

**ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, ФАРМАКОГНОЗИЯ/PHARMACEUTICAL CHEMISTRY,
PHARMACOGNOSY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.69>

**РИСК ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ-ТОКСИКАНТОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE
НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

Научная статья

Круглов Д.С.^{1,*}, Величко В.В.², Прокушева Д.Л.³, Олешко Е.Д.⁴, Лосоногова В.А.⁵, Богданов А.В.⁶

¹ORCID : 0000-0003-1904-7901;

²ORCID : 0000-0002-9224-9350;

³ORCID : 0009-0009-0480-2311;

⁴ORCID : 0009-0004-7127-310X;

⁵ORCID : 0009-0007-9675-8236;

⁶ORCID : 0009-0004-8402-2596;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kruglov_ds[at]mail.ru)

Аннотация

Целью работы было определение элементов-токсикантов в растительном сырье фацелии пижмолистной, синяка обыкновенного и оносмы простейшей и оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков их воздействия при поступлении в организм человека в виде экстенпоральных лекарственных растительных препаратов. Объектами исследования были образцы надземной части синяка обыкновенного, оносмы простейшей и фишмы пижмолистной, собранные в фазу цветения на территории Новосибирской области. Количественное содержание 27 элементов — Li, Be, B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, I, La, W, Hg, Tl, Pb — определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Канцерогенный риск определяется вероятностью развития злокачественных новообразований и оценивался коэффициенту канцерогенного риска. Неканцерогенный риск включает широкий спектр токсических эффектов, таких как повреждение нервной системы, почек, сердечно-сосудистой системы и репродуктивной функции и оценивался по критериям Хазарда. Суммарный неканцерогенный риск находился в пределах 1,59–1,74, а суммарный коэффициент канцерогенного риска составил 0,416; 0,297 и $0,252 \cdot 10^{-6}$ для фацелии, синяка и оносмы соответственно, что не превышало допустимые значения 3,0 для общего риска и $1 \cdot 10^{-6}$ для канцерогенного.

В результате было установлено, что суммарное воздействие 27 элементов на организм человека является безопасным для нормального функционирования всех систем организма, и при этом канцерогенный риск не превышает допустимый уровень.

Ключевые слова: фацелия пижмолистная, синяк обыкновенный, оносма простейшая, общий риск, канцерогенный риск, элементы-токсиканты.

**RISK OF HUMAN EXPOSURE TO TRACE ELEMENT TOXICANTS FROM PLANTS OF THE BORAGINACEAE
FAMILY**

Research article

Kruglov D.S.^{1,*}, Velichko V.V.², Prokusheva D.L.³, Oleshko Y.D.⁴, Losonogova V.A.⁵, Bogdanov A.V.⁶

¹ORCID : 0000-0003-1904-7901;

²ORCID : 0000-0002-9224-9350;

³ORCID : 0009-0009-0480-2311;

⁴ORCID : 0009-0004-7127-310X;

⁵ORCID : 0009-0007-9675-8236;

⁶ORCID : 0009-0004-8402-2596;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (kruglov_ds[at]mail.ru)

Abstract

The aim of the work was to determine the toxicant elements in the plant raw materials of *Phacelia tanacetifolia*, common viper's bugloss and *Onosma simplicissima* and to evaluate the carcinogenic and non-carcinogenic risks of their effects when taken into the human body in the form of extemporaneous medicinal herbal drugs. The objects of the study were samples of the above-ground parts of common viper's bugloss, *Onosma simplicissima* and *Phacelia tanacetifolia*, collected in the flowering phase in Novosibirsk Oblast. The quantitative content of 27 elements — Li, Be, B, Al, V, Cr, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, I, La, W, Hg, Tl, Pb — was determined by inductively coupled plasma mass spectrometry. Carcinogenic risk is determined by the probability of malignant neoplasms development and was estimated by carcinogenic risk coefficient. Non-carcinogenic risk includes a wide range of toxic effects such as damage to the nervous system, kidneys, cardiovascular system and reproductive function and was evaluated by the Hazard criteria. The total non-carcinogenic risk ranged from 1,59–1,74 and the total carcinogenic risk ratios were 0,416; 0,297 and $0,252 \cdot 10^{-6}$ for *Phacelia tanacetifolia* and *onosma*, respectively, which did not exceed the acceptable values of 3.0 for total risk and $1 \cdot 10^{-6}$ for carcinogenic risk.

As a result, it was found that the total impact of 27 elements on the human body is safe for the normal functioning of all body systems, while the carcinogenic risk does not exceed the permissible level.

Keywords: *Phacelia tanacetifolia*, common viper's bugloss, *Onosma simplicissima*, total risk, carcinogenic risk, toxicant elements.

