
ORCID 0000-0003-4017-4139  
E-mail: andrewgrabeklis@gmail.com

## А.А. Скальная

клинический ординатор,  
Научный центр неврологии (Москва)  
ORCID0000-0001-5938-9194

## А.Л. Мазалецкая

к.псих.н.,  
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова (г. Ярославль)  
ORCID0000-0002-1108-5949

## О.П. Айсувакова

к.х.н., химик-аналитик,  
ООО «Микронутриенты» (Москва)  
ORCID 0000-0003-4707-9353

**Актуальность.** Синдром Дауна является генетическим заболеванием, связанным с трисомией по 21 хромосоме, и проявляющимся широким спектром симптомов, в том числе нервно-психических нарушений. Предполагается, что развитию неврологической дисфункции при синдроме Дауна может способствовать нарушение обмена эссенциальных металлов в организме.

**Цель работы.** Изучение содержания эссенциальных макро- и микроэлементов в волосах детей с синдромом Дауна и задержкой психического развития для поиска возможных общих паттернов.

**Материал и методы.** Обследовано 109 детей с задержкой психического развития (ЗПРР), 75 детей с диагнозом синдрома Дауна, а также 107 здоровых детей в возрасте от 1 до 7 лет ( $3,28 \pm 1,88$  лет). Содержание макро- и микроэлементов в волосах определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС).

**Результаты.** Содержание кобальта, меди, железа, селена и ванадия в волосах детей с ЗПРР и синдромом Дауна было достоверно ниже показателей контрольной группы на 12 и 11%, 8 и 11%, 18 и 16%, 36 и 15%, и 47 и 34% соответственно. При этом уровень хрома, лития, марганца, и цинка по сравнению с контрольной группой оказался ниже только у детей с ЗПРР, на 21, 22, 11 и 27% соответственно. У обследуемых с синдромом Дауна уровень йода в волосах превышал контрольные значения на 54%, однако у детей с ЗПРР подобных различий не было выявлено. Содержание фосфора в волосах детей с ЗПРР и синдромом Дауна было ниже и выше контрольных значений на 8 и 24% соответственно. Содержание магния в волосах детей с ЗПРР было достоверно ниже такового у здоровых обследуемых и детей с синдромом Дауна на 18 и 13% соответственно.

**Выводы.** Результаты проведенного исследования позволили выявить ряд общих паттернов нарушения обмена эссенциальных макро- и микроэлементов у детей с синдромом Дауна и ЗПРР. Несмотря на безусловно генетическую причину патологических изменений при болезни Дауна, данные нарушения могут, по крайней мере, частично обуславливать нервно-психические нарушения у пациентов.

**Ключевые слова:** психическое развитие, селен, медь, фосфор, масс-спектрометрия.

**Для цитирования:** Грабеклис А.Р., Скальная А.А., Мазалецкая А.Л., Айсувакова О.П. Анализ паттернов содержания эссенциальных макро- и микроэлементов в волосах детей с синдромом Дауна и задержкой психического развития. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020;23(11):34–39. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-11-06>

Развитие нервной системы человека и ее последующее функционирование зависит от широкого спектра факторов внутренней и внешней среды. Являясь эссенциальными микронутриентами, ряд макро- и микроэлементов, в первую очередь железо, медь, цинк, селен, магний, играют значительную роль в функционировании мозга, тогда как нарушения их обмена связаны с широким спектром заболеваний нервной системы [1].

Синдром Дауна является генетическим заболеванием, связанным с трисомией по 21 хромосоме, и проявляющимся наряду с характерным фенотипом широким спектром симптомов, в том числе нервно-психическими нарушениями, сердечно-сосудистой и эндокринной патологиями. Ранее проведенные исследования продемонстрировали значительные нарушения обмена химических элементов у детей с синдромом Дауна [2]. В то же время имеющиеся данные достаточно противоречивы. В частности, в ряде работ отмечается как избыток [2], так и недостаток [3] или отсутствие достоверных различий в кумуляции меди в индикаторных биосубстратах детей с синдромом Дауна.

