



<https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.397>

ISSN 2070-4909 (print)

ISSN 2070-4933 (online)

Сравнительный анализ элементного состава и органолептических свойств витаминно-минеральных комплексов, содержащих магний

О.А. Громова¹, И.Ю. Торшин¹, М.А. Рогозин², А.Н. Громов¹

¹ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ул. Вавилова, д. 44, корп. 2, Москва 119333, Российская Федерация)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Шереметевский пр-т, д. 8, Иваново 153012, Российская Федерация)

Для контактов: Ольга Алексеевна Громова, e-mail: ogromova@frcsc.ru

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Необходимость восполнения повсеместно распространенной недостаточности магния обуславливает применение содержащих магний препаратов и витаминно-минеральных комплексов (ВМК). Известные магниевые ВМК существенно различаются по заявляемому составу, органолептическим свойствам и степени стандартизации соответствующих субстанций. Одним из объективных подходов к изучению стандартизации фармакологических препаратов и ВМК является изучение их макро- и микроэлементного (ММЭ) профилей.

Цель: провести сравнительное экспериментальное исследование ММЭ-профилей 16 ВМК, содержащих магний, охарактеризовать их количественный ММЭ-состав и органолептические свойства.

Материал и методы. В исследованных ВМК среди солей магния представлены бисглицинат глицинат (в т.ч. в смеси с лизинатом магния или оксидом магния), цитрат, треонат, глицерофосфат в смеси с лактатом. В качестве контрольных (нулевое содержание магния) изучены три препарата глицина и образец поваренной соли. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии проведены измерения уровней 24 химических элементов (Be, B, Mg, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Ag, Cd, Ba, La, Hg, Tl, Pb). Оценка органолептических свойств выполнена 10 экспертами по 5-балльной шкале. Анализ собранных данных осуществлен с помощью современных методов анализа сложных данных (в т.ч. топологической теории анализа данных), развиваемых в рамках алгебраического подхода к распознаванию.

Результаты. Сравнение ММЭ-профилей и органолептических оценок 16 магниевых ВМК продемонстрировало хорошее соответствие между заявленным и измеренным содержанием магния для 15 из 16 образцов. Экспертные оценки показали, что наилучшими органолептическими свойствами характеризуются ВМК на основе цитрата магния. Различия в органолептике обусловлены исключительно типом аниона соли магния. Так, наиболее низкой органолептической оценкой (горький, постепенно усиливающийся неприятный вкус, нарастающее слюноотделение) отличались глицин и глицинат магния ($1,00 \pm 0,00$ балла), а также бисглицинат магния ($1,50 \pm 0,87$ балла). Треонат магния имел менее резкий, но все же неприятный вкус (2,00 балла, 1 образец). Наилучшими органолептическими качествами отличались ВМК на основе цитрата магния ($3,72 \pm 0,87$ балла, другие соли – 1–2 балла). Анализ ММЭ-профилей ВМК позволил выявить сложные корреляции между различными элементами, на основе которых выделены принципиальные компоненты элементного состава ВМК (содержание магния, алюминия и свинца), описаны кластеры ВМК с минимальным содержанием алюминия и свинца.

Заключение. Образец 17-М (Магне В6® Кидс – ООО «Опелла Хелскеа», Россия; жевательные таблетки с содержанием магния 70 мг/табл, витамина В6 0,6 мг/табл) отличался оптимальным ММЭ-составом и по соответствию содержания магния заявленному производителем, и по минимуму содержания токсичных и условно токсичных ММЭ, а также по органолептике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

препараты магния, макроэлементы, микроэлементы, витаминно-минеральный комплекс, стандартизация фармацевтических субстанций, фармакоинформатика, органолептика

Для цитирования

Громова О.А., Торшин И.Ю., Рогозин М.А., Громов А.Н. Сравнительный анализ элементного состава и органолептических свойств витаминно-минеральных комплексов, содержащих магний. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2026; 19 (3): xxx–xxx. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.397>.

Comparative analysis of the elemental composition and organoleptic properties of magnesium-containing vitamin-mineral complexes

O.A. Gromova¹, I.Yu. Torshin¹, M.A. Rogozin², A.N. Gromov¹

¹ Federal Research Center "Computer Science and Control", Russian Academy of Sciences (44 bldg 2 Vavilov Str., Moscow 119333, Russian Federation)

² Ivanovo State Medical University (8 Sheremetevsky Ave., Ivanovo 153012, Russian Federation)

Corresponding author: Olga A. Gromova, e-mail: ogromova@frcsc.ru

ABSTRACT

Background. The widespread occurrence of magnesium deficiency necessitates the use of magnesium-containing preparations and vitamin-mineral complexes (VMCs) for its correction. Available magnesium-containing VMCs vary significantly in their declared composition, organoleptic properties, and degree of standardization of the constituent substances. Analysis of macro- and trace-element (MTE) profiles provides an objective approach to assessing the standardization of pharmaceutical preparations and VMCs.

Objective: To conduct a comparative experimental analysis of the MTE profiles of 16 magnesium-containing VMCs and characterize their quantitative MTE composition and organoleptic properties.

Material and methods. The VMCs studied contained magnesium bisglycinate, magnesium glycinate (alone or in combination with magnesium lysinate or magnesium oxide), magnesium citrate, magnesium threonate, and magnesium glycerophosphate in combination with magnesium lactate. Three glycine preparations and a table salt sample, none containing magnesium, served as controls. Atomic emission spectrometry was used to measure the concentrations of 24 chemical elements (Be, B, Mg, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Ag, Cd, Ba, La, Hg, Tl, and Pb). Organoleptic properties were evaluated by 10 experts using a 5-point scale. The data were analyzed using modern methods for complex data analysis, including topological data analysis, developed within the framework of the algebraic approach to pattern recognition.

Results. Comparison of the MTE profiles and organoleptic scores of 16 magnesium-containing VMCs showed good agreement between the declared and measured magnesium contents in 15 of the 16 samples. Expert assessment indicated that magnesium citrate-based VMCs exhibited the best organoleptic properties. Differences in organoleptic properties were determined exclusively by the type of magnesium salt anion. Glycine and magnesium glycinate (1.00 ± 0.00 points), as well as magnesium bisglycinate (1.50 ± 0.87 points), received the lowest organoleptic scores and were characterized by a bitter, increasingly unpleasant taste accompanied by increasing salivation. Magnesium threonate had a less intense, but still unpleasant taste (2.00 points, one sample). Magnesium citrate-based VMCs demonstrated the best organoleptic properties (3.72 ± 0.87 points on a 5-point scale, compared to 1–2 points for other salts). Analysis of the MTE profiles revealed complex correlations among the elements, which were used to identify the key components in the elemental composition of the VMCs (magnesium, aluminum, and lead contents) and characterize clusters with minimal aluminum and lead contents.

Conclusion. Sample 17-M (Magne B6® Kids; Opella Healthcare LLC, Russia; chewable tablets containing 70 mg magnesium/tablet, and 0.6 mg vitamin B6/tablet) demonstrated an optimal MTE composition in terms of both agreement between the measured magnesium content and the amount declared by the manufacturer and minimal contents of toxic and potentially toxic elements, while also exhibiting favorable organoleptic properties.