Введение

Окопник (*Symphytum officinale*) и гелиотроп (*Heliotropium*) использовались в медицине для лечения различных заболеваний, включая нервные расстройства, воспалительные процессы и заболевания дыхательных путей, благодаря своим уникальным биологически активным компонентам [1]. Некоторые из бурачниковых являются и медоносами — фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.) и оносма простейшая (*Onosma simplicissima* L.) и представляют интерес не только как сырье для фармацевтической промышленности, но и как источник получения ценного диетического и лекарственного продукта — мёда. Следует заметить, что ф.пижмолистная имеет естественный ареал произрастания в Северной и Южной Америке и является для Евразии инвазивным видом, однако, будучи занесенным на территорию России, данный вид натурализовался [2] и теперь имеет обеспеченную ресурсную базу. Места произрастания фацелии находятся в одной эколого-географической нише степей и остепненных лугов — наиболее типичных растительных сообществ для Западной Сибири. Синяк обыкновенный и оносма простейшая также являются типичными представителями данных сообществ.

Выбранные для исследования растения относятся к порядку *Boraginales* и ранее *P.tanatifolia* было включено в отдельное семейство водолистниковых (*Hydrophyllaceae*). В современной систематике (в системе классификации APG IV) [3] на основании молекулярно-генетических исследований, показавших филогенетическую близость к *Boraginaceae*, семейство водолистниковых было включено в состав семейства Бурачниковые как подсемейство *Hydrophylloideae*.

В этой связи указанные растения следует рассматривать в составе семейства бурачниковых исходя из степени их филогенетического родства и общности применения.

Несмотря на положительное воздействие растений семейства *Boraginaceae* на здоровье человека, необходимо учитывать и возможность токсического эффекта вследствие поступления элементов-токсикантов. Как и все растительные организмы, исследуемые растения обладают определенным микроэлементным составом [4], и хотя поступление микроэлементов в растения происходит через фосфолипидную осмотически активную плазмолемму и определяется в первую очередь геномом растения, существует, с одной стороны, риск захвата и включение в состав растения элемента-токсиканта, а с другой стороны, часть биогенных для растения микроэлементов проявляют токсичность в организме человека. В этой связи актуальным является оценка возможных рисков воздействия элементов-токсикантов в составе ф.пижмолистной, с.обыкновенного и о.простейшей, при поступлении их в организм человека в составе лекарственных растительных препаратов (ЛРП). Токсичные элементы могут оказывать канцерогенное и неканцерогенное воздействие [5], в зависимости от их природы, концентрации и длительности воздействия.

Канцерогенный риск определяется вероятностью развития злокачественных новообразований при длительном контакте с токсичными веществами. Неканцерогенный риск включает широкий спектр токсических эффектов, таких как повреждение нервной системы, почек, сердечно-сосудистой системы и репродуктивной функции [6].

Неканцерогенный риск оценивается по критериям Хазарда [7]: коэффициент риска Hazard Quotient (HQ), показывающий опасность конкретного элемента-токсиканта; индекс риска Hazard Index (HI), характеризующий воздействие суммы токсикантов. Согласно нормативным документам [6] показатели $HQ > 1,0$ и $HI > 3,0$ свидетельствуют о возможных неблагоприятных последствиях для здоровья человека.

Канцерогенный риск рассчитывается для элементов, длительное накопление которых в организме может привести к мутациям ДНК, хроническому воспалению и злокачественным процессам. Канцерогенный риск оценивают по коэффициенту индивидуального канцерогенного риска (CR), который представляет собой оценку вероятности развития рака при воздействии потенциального канцерогена в течение всей жизни (средняя продолжительность жизни принимается равной 70 годам). Приняты следующие уровни канцерогенного риска [6]:

1. риск допустимый; не вызывающий беспокойства ($CR < 1 \cdot 10^{-6}$);
2. предельно допустимый риск ($1 \cdot 10^{-6} < CR < 1 \cdot 10^{-4}$);
3. опасный риск ($1 \cdot 10^{-4} < CR < 1 \cdot 10^{-3}$);
4. чрезвычайно опасный, недопустимый риск ($CR > 1 \cdot 10^{-3}$) [5], [6].

К элементам-токсикантам, согласно действующим нормативным документам, принято относить: Li, Be, B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sr, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, I, La, W, Hg, Tl, Pb, среди которых к элементам имеющим канцерогенный риск отнесены Be, Cr, As, Cd, Pb [6], [8].

Целью работы было определение элементов-токсикантов в растительном сырье фацелии пижмолистной, синяка обыкновенного и оносмы простейшей и оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков их воздействия при поступлении в организм человека в виде экстенпоральных лекарственных растительных препаратов.

Материалы и методы

Объектами исследования были образцы надземной части синяка обыкновенного, оносмы простейшей и фижмы пижмолистной, собранные в фазу цветения на территории Новосибирской области в 2024г. Количественное содержание 27 элементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. на масс-спектрометре ELAN 9000 [9]. Для контроля правильности определения использовали метод добавок. Измерение проводили по 5 образцам и результаты усредняли и определяли доверительные интервалы варьирования (с вероятностью 95%) содержания каждого определяемого элемента с помощью t-критерия Стьюдента [10].