Несмотря на то, что неврологические и другие нарушения при болезни Дауна имеют несомненно генетическую природу, целый ряд факторов, в том числе и питание, оказывает значительное влияние на здоровье пациентов [4]. Так, установлены особенности элементного статуса организма детей с синдромом Дауна, которые могут отчасти обуславливать задержку роста и избыточной массой тела [5]. Предполагается, что нарушение обмена эссенциальных металлов в организме и особенно нервной системе может способствовать развитию неврологической дисфункции при синдроме Дауна [6].

**Ц е л ь и с с л е д о в а н и я** – изучение содержания эссенциальных макро- и микроэлементов в волосах детей с синдромом Дауна и задержкой психического развития (ЗППР) для поиска возможных общих паттернов.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Настоящее исследование проведено в соответствии с этическими принципами, отраженными в Хельсинкской декларации (1964), а также ее последующих правках (2013). Протокол одобрен Локальным этическим комитетом при ЯрГУ им. П.Г. Демидова. Исследование проведено на базе ЯрГУ им. П. Г. Демидова (г. Ярославль, Россия) и АНО «Центр биотической медицины» (Москва, Россия). Перед обследованием детей было получено ин-

формированное согласие родителей или законных опекунов.

Обследовано 109 детей с задержкой психического развития, 75 детей с диагнозом синдрома Дауна, а также 107 здоровых детей в возрасте от 1 до 7 лет ( $3,28 \pm 1,88$  лет). Синдром Дауна (МКБ-10: Q90) диагностирован на основании результатов генетического анализа и клинического обследования. В настоящем исследовании критериями исключения явились наличие острых воспалительных заболеваний или хронических заболеваний в стадии обострения, наличие металлических имплантатов (в том числе стоматологических). Для пациентов с синдромом Дауна критериями исключения также служили диагностированные сочетанные нарушения метаболизма.

Сбор образцов волос осуществляли в присутствии родителей с затылочной части головы ребенка в количестве 0,5 г. Для исследования использовали только проксимальные части прядей волос, в меньшей степени подверженные внешнему загрязнению. До анализа образцы хранили при комнатной температуре в бумажных конвертах.

Пробоподготовка образцов волос состояла в отмывании ацетоном с последующим трехкратным промыванием дистиллированной деионизированной водой и высушиванием на воздухе до стабильного веса. Впоследствии образцы подвергались микроволновому разложению в системе Berghof SW-4 (Berghof Products Instruments, Germany) в присутствии концентрированной азотной кислоты. По окончании разложения объем пробы доводили дистиллированной деионизированной водой до 15 мл.

Определение содержания микроэлементов кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), йода (I), лития (Li), марганца (Mn), селена (Se), ванадия (V) и цинка (Zn), а также макроэлементов кальция (Ca), калия (K), магния (Mg), натрия (Na) и фосфора (P) осуществляли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре NexION 300D (PerkinElmer, США), оснащенный автодозатором ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., NE, США). Калибровку ИСП-МС системы производили с использованием растворов химических элементов в диапазоне изучаемых концентраций, приготовленных путем разведения исходного раствора Data Acquisition Standards Kit (Perkin Elmer Inc., СТ, США). Контроль качества лабораторных исследований проводили регулярно посредством анализа сертифицированных референтных образцов волос

человека GBW09101 (Shanghai Institute of Nuclear Research, КНР) с последующей оценкой соответствия фактических значений сертифицированным. Данные о содержании макро- и микроэлементов в волосах выражались в микрограммах на грамм.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программного обеспечения Statsoft (США) Statistica 10.1. Проверку нормальности распределения данных выполняли по методу Шапиро–Уилка, который продемонстрировал отсутствие нормальности. В связи с этим в качестве описательных статистик использовали медиану и границы 25–75-го центильного интервала. Групповое сравнение проводили с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты ИСП-МС анализа волос выявили существенные различия в содержании микроэлементов в волосах детей с синдромом Дауна и задержкой психического развития от контрольных показателей (табл. 1). При этом ряд отклонений

был характерен для детей как с ЗППР, так и синдромом Дауна. В частности, содержание кобальта, меди, железа, селена и ванадия в волосах детей с ЗППР и синдромом Дауна было достоверно ниже показателей контрольной группы на 12 и 11%, 8 и 11%, 18 и 16%, 36 и 15%, и 47 и 34% соответственно. При этом ряд нарушений характеризовался ассоциацией лишь с одним из изученных заболеваний.