KEYWORDS

magnesium preparations, macroelements, trace elements, vitamin-mineral complex, standardization of pharmaceutical substances, pharmaco-informatics, organoleptic properties

For citation

Gromova O.A., Torshin I.Yu., Rogozin M.A., Gromov A.N. Comparative analysis of the elemental composition and organoleptic properties of magnesium-containing vitamin-mineral complexes. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya* / *FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2026; 19 (3): xxx–xxx (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.397>.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Адекватные уровни магния в клетках и межклеточной жидкости необходимы для функционирования всех 12 физиологических систем организма на всех стадиях развития. Специфичность и клиническая узнаваемость симптоматики дефицита магния, его современная достаточно точная лабораторная диагностика определили для этого состояния важную нозологическую нишу (диагноз Е61.3 «Недостаточность магния» по Международной классификации болезней 10-го пересмотра).

Дефицит магния часто сопряжен с недостаточной обеспеченностью витаминами группы В – в частности, с недостаточностью пиридоксина (Е53.1). Поскольку коррекция дефицита магния и пиридоксина способствует терапии и профилактике широкого круга коморбидных патологий, компенсация с самого раннего возраста имеет принципиальное значение для здоровья россиян [1].

Коммерциализация проблемы дефицита магния и других макро- и микроэлементов (ММЭ) привела на рынок огромное

Основные моменты

Что уже известно об этой теме?

- ▶ Адекватные уровни магния в клетках и межклеточной жидкости – основа физиологического функционирования организма
- ▶ Известны многочисленные препараты и витаминно-минеральные комплексы (ВМК), содержащие магний
- ▶ Препараты и ВМК на основе солей магния существенно различаются по анионам солей (органические/неорганические), дозировке, органолептическим свойствам, степени стандартизации субстанций

Что нового дает статья?

- ▶ Проведен анализ макро- и микроэлементных (ММЭ) профилей 16 ВМК, содержащих магний. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено содержание 24 элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева
- ▶ Установлено хорошее соответствие между заявленным и измеренным содержанием магния для 15 из 16 ВМК и приемлемое качество ММЭ-профилей
- ▶ Экспертные оценки показали, что наилучшими органолептическими свойствами характеризуются ВМК на основе цитрата магния

Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?

- ▶ Для профилактики недостаточности магния следует использовать препараты/ВМК на основе органических солей магния, характеризующихся высокой биодоступностью и наилучшими органолептическими свойствами

Highlights

What is already known about the subject?

- ▶ Adequate magnesium levels in cells and intercellular fluid are essential for normal physiological function
- ▶ Numerous magnesium-containing preparations and vitamin-mineral complexes (VMCs) are available
- ▶ Preparations and VMCs based on magnesium salts vary significantly in the salt anions (organic/inorganic), dosage, organoleptic properties, and degree of standardization of their constituent substances

What are the new findings?

- ▶ The macro- and trace-element (MTE) profiles of 16 magnesium-containing VMCs were analyzed. Atomic emission spectrometry was used to determine the contents of 24 elements from the periodic table
- ▶ Good agreement between the declared and measured magnesium contents was found for 15 of the 16 VMCs, and the overall quality of the MTE profiles was acceptable
- ▶ Expert assessment showed that magnesium citrate-based VMCs exhibited the best organoleptic properties

How might it impact the clinical practice in the foreseeable future?

- ▶ To prevent magnesium deficiency, it is recommended that preparations and VMCs based on organic magnesium salts be used owing to their high bioavailability and favorable organoleptic properties

количество препаратов и витаминно-минеральных комплексов (ВМК), содержащих магний. В настоящее время практически общепризнано, что для устранения/профилактики недостаточности магния следует использовать препараты/ВМК на основе органических солей магния, характеризующихся высокой биодоступностью.

В то же время даже препараты на основе органических солей магния существенно различаются не только по дозировке, но и по органолептическим свойствам, и по качеству стандартизации соответствующих субстанций. В частности, профиль содержания ММЭ – универсальный маркер степени очистки и стандартизации фармацевтических препаратов [2], незаменимый для анализа качества лекарственных средств на основе природного сырья [3] (к которым относятся, в частности, и ВМК, содержащие магний). Анализ ММЭ-профилей препаратов/ВМК позволяет количественно оценить степень очистки от токсичных элементов, качество стандартизации по эссенциальным ММЭ, а также в целом качество технологического процесса производства [4, 5].

Цель – провести сравнительное экспериментальное исследование ММЭ-профилей 16 ВМК, содержащих магний, охарактеризовать их количественный ММЭ-состав и органолептические свойства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Изученные образцы / Studied samples

Образцы были закуплены в интернет-магазине Apteka.ru (АО НПК «Катрен», Россия)¹. Заказ делали через интернет-сайт и получали при посещении аптеки-партнера интернет-магазина. В настоящем исследовании проанализированы ММЭ-профили 20 образцов, 16 из которых представляют различные ВМК, содержащие магний (твердые фармацевтические формы – таблетки, капсулы, пастилки и др.). В **таблице 1** приведена общая информация об изученных образцах, включая заявленное

содержание магния, соли магния и массу единицы лекарственной формы (таблетки/капсулы).

В качестве контрольных образцов (с ожидаемым нулевым содержанием магния) использовали три препарата на основе глицина (Г-1, Г-2, Г-3) и поваренную соль (С-1). Предполагалось, что содержание магния в контрольных образцах будет на несколько порядков меньше, чем в ВМК с солями магния. В исследованных ВМК среди солей магния были представлены бисглицинат глицинат (в т.ч. в смеси с лизинатом магния или оксидом магния), цитрат, треонат, глицерофосфат в смеси с лактатом.

Определение ММЭ-состава / Determining MTE composition

Анализ образцов проводили с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой согласно методикам, изложенным в рекомендациях А.Ю. Волкова и Р.Т. Тогузова (2007 г.) [6]. Методика детально описана в работе [4].

Образцы упаривали при температуре 105 °С в течение 10–12 ч в сушильном шкафу. После этого проводили взвешивание на аналитических весах PerkinElmerAD-6 Autobalance (PerkinElmer, США) с точностью до 0,1 мг. Навески материала переносили в автоклав (тефлоновый сосуд Весселя) и добавляли 1 мл 70% азотной кислоты высокой чистоты, прошедшей вторичную перегонку, затем автоклав помещали в микроволновую систему пробоподготовки MD-2000 (СЕМ, США), обеспечивающую высокие давление и температуру кипения.

После охлаждения растворов в течение 60 мин от них отбирали образцы в объеме 1 мл в пластиковые сосуды и разбавляли в 5 раз бидистиллированной и деионизированной водой. В качестве внутреннего стандарта в растворы вводили индий в концентрации 25 мкг/л. Полученные растворы анализировали на масс-спектрометре с ионизацией в индуктивно-связанной плазме VGPlasmaquadPQ2 TurboPlus (VG Instruments, Великобритания). Результаты анализа холостой пробы автоматически вычитались. Единицы измерения – мкг/г (ppm).

¹ <https://apteka.ru>.