Так, уровень хрома, лития, марганца и цинка у детей с ЗППР был на 21, 22, 11 и 27% ниже такового у здоровых обследуемых. У обследуемых с синдромом Дауна уровень йода в волосах превышал контрольные значения на 54%, однако у детей с ЗППР подобных различий не было выявлено.

Сравнительный анализ также показал, что, несмотря на общность ряда изменений, между детьми с ЗППР и синдромом Дауна также имеются значимые различия в содержании эссенциальных микроэлементов в волосах. Так, уровень йода, селена, ванадия и цинка в волосах детей с синдромом Дауна превышал таковой у обследуемых с ЗППР на 56, 32, 25 и 33% соответственно.

**Таблица 1. Содержание эссенциальных микроэлементов (мкг/г) в волосах детей с задержкой психического развития и болезнью Дауна относительно контрольных значений**

Элемент	Контроль	Задержка психического развития	Синдром Дауна
Co	0,0092 (0,0067–0,0146)	0,0081 (0,0055–0,0132) <sup>1</sup>	0,0082 (0,0061–0,011) <sup>1</sup>
Cr	0,1734 (0,1209–0,2704)	0,1371 (0,0921–0,2308) <sup>1</sup>	0,1872 (0,1061–0,3019)
Cu	10,718 (9,327–14,277)	9,822 (8,643–11,543) <sup>1</sup>	9,503 (8,478–12,42) <sup>1</sup>
Fe	16,623 (12,228–21,246)	13,646 (10,09–18,472) <sup>1</sup>	14,044 (9,58–19,298) <sup>1</sup>
I	0,5027 (0,2836–1,0788)	0,4971 (0,3045–1,0435)	0,7753 (0,456–1,3813) <sup>1,2</sup>
Li	0,0305 (0,0203–0,045)	0,0238 (0,0124–0,0412) <sup>1</sup>	0,0296 (0,0156–0,0511)
Mn	0,2624 (0,1948–0,4052)	0,2342 (0,1423–0,3723) <sup>1</sup>	0,227 (0,1769–0,3499)
Se	0,4878 (0,4409–0,5282)	0,315 (0,2367–0,3997) <sup>1</sup>	0,4168 (0,3444–0,4733) <sup>1,2</sup>
V	0,0388 (0,0204–0,0639)	0,0207 (0,0131–0,0331) <sup>1</sup>	0,0259 (0,0152–0,0529) <sup>1,2</sup>
Zn	115,74 (83,81–156,49)	85,56 (51,24–146,84) <sup>1</sup>	113,97 (70,18–179,46) <sup>2</sup>

Примечание: данные представлены в виде медианы и 25–75 центильного интервала; <sup>1, 2</sup> – достоверное ( $p < 0,05$ ) отличие относительно контрольной группы и группы детей с задержкой психического развития соответственно.

**Таблица 2. Содержание макроэлементов в волосах (мкг/г) детей с задержкой психического развития и синдромом Дауна**

Элемент	Контроль	Задержка психического развития	Синдром Дауна
Ca	317,77 (237,53–438,35)	253,87 (177,07–380,54) <sup>1</sup>	278,9 (224,32–373,81) <sup>1</sup>
K	630,74 (301,53–1320,01)	537,46 (250,36–1501,05)	873,56 (440,69–1754,83) <sup>2</sup>
Mg	25,002 (18,197–38,006)	20,408 (13,827–32,555) <sup>1</sup>	23,421 (17,98–33,88) <sup>2</sup>
Na	415,72 (181,61–929,89)	310,65 (113,64–734,39)	312,25 (177,64–660,04)
P	152,16 (137,61–168,79)	139,93 (126,29–156,89) <sup>1</sup>	188,69 (162,5–205,74) <sup>1</sup>

Примечание: см. табл. 1.