Таблица 1 (начало). Образцы препаратов, изученные в исследовании

Table 1 (beginning). Preparations examined in the study

Код / Code	Препарат / Preparation	Производитель (страна) / Manufacturer (country)	Соль магния / Magnesium salt	Масса таблетки/капсулы, мг // Tablet/capsule weight, mg	Заявленное содержание магния / Declared magnesium content	
					в 1 таблетке/капсуле, мг // per tablet/capsule, mg	мкг/г / µg/g
Г-1 / G-1	Глицин / Glycine	ООО «МНПК «Биотики» (Россия) / MNPK Biotiki LLC (Russia)	–	102	0	0
Г-2 / G-2	Глицин Форте / Glycine Forte	ЗАО «Эвалар» (Россия) / Evalar JSC (Russia)	–	600	0	0
Г-3 / G-3	Глицин / Glycine	ОАО «Мосхимфарм препараты» им. Н.А. Семашко (Россия) / N.A. Semashko Moskhimfarmpreparaty OJSC (Russia)	–	100	0	0
С-1 / S-1	Поваренная соль / Table salt	ООО «Руссоль» (Россия) / Russalt LLC (Russia)	–	100	0	0
1-М	Магний хелат (бисглицинат) Эвалар / Evalar Magnesium Chelate (Bisglycinate)	ЗАО «Эвалар» (Россия) / Evalar JSC (Russia)	Бисглицинат / Bisglycinate	1450	200	137 931
2-М	Магний В6 форте Витаниум / Vitaniium Magnesium B6 Forte	ООО «ВТФ» (Россия) / VTF LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	1170	100	85 470
3-М	Piluli «Магний В6» / Piluli Magnesium B6	ООО «Фармгрупп» (Россия) / Farmgrupp LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	600	50	83 333
4-М	Naturalis Магний плюс В6 / Naturalis Magnesium Plus B6	ОДО «Аматер» (Беларусь) / Amateg ALC (Belarus)	Цитрат / Citrate	550	50	90 909
5-М	Магний + Витамин В6 / Magnesium + Vitamin B6	PEZ Production Europe Kft (Венгрия) / PEZ Production Europe Kft (Hungary)	Гидрокарбонат* / Bicarbonate*	4000	125	31 250
6-М	Магний L-треонат Эвалар / Evalar Magnesium L-Threonate	ЗАО «Эвалар» (Россия) / Evalar JSC (Russia)	Треонат / Threonate	1250	48	38 400
7-М	Магний хелат бисглицинат Витамир / Vitamir Magnesium Chelate Bisglycinate	ООО «Квадрат-С» (Россия) / Kvadrat-S LLC (Russia)	Бисглицинат / Bisglycinate	1545	200	129 450
8-М	Solgar Chelated Magnesium	Solgar (США) / Solgar (USA)	Глицинат/оксид // Glycinate/oxide	1000	100	100 000
9-М	High Absorption Magnesium Lysinate Glycinate	Doctor's Best Inc. (США) / Doctor's Best Inc. (USA)	Лизинат/глицинат // Lysinate/glycinate	1450	100	68 966
10-М	Vitameal Magnesium Bisglycinate + Vitamin B6	ООО «Сапплемент групп» (Россия) / Supplement Group LLC (Russia)	Бисглицинат / Bisglycinate	900	100	111 111
11-М	Цитрат магния Солгар / Solgar Magnesium Citrate	Solgar (США) / Solgar (USA)	Цитрат / Citrate	1700	200	117 647
12-М	Бэби формула «Мишки» Эвалар / Evalar Baby Formula Bears	ЗАО «Эвалар» (Россия) / Evalar JSC (Russia)	Глицерофосфат/лактат // Glycerophosphate/lactate	3900	30	7692
13-М	Smart Fruits Магний + Витамин В6 / Smart Fruits Magnesium + Vitamin B6	ООО «Фармамед» (Россия) / Pharmamed LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	235	50	212 766

Таблица 1 (окончание). Образцы препаратов, изученные в исследовании

Table 1 (end). Preparations examined in the study

Код / Code	Препарат / Preparation	Производитель (страна) / Manufacturer (country)	Соль магния / Magnesium salt	Масса таблетки/ капсулы, мг // Tablet/capsule weight, mg	Заявленное содержание магния / Declared magnesium content	
					в 1 таблетке/ капсуле, мг // per tablet/capsule, mg	мкг/г / µg/g
15-M	Polzaboom Магний + витамин B6 / Polzaboom Magnesium + Vitamin B6	ООО «Супплемент групп» (Россия) / Supplement Group LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	850	50	58 824
16-M	Диномикс Mg+B6-Кидс / Dinomix Mg+B6 Kids	ООО «Полярис» (Россия) / Polaris LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	1370	60	43 796
17-M	Магне B6 Кидс / Magne B6 Kids	ООО «Опелла Хелскеа» (Россия) / Opella Healthcare LLC (Russia)	Цитрат / Citrate	1700	70	41 176

Примечание. * В растворе превращается в цитрат магния.

Note. * Bicarbonate is converted to magnesium citrate in solution.

Интеллектуальный анализ данных / Data mining

Процедура анализа собранных данных основана на новейших технологиях машинного обучения [7–9], разрабатываемых в научной школе академиков РАН Ю.И. Журавлёва и К.В. Рудакова [9–11].

Для комплексного анализа взаимных закономерностей между десятками показателей ММЭ-профилей ВМК применены методы топологической теории анализа данных, включая алгоритмы поиска метрических сгущений (метрическая кластеризация) и построения метрических карт. Используемая методика метрической кластеризации основана только на свойствах метрики (т.е. функции расстояния, удовлетворяющей аксиоме треугольника) и не содержит произвольных дополнительных допущений, характерных для повсеместно применяемых алгоритмов кластеризации.

В рамках разрабатываемого формализма расстояния попарно измеряются между точками (показателями состояния препаратов). Результаты попарных измерений формируют матрицу, известную как метрическая конфигурация, проекция которой на плоскость (метрическая карта) наглядно отражает весь массив закономерностей (корреляций) между изученными показателями состава препаратов. Детальное описание процедуры анализа данных представлено в работе [12].

Оценка органолептических свойств / Evaluation of organoleptic properties

Качественные и количественные оценки органолептических свойств исследованных ВМК были получены на основании информации, собранной от 10 экспертов. Качественная оценка проводилась посредством получения от экспертов текстовых описаний вкуса в терминах «приятный», «неприятный», «кислый», «сладкий», «горький», «нейтральный», вкусов определенных фруктов («арбузный», «клубничный») и др. На основании текстов составлялось консенсусное описание, приемлемое для всех экспертов. Количественная оценка органолептических свойств выполнена по 5-балльной шкале:

- 1 балл – очень неприятный вкус;
- 2 балла – неприятный вкус;
- 3 балла – нейтральный вкус;
- 4 балла – приемлемый вкус;
- 5 баллов – отличный вкус.

Образец 5-M в таблице 1 является «шипучей таблеткой», т.е. предполагает предварительно растворение в воде. Оценку органолептических свойств проводили именно на основании раствора, а не самой шипучей таблетки (что существенно снизило бы оценку, т.к. реакция нейтрализации гидрокарбоната лимонной кислотой происходила бы буквально *per os*).

Статистический анализ / Statistical analysis

Для изученных показателей проводили подсчет среднего и стандартного отклонения ($M \pm m$). Оценку статистической достоверности осуществляли по критерию Манна–Уитни. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$. При необходимости тесты на нормальность распределения выполняли с помощью визуального анализа наблюдаемых и ожидаемых гистограмм распределения данных с подтверждением тестом χ^2 нулевой гипотезы об отсутствии отличий между наблюдаемым распределением и ожидаемым нормальным распределением ($p > 0,05$). Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 13.0 (StatSoft Inc., США) и таблиц MS Excel (Microsoft, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ / RESULTS AND DISCUSSION

В рамках исследования в изученных образцах магниевых ВМК осуществлены:

- измерение содержания магния;
- органолептические оценки;
- определение ММЭ-профилей.

Анализ содержания магния в образцах / Analysis of magnesium content in the samples

В среднем заявленное содержание магния в магниевых ВМК составило $84\,920 \pm 50\,800$ мкг/г. Измеренные уровни магния в ВМК с магнием составили $73\,849 \pm 41\,358$ мкг/г, а в контрольных образцах – 392 ± 347 мкг/г (на два порядка меньше, как и ожидалось).

Только один образец (13-M) существенно отличался: заявленное содержание магния было приблизительно в 10 раз ниже измеренного. При исключении этого образца коэффициент корреляции между заявленным и измеренным содержанием составил 0,99, наклон корреляционной прямой $k=1$,

стандартное отклонение $b=421$ мкг/г, что указывает на превосходное соответствие между измеренными и заявленными уровнями магния в 15 из 16 исследованных ВМК. Результаты анализа представлены на **рисунке 1**.

Что касается образца 13-М, то различие в 10 раз, возможно, обусловлено тем, что при составлении инструкции не было достаточно четко указано, что значение «50 мг» относится не к элементному магнию, а к количеству соли магния. Поскольку 50 мг цитрата магния как раз и соответствуют приблизительно 5 мг элементного магния, учет этого устраняет различие между заявленным и измеренным количеством магния в образце 13-М.

Органолептические оценки / Organoleptic evaluation

В **таблице 2** приведены качественные и количественные экспертные оценки органолептики изученных образцов ВМК. В среднем по всем образцам балл органолептической оценки составил $2,6 \pm 1,5$, что соответствует удовлетворительному качеству изученных ВМК по 5-балльной шкале.

Органолептическая оценка практически не зависела от количества элементарного магния (коэффициент корреляции 0,12 – очень слабая корреляция). Анализ данных показал, что различия в органолептике изученных ВМК обусловлены исключительно типом аниона соли магния. Так, наиболее низкой органолептической оценкой (горький, постепенно усиливающийся вкус, усиленное слюноотделение) отличались глицин и глицинат магния ($1,00 \pm 0,00$ балла) и бисглицинат магния ($1,50 \pm 0,87$ балла). Треонат магния характеризовался менее резким, но все же неприятным вкусом (2,00 балла, 1 образец). Наилучшими органолептическими качествами обладают ВМК на основе цитрата магния ($3,72 \pm 0,87$ балла) и смеси глицерофосфата и лактата магния (4,50 балла, 1 образец).

Таким образом, цитрат магния представляет собой наиболее приемлемую органолептически соль магния. При этом вкус

ВМК на основе цитрата магния может быть улучшен посредством специальных добавок. В целом по выборке наилучшими органолептическими свойствами отличались ВМК 17-М (5,0 баллов), а также образцов 12-М и 15-М (по 4,5 балла).

Общий анализ ММЭ-профилей / General analysis of MTE profiles

Как указано выше, ММЭ-профили представляют собой важную характеристику лекарственных препаратов и ВМК, указывающую на степень стандартизации технологического процесса их производства. В определенных случаях анализ ММЭ-профилей позволяет не только выявить некоторые особенности изготовления конкретных препаратов, но и указать, при необходимости, на пути совершенствования технологического процесса [4]. Содержание различных ММЭ в препаратах и ВМК сложным образом коррелируют друг с другом, и для выявления этих корреляций необходимо использовать метрические диаграммы.

Построение диаграммы методом метрического анализа данных (**рис. 2**) позволило определить единственный (центральный) кластер, в котором представлены наиболее выраженные корреляции содержания ММЭ: легкие элементы (Be, B, Mg, Al), более тяжелые элементы 4-го периода таблицы Д.И. Менделеева (d-элементы V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, а также Ga, As) и элемент 6-го периода La. Очевидно, что наличие этого кластера указывает на то, что показатели содержания перечисленных элементов сильно и статистически достоверно коррелируют друг с другом в исследованных ВМК/препаратах.

Напомним, что в геохимической классификации элементы Be, B, Mg, Al относятся к типичным литофилам (тяготеют к силикатам и кислороду), тогда как V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Ga, As проявляют смешанные сидерофильные (встречаются совместно с железом) или халькофильные (проявляющие

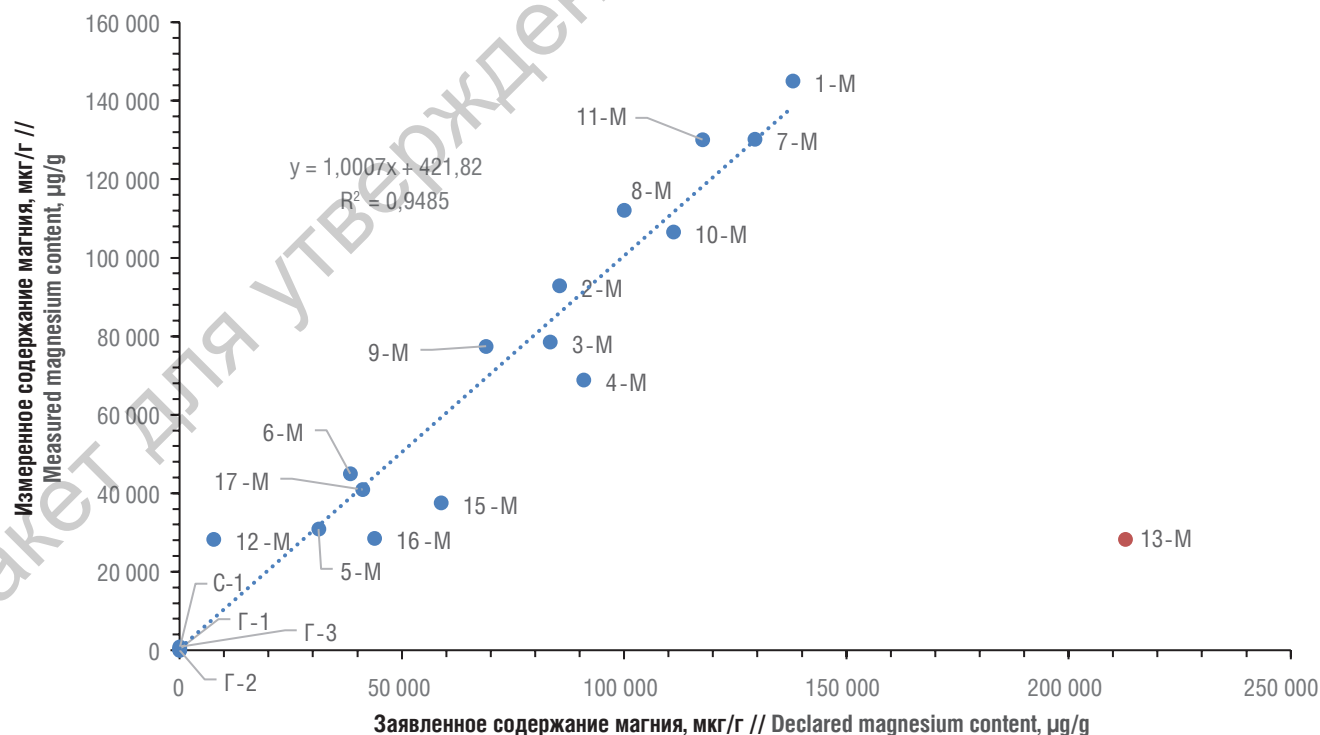


Рисунок 1. Корреляция между заявленным и измеренным количеством магния в витаминно-минеральных комплексах. Красной точкой выделен единственный образец, в котором заявленное содержание магния существенно отличалось от измеренного

Figure 1. Correlation between the declared and measured magnesium content in vitamin-mineral complexes. The red dot indicates the only sample in which the declared magnesium content differed significantly from the measured one

Таблица 2. Органолептические оценки изученных образцов, полученные на основании информации, собранной от 10 экспертов

Table 2. Organoleptic assessments of the samples studied based on information collected from 10 experts