При анализе содержания макроэлементов в волосах выявлено меньше сходных нарушений в случае изучаемых патологий (табл. 2). Так, единственным изменением, наблюдаемым у детей как с ЗППР, так и с синдромом Дауна, явилось снижение уровня кальция в волосах на 20 и 12% соответственно. Несмотря на достоверные отличия в случае обеих групп, изменения уровня фосфора в волосах были разнонаправленными. В частности, содержание данного макроэлемента в волосах детей с ЗППР было ниже контрольных значений на 8%. В то же время максимальные значения параметра отмечались у детей с синдромом Дауна, превышая соответствующие показатели в группах контроля и ЗППР на 24 и 34%. Содержание магния в волосах детей с ЗППР было достоверно ниже такового у здоровых обследуемых и детей с синдромом Дауна на 18 и 13% соответственно.

Результаты проведенного исследования продемонстрировали существенные нарушения элементного статуса у детей с ЗППР и синдромом Дауна. В то же время отмечается ряд общих паттернов изменения содержания эссенциальных микроэлементов (Co, Fe, Cu, Se, V) в волосах, что может свидетельствовать о возможной роли нарушения обмена данных элементов в психоневрологической дисфункции [1]. Данные наблюдения согласуются с ранее отмеченной высокой частотой нарушений обмена микроэлементов у детей с синдромом Дауна [2, 5], что может быть обусловлено более низким поступлением микронутриентов с пищей у пациентов с синдромом Дауна [7]. Ранее проведенное исследование продемонстрировало снижение уровня меди и медь-транспортного белка церулоплазмينا в плазме детей с синдромом Дауна, что может ча-

стично обуславливать умственные нарушения [3], согласуясь с ролью меди в функционировании нервной системы [8]. С учетом высокой чувствительности мозга и его функций к дефициту железа [9] и селена [10], выявленный нами и другими исследователями высокий риск развития дефицита железа [11] и селена [2] может указывать на возможную взаимосвязь между данными нарушениями. Несмотря на то, что нарушение обмена кобальта и ванадия в случае задержки психического развития ранее не продемонстрировано, их вовлечение может быть обусловлено повышением резистентности к церебральной ишемии [21, 13].

Важно отметить, что у детей с синдромом Дауна не было выявлено достоверных различий в содержании в волосах цинка и магния, являющихся выраженными нейропротективными элементами [14, 15]. Напротив, отличительной чертой пациентов с синдромом Дауна являлось достоверное повышение уровня йода в волосах. Данное наблюдение согласуется с более высокой распространенностью гипертиреоза у детей с трисомией 21 [16]. Несмотря на значительную роль йода и тиреоидных гормонов в развитии нервной системы, гипертиреоз, равно как и гипотиреоз может сопровождаться развитием нервно-психических нарушений [17].

Наряду с достоверными различиями в обмене эссенциальных микроэлементов, у детей с синдромом Дауна отмечены достоверные различия в содержании кальция и фосфора в волосах. Учитывая роль данных элементов в построении неорганического вещества костной ткани [18], справедливо предположить взаимосвязь подобных нарушений с нарушением минеральной плотности кости у пациентов с трисомией 21 [19].

## ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования позволили выявить ряд общих паттернов нарушения обмена эссенциальных макро- и микроэлементов у детей с синдромом Дауна и задержкой психического развития. Несмотря на безусловно генетическую причину патологических изменений при болезни Дауна, данные нарушения могут по крайней мере частично обуславливать нервно-психические нарушения у пациентов. В то же время необходимы дальнейшие исследования, направленные на выявление роли отдельных химических элементов и их взаимодействий в нейробиологии и нейропатологии при трисомии 21.

Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках проекта № 18-013-01026.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Janka Z. Tracing trace elements in mental functions. *Idegygyaszatiszemle.* 2019; 72(11–12):367–379. doi: 10.18071/isz.72.0367.
2. Saghzadeh A., Mahmoudi M., Dehghani Ashkezari A., Olliaie Rezaie N., Rezaei N. Systematic review and meta-analysis shows a specific micronutrient profile in people with Down Syndrome: Lower blood calcium, selenium and zinc, higher red blood cell copper and zinc, and higher salivary calcium and sodium. *PLoS One.* 2017; 12(4):e0175437. doi: 10.1371/journal.pone.0175437.
3. Tórsdóttir G., Kristinsson J., Hreidarsson S., Snaedal J., Jóhannesson T. Copper, ceruloplasmin and superoxide dismutase (SOD1) in patients with Down's syndrome. *Pharmacol. Toxicol.* 2001; 89(6):320–325. doi: 10.1034/j.1600-0773.2001.d01-168.x.
4. Mazurek D., Wyka J. Down syndrome--genetic and nutritional aspects of accompanying disorders. *Rocz. Panstw. Zakl. Hig.* 2015; 66(3):189–194.
5. Grabeklis A.R., Skalny A.V., Ajsuvakova O.P., Skal'naya A.A., Mazaletskaya A.L., Klochkova S.V., Chang S.J.S., Nikitjuk D.B., Skal'naya M.G., Tinkov A.A. A Search for Similar Patterns in Hair Trace Element and Mineral Content in Children with Down's Syndrome, Obesity, and Growth Delay. *Biol. Trace Elem. Res.* 2020; 196(2):607–617. doi: 10.1007/s12011-019-01938-6.
6. Malakooti N., Pritchard M.A., Adlard P.A., Finkelstein D.I. Role of metal ions in the cognitive decline of Down syndrome. *Front. Aging Neurosci.* 2014; 6:136. doi: 10.3389/fnagi.2014.00136.
7. Magenis M.L., Machado A.G., Bongiolo A.M., Silva M.A.D., Castro K., Perry I.D.S. Dietary practices of children and adolescents with Down syndrome. *J. Intellect. Disabil.* 2018; 22(2):125–134. doi: 10.1177/1744629516686571.
8. Lutsenko S. Sending copper where it is needed most. *Science.* 2020; 368(6491): 584–585. doi: 10.1126/science.abb6662.
9. Georgieff M.K. Iron assessment to protect the developing brain. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017; 106(Suppl 6):1588S–1593S. doi: 10.3945/ajcn.117.155846.
10. Pillai R., Uyehara-Lock J.H., Bellinger F.P. Selenium and selenoprotein function in brain disorders. *IUBMB Life.* 2014; 66(4):229–239. doi: 10.1002/iub.1262.
11. Hart S.J., Zimmerman K., Linardic C.M., Cannon S., Pastore A., Patsiogiannis V., Rossi P., Santoro S.L., Skotko B.G., Torres A., Valentini D., Vellody K., Worley G., Kishnani P.S. Detection of iron deficiency in children with Down syndrome. *Genet. Med.* 2020; 22(2):317–325. doi: 10.1038/s41436-019-0637-4.
12. Dai Y., Li W., Zhong M., Chen J., Cheng Q., Liu Y., Li T. The paracrine effect of cobalt chloride on BMSCs during cognitive function rescue in the HIBD rat. *Behav. Brain Res.* 2017; 332:99–109. doi: 10.1016/j.bbr.2017.05.055.
13. Ahmadi-Eslamloo H., Dehghani G.A., Moosavi S.M.S. Long-term treatment of diabetic rats with vanadyl sulfate or insulin attenuate acute focal cerebral ischemia/reperfusion injury via their antiglycemic effect. *Metab. Brain Dis.* 2018; 33(1):225–235. doi: 10.1007/s11011-017-0153-7.
14. Portbury S.D., Adlard P.A. Zinc Signal in Brain Diseases. *Int. J. Mol. Sci.* 2017; 18(12):2506. DOI: 10.3390/ijms18122506.
15. Kirkland A.E., Sarlo G.L., Holton K.F. The Role of Magnesium in Neurological Disorders. *Nutrients.* 2018; 10(6):730. doi: 10.3390/nu10060730.
16. Goday-Arno A., Cerda-Esteve M., Flores-Le-Roux J.A., Chillaron-Jordan J.J., Corretger J.M., Cano-Pérez J.F. Hyperthyroidism in a population with Down syndrome (DS). *Clin. Endocrinol. (Oxf).* 2009; 71(1):110–114. doi: 10.1111/j.1365-2265.2008.03419.x.
17. Li L., Zhi M., Hou Z., Zhang Y., Yue Y., Yuan Y. Abnormal brain functional connectivity leads to impaired mood and cognition in hyperthyroidism: a resting-state functional MRI study. *Oncotarget.* 2017; 8(4):6283–6294. doi: 10.18632/oncotarget.14060.
18. Lamberg-Allardt C., Kemi V. Interaction Between Calcium and Phosphorus and the Relationship to Bone Health. In: *Clinical Aspects of Natural and Added Phosphorus in Foods.* Springer, New York, NY. 2017. P. 145–157.
19. González-Agüero A., Vicente-Rodríguez G., Moreno L.A., Casajús J.A. Bone mass in male and female children and adolescents with Down syndrome. *Osteoporos. Int.* 2011; 22(7):2151–2157. doi: 10.1007/s00198-010-1443-7.