Код образца* / Sample code*	Анион / Anion	Органолептическая оценка / Organoleptic assessment	
		Качественная / Qualitative assessment	Количественная, баллы / Quantitative score, points
17-М	Цитрат / Citrate	Приятный арбузный вкус / Pleasant watermelon flavor	5,0±0,5
12-М	Глицерофосфат/лактат // Glycerophosphate/lactate	Приятный кисло-сладкий вкус, очень плотная консистенция / Pleasant sweet-and-sour taste, very firm consistency	4,5±0,3
15-М	Цитрат / Citrate	Вкус клубники кисло-сладкий / Sweet-and-sour strawberry flavor	4,5±0,4
13-М	Цитрат / Citrate	Приятный кисло-сладкий фруктовый вкус / Pleasant sweet-and-sour fruity taste	4,5±0,2
16-М	Цитрат / Citrate	Кисло-сладкий слабый вкус / Mild sweet-and-sour taste	4,0±0,3
5-М	Цитрат** / Citrate**	Кисло-сладкий вкус раствора / Sweet-and-sour taste of the solution	4,0±0,5
4-М	Цитрат / Citrate	Нейтральный вкус, не затхлый / Neutral taste, not musty	3,5±0,3
11-М	Цитрат / Citrate	Нейтральный безвкусный, не разогревается во рту при рассасывании / Neutral, tasteless; does not produce a warming sensation in the mouth during dissolution	3,0±0,2
3-М	Цитрат / Citrate	Нейтральный вкус, затхлый / Neutral, musty taste	3,0±0,4
1-М	Бисглицинат / Bisglycinate	Слабокислый горький вкус / Slightly sour, bitter taste	2,5±0,5
6-М	Треонат / Threonate	Слабогорький вкус, вызывает слюноотечение / Slightly bitter taste, causes salivation	2,0±0,6
С-1 / S-1	Хлорид / Chloride	Соленый вкус / Salty taste	2,0±0,1
2-М	Цитрат / Citrate	Слабогорький вкус, после рассасывания небольшое слюноотечение / Slightly bitter taste, mild salivation after dissolution	2,0±0,7
10-М	Бисглицинат / Bisglycinate	Умеренно горький вкус, немного щиплет язык / Moderately bitter taste, slight tingling sensation on the tongue	1,0±0,2
7-М	Бисглицинат / Bisglycinate	Горький вкус, после рассасывания сильное слюноотечение / Bitter taste, pronounced salivation after dissolution	1,0±0,3
Г-3 / G-3	Глицинат / Glycinate	Горький вкус / Bitter taste	1,0±0,1
Г-1 / G-1	Глицинат / Glycinate	Горький вкус / Bitter taste	1,0±0,1
Г-2 / G-2	Глицинат / Glycinate	Горький вкус / Bitter taste	1,0±0,2
9-М	Глицинат/лизинат // Glycinate/lysinate	Слабогорький неприятный вкус / Slightly bitter, unpleasant taste	1,0±0,4
8-М	Глицинат/оксид // Glycinate/oxide	Слабогорький вкус, после рассасывания слюноотечение / Slightly bitter taste, salivation after dissolution	1,0±0,5

Примечание. * Образцы упорядочены по снижению балла органолептической оценки. ** Гидрокарбонат в таблетке обеспечивает формирование «шипучей» формы цитрата магния в результате приготовления раствора.

Note. * Samples are listed in descending order of organoleptic score. ** The bicarbonate in the tablet produces effervescent magnesium citrate when the solution is prepared.

химическое сродство с серой) свойства. Они часто концентрируются в схожих типах пород, из которых производятся соли магния [13]. As (мышьяк) нередко выступает характерным элементом-спутником для рудообразующих минералов (Fe, Cu, Ni). Таким образом, в центральном кластере сконцентрированы литофильные и халькофильные (в т.ч. сидерофильные) химические элементы.

Вне центрального кластера расположены Co, Zn, Se, Rb, Sr, Ag, а также тяжелые токсичные элементы-металлы (Cd, Ba, Hg, Tl, Pb). Слабые корреляции содержания этих микроэлементов друг с другом и с элементами в центральном кластере указывают на них как на независимые факторы загрязнения субстанций исследованных образцов ВМК.

Наличие в кластере на рисунке 2 так называемых литофильных и халькогенных элементов вполне объяснимо, принимая во внимания источники магния в природе. В рудах магния помимо самого магния встречаются Ca, K, Na, Cl, S, Fe, Mn.

Учитывая, что магний добывается из большого числа сульфатных минералов – $MgSO_4$ (кизерит, эпсомит, каинит и др.), присутствие сильно коррелирующих друг с другом примесей халькогенных элементов в ВМК с магнием становится вполне очевидным. При наличии соответствующих баз данных химического состава руды различных месторождений анализ ММЭ-профилей с учетом центрального кластера позволяет сформулировать обоснованные гипотезы о природных источниках магния каждого конкретного ВМК.

Присутствие на метрической диаграмме ММЭ большого центрального кластера существенно упрощает описание ММЭ-профилей различных ВМК магния. Поскольку показатели содержания ММЭ внутри центрального кластера сильно скоррелированы (и, как показано выше, относятся к двум большим геохимическим группам элементов – литогенным и халькогенным), то в качестве информативного показателя состава достаточно выбрать одну из точек, близких к центру

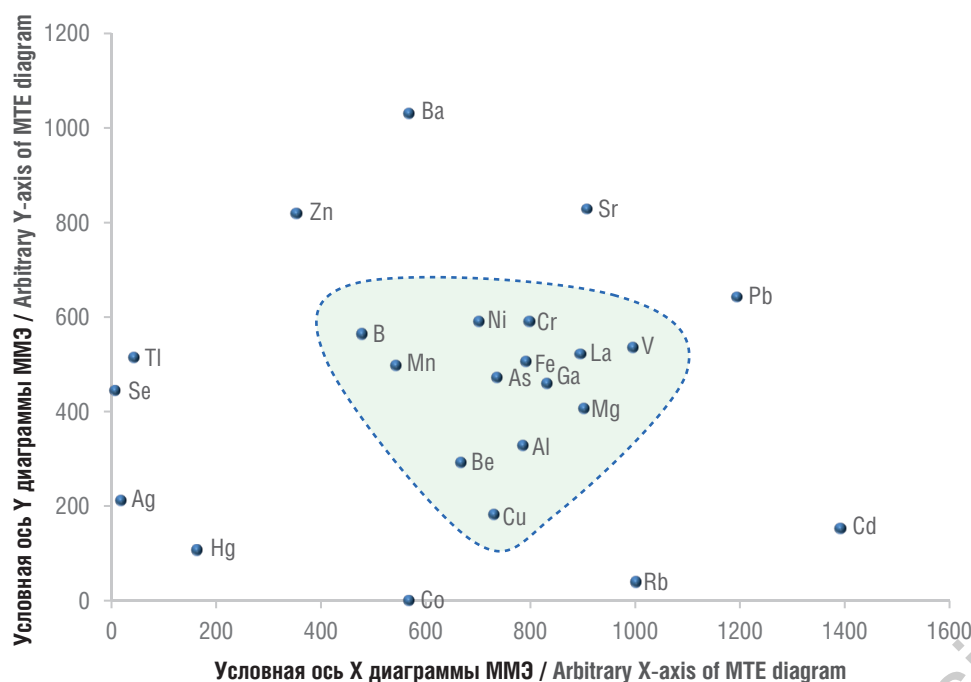


Рисунок 2. Метрическая диаграмма макро- и микроэлементов (ММЭ). Каждая точка соответствует одному элементу, уровни которого измерены в 20 изученных образцах и записаны как координаты 20-мерного вектора. Диаграмма получена проецированием из 20-мерного пространства на плоскость посредством подбора оптимальных для этого преобразования осей X, Y. Выявлен единственный центральный кластер, отражающий наиболее выраженные корреляции между рядом элементов

Figure 2. Macro- and trace-element (MTE) metric diagram. Each point corresponds to one element, the levels of which were measured in the 20 studied samples and recorded as coordinates of a 20-dimensional vector. The diagram was obtained by projecting from 20-dimensional space onto a plane by selecting the optimal X and Y axes for this transformation. A single central cluster was identified, reflecting the most pronounced correlations between a number of elements

кластера (например, As, Fe, Al; уровни магния проанализированы отдельно выше). Большинство внекластерных элементов токсичны и слабо коррелируют друг с другом, поэтому в качестве суммарной характеристики можно либо использовать их сумму (или среднее значение), либо выделить какую-то основную компоненту – например, свинец, кадмий или ртуть. Оба подхода использованы при дальнейшем анализе данных.

ММЭ-профили конкретных ВМК / MTE profiles of specific VMCs

Следующим этапом анализа являлась кластеризация препаратов в соответствии со схожестью их ММЭ-профилей. Про-

ведение такого анализа позволило выделить кластер ВМК со схожими ММЭ-композициями (**рис. 3**). В него вошло большинство исследованных магниевых ВМК; контрольные образцы (препараты глицина, поваренная соль) существенно отличались по ММЭ-профилю и не вошли в кластер.

Расшифровка осей X, Y метрической диаграммы на рисунке 3 методами топологического анализа данных позволила установить, что ось X прямо соответствует содержанию алюминия в исследованных ВМК (**рис. 4а**), а ось Y обратно пропорциональна содержанию свинца (**рис. 4б**). Эти корреляции были достаточно сильно выражены ($r=0,47$ для свинца, $r=0,90$ для алюминия). По результатам анализа этих корреляций выделе-

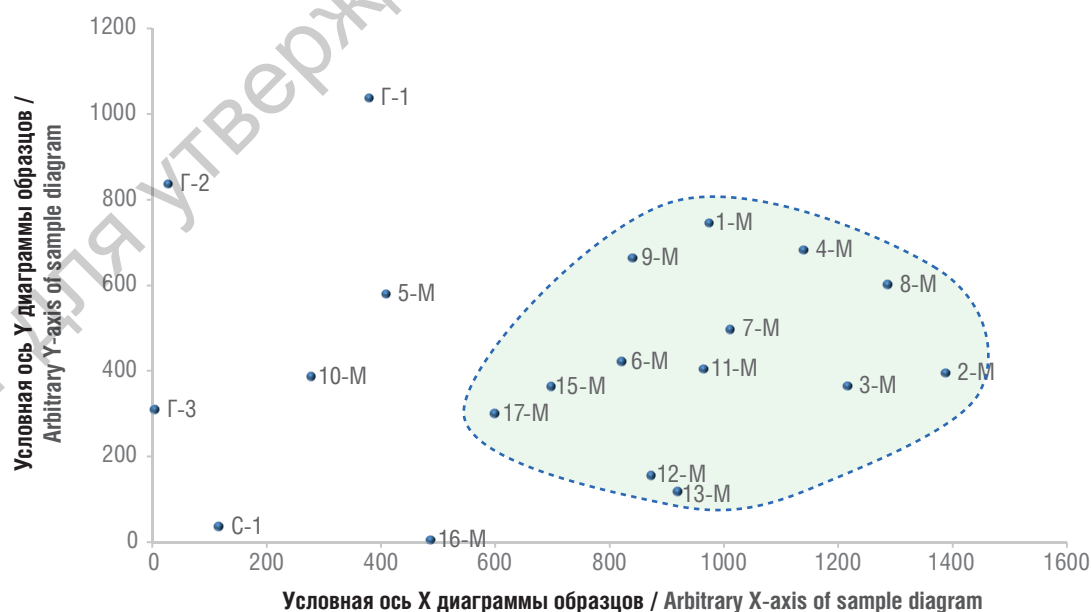


Рисунок 3. Метрическая диаграмма изученных образцов. Каждая точка соответствует 24-мерному вектору макро- и микроэлементного состава образца, диаграмма получена проецированием на плоскость. Выделен основной (центральный) кластер витаминно-минеральных комплексов, в целом схожих по составу

Figure 3. Metric diagram of the samples. Each point corresponds to a 24-dimensional vector of the sample's macro- and trace-element composition; the diagram was obtained by projecting it onto a plane. The main (central) cluster of samples, generally similar in their composition, is highlighted

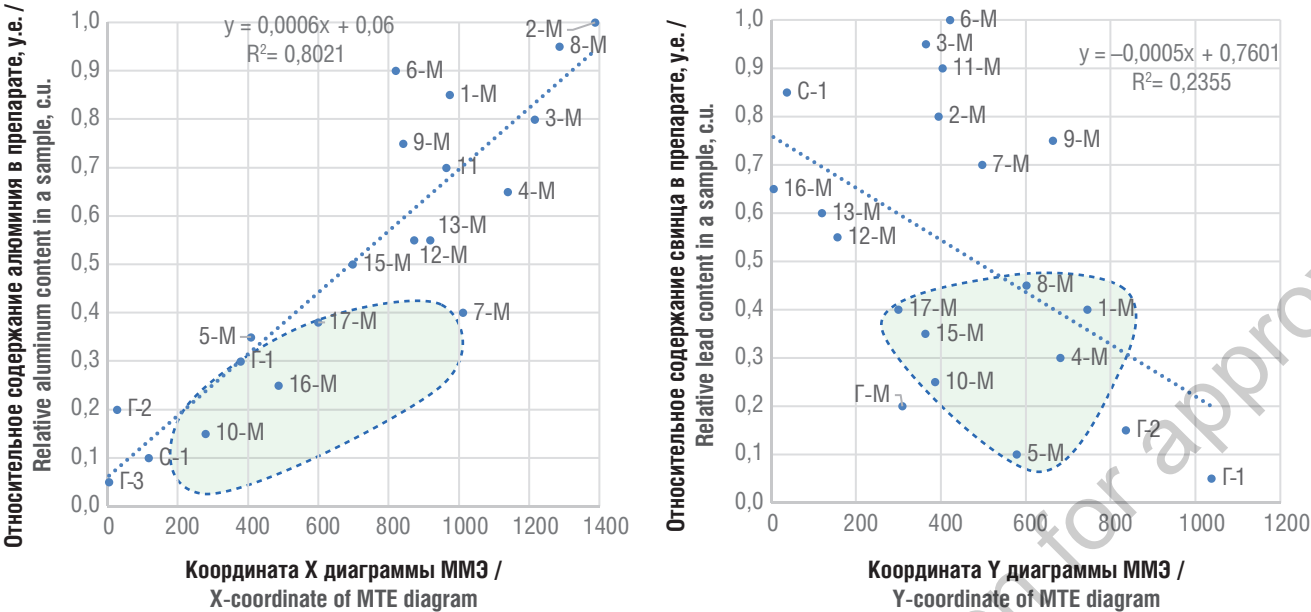


Рисунок 4. Результаты расшифровки осей X, Y метрической диаграммы. Приведены уравнения корреляции и значения квадрата коэффициента корреляции (так называемый коэффициент детерминации):
а – значения координат на оси X прямо пропорциональны содержанию алюминия (выделен кластер образцов с минимальным содержанием алюминия);
б – значения координат оси Y обратно пропорциональны содержанию свинца (выделен кластер образцов с минимальным содержанием свинца).
ММЭ – макро- и микроэлементы
Figure 4. Results of decoding the X, Y axes of the metric diagram. The correlation equations and the values for the squared correlation coefficient (the so-called determination coefficient) are given:
a – the values of coordinates on the X axis are directly proportional to the aluminum content (a cluster of samples with the lowest aluminum content is highlighted); **b** – the values of coordinates on the Y axis are inversely proportional to the lead content (a cluster of samples with the lowest lead content is highlighted).
MTE – macro- and trace-elements

ны кластеры образцов с минимальным содержанием условно токсичного алюминия и токсичного свинца.