Поступила 14 сентября 2020 г.

# PATTERNS OF HAIR MINERAL AND TRACE ELEMENT CONTENTS IN CHILDREN WITH DOWN'S SYNDROME AND MENTAL RETARDATION

© Authors, 2020

## A.R. Grabeklis

Ph.D. (Biol.), Senior Research Scientist, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University;

Senior Lecturer, Peoples' Friendship University of Russia (Moscow)

ORCID 0000-0003-4017-4139

E-mail: andrewgrabeklis@gmail.com

## A.A. Skalnaya

Resident Physician,

Research Center of Neurology (Moscow)

ORCID 0000-0001-5938-9194

## A.L. Mazaletskaya

Ph.D. (Psych.),

Yaroslavl State University (Yaroslavl)

ORCID 0000-0002-1108-5949

## O.P. Ajsuvakova

Ph.D. (Chem.), Chemist,

Micronutrients JSC (Moscow)

ORCID 0000-0003-4707-9353

**Relevance.** Down's syndrome is a genetic disorder caused by trisomy of chromosome 21. It manifests itself in a wide range of symptoms, including neuropsychiatric disorders, which may be partly due to disturbed metabolism of essential metals in the body.

**Objective.** To study the content of essential minerals and trace elements in hair of children with Down's syndrome and mental retardation in order to find possible common patterns.

**Material and methods.** The study involved 109 children with mental retardation, 75 children with Down's syndrome, and 107 healthy children aged 1 to 7 years ( $3.28 \pm 1.88$  years). Co, Cr, Cu, Fe, I, Li, Mn, Se, V, Zn, Ca, K, Mg, Na, Pw as quantitatively determined in hair by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS).

**Results.** The content of cobalt, copper, iron, selenium and vanadium in hair of children with mental retardation and Down's syndrome was lower than in control group by 12% and 11%, 8% and 11%, 18% and 16%, 36% and 15%, 47% and 34%, respectively. At the same time, the level of chromium, lithium, manganese, and zinc as compared to the control group was lower only in children with mental retardation, by 21%, 22%, 11% and 27%, respectively. In children with Down's syndrome the iodine level exceeded the control values by 54%, though in children with mental retardation such differences were not revealed. The phosphorus content in children with mental retardation and Down's syndrome was lower and higher than the control values by 8% and 24%, respectively. The magnesium content in the hair of children with mental retardation was lower than that in healthy subjects and children with Down's syndrome by 18% and 13%, respectively. All the mentioned differences were statistically significant ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion.** There are a number of common patterns in altered metabolism of essential minerals and trace elements in children with Down's syndrome and mental retardation. Despite the undoubtedly genetic cause of pathological changes in Down's disease, these alterations can partially cause neuropsychiatric disorders observed in Down's syndrome patients.

**Key words:** *mental development, selenium, copper, phosphorus, mass spectrometry.*

**For citation:** Grabeklis A.R., Skalnaya A.A., Mazaletskaya A.L., Ajsuvakova O.P. Patterns of hair mineral and trace element contents in children with Down's syndrome and mental retardation. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2020;23(11):34-39. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-11-06>