Результаты кластерного анализа ММЭ-состава изученных ВМК суммированы в **таблице 3**. К ВМК из кластеров с минимальным содержанием алюминия и свинца относятся образцы 5-М, 10-М, 17-М. Из них только образец 17-М (Магне В6® Кидс – ООО «Опелла Хелскеа», Россия) входит в центральный кластер метрической диаграммы препаратов (см. рис. 3).

Анализ метрической диаграммы ММЭ (см. рис. 2) позволил предположить, что суммирование/усреднение содержания токсичных элементов может быть эффективным описанием качества ММЭ-состава магниевых ВМК. Поскольку реально измеряемые количества различных ММЭ отличаются на несколько порядков, прямое суммирование неприемлемо и следует использовать ранжирование ВМК по относительному содержанию соответствующих ММЭ. Нормализация проведена по максимальным значениям, результаты представлены в **таблице 4**.

Образцами магниевых ВМК с наименьшим относительным содержанием токсичных микроэлементов оказались 17-М, 16-М, 10-М, 5-М. Таким образом, образец 17-М отличается оптимальным ММЭ-составом – и по соответствию содержания магния заявленному производителем, и по минимуму содержания токсичных и условно токсичных элементов.

В целом результаты настоящего исследования указывают на несколько других аспектов, важных для применения ВМК, содержащих магний, в клинической практике. Во-первых, органолептические оценки указывают на существование яркой дилеммы «биодоступность vs. органолептика». Хотя не прово-

Таблица 3. Кластеры образцов с минимальным содержанием примесей алюминия и свинца, центральный кластер диаграммы
Table 3. Clusters of samples with minimal content of aluminum and lead impurities, central cluster of the diagram

Код образца / Sample code	Минимум Al / Minimum Al	Минимум Pb / Minimum Pb	Центральный кластер / Central cluster
Г-1 / G-1	+	–	–
Г-2 / G-2	+	–	–
Г-3 / G-3	+	–	–
С-1 / S-1	+	–	–
1-М	–	+	+
2-М	–	–	+
3-М	–	–	+
4-М	–	+	+
5-М	+	+	–
6-М	–	–	+
7-М	–	–	+
8-М	–	+	+
9-М	–	–	+
10-М	+	+	–
11-М	–	–	+
12-М	–	–	+
13-М	–	–	+
15-М	–	+	+
16-М	+	–	–
17-М	+	+	+

Таблица 4. Ранжирование изученных образцов по содержанию в них токсичных химических элементов, у.е.*

Table 4. Ranking of the studied samples by their toxic chemical element content, c.u.*

Код образца** / Sample code**	Be	Al	Ni	As	Cd	Ba	Hg	Tl	Pb	Среднее / Mean
Г-2 / G-2	0,20	0,20	0,15	0,10	0,65	0,20	0,25	0,05	0,15	0,22
17-M	0,35	0,38	0,25	0,30	0,70	0,45	0,15	0,20	0,40	0,35
Г-3 / G-3	0,10	0,05	0,50	0,15	0,45	0,10	0,90	0,80	0,20	0,36
Г-1 / G-1	0,25	0,30	0,20	0,05	0,55	1,00	0,75	0,10	0,05	0,36
16-M	0,30	0,25	0,05	0,25	0,25	0,50	0,50	0,55	0,65	0,37
10-M	0,15	0,15	0,60	0,45	0,40	0,15	0,95	0,85	0,25	0,44
5-M	0,35	0,35	0,35	0,55	0,35	0,55	0,65	0,70	0,10	0,44
С-1 / S-1	0,05	0,10	0,10	0,20	0,80	0,05	1,00	1,00	0,85	0,46
4-M	0,70	0,65	0,70	0,65	0,75	0,30	0,10	0,15	0,30	0,48
12-M	0,60	0,55	0,40	0,35	0,85	0,60	0,55	0,30	0,55	0,53
2-M	0,85	1,00	0,30	0,90	0,10	0,40	0,20	0,25	0,80	0,53
13-M	0,50	0,55	0,40	0,40	0,90	0,70	0,35	0,40	0,60	0,53
8-M	0,95	0,95	0,95	0,50	0,05	0,35	0,05	0,65	0,45	0,54
1-M	0,45	0,85	1,00	0,85	0,30	0,25	0,60	0,60	0,40	0,59
9-M	0,40	0,75	0,90	0,60	0,15	0,65	0,85	0,45	0,75	0,61
7-M	0,65	0,40	0,75	0,75	0,60	0,75	0,45	0,50	0,70	0,62
3-M	0,90	0,80	0,55	0,80	0,20	0,80	0,30	0,35	0,95	0,63
15-M	0,75	0,50	0,65	0,70	0,50	0,90	0,80	0,90	0,35	0,67
11-M	1,00	0,70	0,80	1,00	0,95	0,95	0,40	0,75	0,90	0,83
6-M	0,80	0,90	0,85	0,95	1,00	0,85	0,70	0,95	1,00	0,89

Примечание. * Приведены относительные количества токсичных микроэлементов, нормализованные на максимальное значение содержания соответствующего элемента.

** Образцы упорядочены по возрастанию среднего значения нормализованного содержания указанных элементов.

Note. * The relative amounts of toxic microelements are presented, normalized to the maximum content of the corresponding element. ** Samples are listed by increasing mean normalized content of the indicated elements.

дилось прямых экспериментальных сравнений биодоступности, например, цитрата магния и глицината магния, в экспертной среде иногда считается, что глицинат магния может характеризоваться более высокой биодоступностью, чем цитрат магния. В то же время показано, что цитрат магния проявляет существенно лучшие органолептические свойства, чем глицинат магния. Поэтому весьма актуален вопрос о том, насколько органолептический «комфорт» может компенсировать возможные различия в абсорбции. Не менее важно определить, какая соль магния может являться «золотой серединой» (например, цитрат магния, который одновременно имеет хороший вкус и признанную биодоступность). Для ответа на эти вопросы необходимо проведение сравнительных фармакокинетических и фармакодинамических исследований различных солей магния в клинике.

Во-вторых, хотя выявленные примеси токсичных микроэлементов формально допустимы, более низкое их содержание, вероятно, указывает на более строгий контроль производителем всех стадий производства соответствующих ВМК.

В-третьих, проведение слепого органолептического тестирования с участием потребителей (не только экспертов), анализ корреляций ММЭ-профиля с результатами тестов *in vitro* на растворение и биодоступность открывают возможность создания открытой базы данных элементных профилей ВМК для общественного контроля качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Проведен анализ ММЭ-профилей 16 ВМК, содержащих магний. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в каждом образце определено содержание 24 элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева. В целом существенной загрязненности ММЭ-профиля в исследованных образцах не установлено, хотя они и отличались по степени очистки от условно токсичных и токсичных элементов.

В то же время выявлены значительные различия в органолептике изученных образцов. Наиболее низкой органолептической оценкой отличались ВМК на основе глицината магния ($1,00 \pm 0,00$ балла по 5-балльной шкале), а наиболее высокими – ВМК на основе цитрата магния ($3,72 \pm 0,87$ балла).

Сравнение ММЭ-профилей и органолептических оценок 16 магниевых ВМК показало хорошее соответствие между заявленным и измеренным содержанием магния для 15 из 16 образцов. Анализ ММЭ-состава ВМК позволил определить сложные корреляции между различными элементами, на основе которых выделены принципиальные компоненты ВМК (содержание магния, алюминия и свинца), описаны кластеры ВМК с минимальным содержанием алюминия и свинца.

Показано, что наибольшей степенью ММЭ-чистоты отличаются образцы 5-M, 10-M, 16-M, 17-M. Из них хорошей органолептикой характеризовались только образцы 17-M (5 баллов), 16-M (4 балла) и 5-M (4 балла).

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
Поступила: 03.07.2026 В доработанном виде: 14.09.2026 Принята к печати: 22.09.2026 Опубликована: 30.09.2026	Received: 03.07.2026 Revision received: 14.09.2026 Accepted: 22.09.2026 Published: 30.09.2026
Вклад авторов	Authors' contribution
Все авторы принимали равное участие в сборе, анализе и интерпретации данных. Все авторы прочитали и утвердили окончательный вариант рукописи	All authors participated equally in the collection, analysis and interpretation of the data. All authors have read and approved the final version of the manuscript
Конфликт интересов	Conflict of interests
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interests
Финансирование	Funding
Исследование проведено в рамках текущего финансирования организации	The study was conducted within the framework of the organization's current funding
Этические аспекты	Ethics declarations
Неприменимо	Not applicable
Раскрытие данных	Data sharing
Первичные данные могут быть предоставлены по обоснованному запросу автору, отвечающему за корреспонденцию	Raw data could be provided upon reasonable request to the corresponding author
Комментарий издателя	Publisher's note
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC). IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content
Права и полномочия	Rights and permissions
© 2026 Авторы; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)	© 2026 The Authors. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Громова О.А., Торшин И.Ю. Магний и «болезни цивилизации». М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018: 800 с.
Gromova O.A., Torshin I.Yu. Magnesium and the "diseases of civilization". Moscow: GEOTAR-Media; 2018: 800 pp. (in Russ.).

2. ICH Expert Working Group. Q3D Elemental impurities guidance for industry. September 2015. Available at: https://www.a3p.org/wp-content/uploads/2015/09/article_regulatory_2015_Q3D-Guidance-impurities.pdf (accessed 14.05.2026).

3. Торшин И.Ю., Громова О.А. Экспертный анализ данных в молекулярной фармакологии. М.: МЦНМО; 2012. 747 с.
Torshin I.Yu., Gromova O.A. Expert data analysis in molecular pharmacology. Moscow: Moscow Center for Continuous Mathematical Education; 2012: 747 pp. (in Russ.).

4. Торшин И.Ю., Громова О.А., Rogozin M.A. Микроэлементный состав препаратов этилметилгидроксипиридин сукцината как индикатор качества фармацевтической стандартизации средств для вспомогательной терапии эпилепсии. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2025; 17 (4): 392–401. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.243>.

5. Торшин И.Ю., Громова О.А., Тогузов Р.Т., Волков А.Ю. Элементный состав нейропротекторов природного происхождения. *Новости медицины и фармации*. 2010; 316: 23.
Torshin I.Yu., Gromova O.A., Toguzov R.T., Volkov A.Yu. Elemental composition of neuroprotectors of natural origin. *News of Medicine and Pharmacy*. 2010; 316: 23 (in Russ.).

6. Тогузов Р.Т., Волков А.Ю. Микроэлементный анализ волос. Методические рекомендации. М.: РГМУ; 2009: 23 с.
Toguzov R.T., Volkov A.Yu. Microelement analysis of hair. Methodical recommendations. Moscow: Russian State Medical University; 2009: 23 pp. (in Russ.).

7. Рудаков К.В., Торшин И.Ю. Анализ информативности мотивов на основе критерия разрешимости в задаче распознавания вторичной структуры белка. *Информатика и ее применения*. 2012; 6 (1): 79–90.
Rudakov K.V., Torshin I.Yu. The motif information analysis based on the solvability criterion for the protein secondary structure recognition. *Informatics and Applications*. 2012; 6 (1): 79–90 (in Russ.).

8. Журавлёв Ю.И., Рудаков К.В., Торшин И.Ю. Алгебраические критерии локальной разрешимости и регулярности как инструмент исследования морфологии аминокислотных последовательностей. *Труды Московского физико-технического института*. 2011; 3 (4): 45–54.
Zhuravlev Yu.I., Rudakov K.V., Torshin I.Yu. Algebraic criteria of local solvability and regularity as a tool for studying the morphology of amino acid sequences. *Proceedings of Moscow Institute of Physics and Technology*. 2011; 3 (4): 45–54 (in Russ.).

9. Рудаков К.В., Торшин И.Ю. Об отборе информативных значений признаков на базе критериев разрешимости в задаче распознавания вторичной структуры белка. *Доклады Академии наук*. 2011; 441 (1): 24–8.
Rudakov K.V., Torshin I.Yu. On the selection of informative values of features based on solvability criteria in the task of recognizing the secondary structure of protein. *Doklady Akademii nauk / Reports of the Academy of Sciences*. 2011; 441 (1): 24–8 (in Russ.).

10. Торшин И.Ю. On solvability, regularity, and locality of the problem of genome annotation. *Pattern Recognit Image Anal*. 2010; 20: 386–95. <https://doi.org/10.1134/S1054661810030156>.

11. Журавлев Ю.И. Теоретико-множественные методы в алгебре логики. *Проблемы кибернетики*. 1962; 8 (1): 25-45. Zhuravlev Yu.I. Set-theoretical methods in the algebra of logic. *Problems of Cybernetics*. 1962; 8 (1): 25-45 (in Russ.).
12. Торшин И.Ю., Башун Н.З., Громова О.А. и др. Комплексный анализ взаимосвязей соматометрических, биохимических и клинических показателей состояния пациентов с хроническими заболеваниями почек. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2025; 18 (2): 271–83. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.295>. Torshin I.Yu., Bashun N.Z., Gromova O.A., et al. Comprehensive analysis of the interrelationships between somatometric, biochemical, and

- clinical indicators reflecting the condition of patients with chronic kidney disease. *FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoeconomics and Pharmacoepidemiology*. 2025; 18 (2): 271–83 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2025.295>.
13. Квятковский Е.М., Нюппенен Т.И. Принципы геохимической классификации элементов. *Записки Горного института*. 1969; 56 (2): 15–24. Kwiatkowski E.M., Nyuppenen T.I. Principles of geochemical classification of elements. *Journal of Mining Institute*. 1969; 56 (2): 15–24 (in Russ.).

Сведения об авторах / About the authors

Громова Ольга Алексеевна, д.м.н., проф. / Olga A. Gromova, Dr. Sci. Med., Prof. – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7663-710X>. WoS ResearcherID: J-4946-2017. Scopus Author ID: 7003589812. eLibrary SPIN-code: 6317-9833. E-mail: ogromova@frccsc.ru.

Торшин Иван Юрьевич, к.ф.м.н., к.х.н. / Ivan Yu. Torshin, PhD – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2659-7998>. WoS ResearcherID: C-7683-2018. Scopus Author ID: 7003300274. eLibrary SPIN-code: 1375-1114.

Рогозин Михаил Александрович / Mikhail A. Rogozin – ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2744-4268>. eLibrary SPIN-code: 2931-6812.

Громов Андрей Николаевич / Andrey N. Gromov – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7507-191X>. WoS ResearcherID: C-7476-2018. Scopus Author ID: 7102053964. eLibrary SPIN-code: 8034-7910.