Неканцерогенный риск воздействия каждого элемента оценивали путем расчета коэффициента HQ_i по формуле [6], [7]:

$$HQ_i = \frac{C \cdot TD}{R_{fd} \cdot W} \quad (1)$$

R_{fd} — референтные (безопасные) дозы элементов-токсикантов, мкг/г;

C — содержание элемента в ЛРС, мкг/г;

TD — среднесуточная терапевтическая доза экстракtempорального ЛРП, г

W — средний вес потребителя (70 000 г).

Суммарный индекс неканцерогенного риска HI определяли как сумму HQ отдельных элементов-токсикантов:

$$HI = \sum_i HQ_i. \quad (2)$$

За величину C (концентрации элемента в ЛРП) принимали концентрацию на уровне верхнего доверительного интервала. За величину дозы TD принимали стандартную суточную дозировку экстракtempоральных препаратов 10 г сырья на 200 мл воды и определенные в средние коэффициенты извлекаемости элементов-токсикантов (доля содержания элемента, переходящего в воду из сухого сырья) [11].

Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляется с использованием данных о значениях факторов канцерогенного потенциала [6]. В стандартных условиях для канцерогенных химических веществ дополнительная вероятность развития рака у индивидуума на всем протяжении жизни (CR) оценивается по формуле:

$$CR^i = \frac{TD_i \cdot SF_o^i}{W}, \quad (3)$$

где:

CR^i — величина канцерогенного риска от воздействия i -того элемента;

TD_i — среднесуточная терапевтическая доза i -того токсиканта;

SF_o^i — фактор канцерогенного потенциала при пероральном поступлении i -того токсиканта в организм;

g — коэффициент тяжести злокачественных новообразований (рака).

Коэффициента тяжести учитывающий потерю периода здоровой жизни и вероятность смерти в общем случае принимается $g=1$ [6].

Суммарный канцерогенный риск оценивали, как суперпозиция риска от воздействия отдельных элементов по формуле:

$$CR_{общ} = \sum_i CR^i. \quad (4)$$

Основные результаты

Полученные результаты и используемые расчётные коэффициенты приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Максимальное содержание элементов в исследуемом ЛРС Риски

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.69.1>

Элемент	Содержание, мкг/г (верхний доверительный интервал)			α [11]	R_{fd} мкг/г [6]	Cf_0 (мг/г) ⁻¹ [6]
	P.tanatifolia	E.vulgare	O.simplicissima			
Ag	0,0098	0,013	0,057	0,15	0,005	-
Al	212	614	406	0,25	1	-
As	0,097	0,13	0,181	0,1	0,0000035	1,5
B	52,5	101	62	0,3	0,2	-
Be	0,05	0,034	0,001	0,01	0,002	4,3
Cd	0,0306	0,196	0,059	0,15	0,0005	0,38
Co	0,75	2,2	0,48	0,2	0,0005	-
Cr	5,9	3,9	2,58	0,15	0,003	0,42
Cu	14	12,6	12	0,15	0,04	-
Fe	568	403	573	0,25	0,7	-
Hg	0,0098	0,029	0,0072	0,01	0,00016	-
I	0,45	0,84	0,092	0,3	0,01	-
La	0,6	1	0,14	0,15	0,00005	-
Li	0,48	0,32	1,06	0,3	0,002	-
Mn	49,1	122	34	0,15	0,14	-
Mo	0,79	1,3	4,7	0,1	0,005	-

Элемент	Содержание, мкг/г (верхний доверительный интервал)			α [11]	R_{FD} мкг/г [6]	Cf_0 (мг/г) ⁻¹ [6]
	<i>P.tanatifolia</i>	<i>E.vulgare</i>	<i>O.simplicissima</i>			
Ni	4,1	2,2	2,82	0,4	0,02	-
Pb	1,3	0,49	8,15	0,38	0,0035	0,047*
Sb	0,032	0,039	0,21	0,25	0,0004	-
Se	0,86	0,152	0,46	0,3	0,005	-
Sn	32,1	0,034	6,52	0,1	0,6	-
Sr	128	179	97	0,15	0,6	-
Tl	0,019	0,03	0,0071	0,1	0,000017	-
V	1,4	0,65	1,53	0,15	0,00007	-
W	0,042	0,013	0,104	0,1	0,00008	-
Zn	21,6	8	33	0,35	0,3	-
Zr	1,5	0,83	0,7	0,1	0,00008	-

Примечание: «-» – не нормируется; * – из [8]

Рассчитанные значения рисков воздействия элементов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Неканцерогенный и канцерогенный риски

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.69.2>

Элемент	Неканцерогенный риск, HQ			Канцерогенный риск, CR·10 ⁻⁶		
	<i>p.tanatifolia</i>	<i>e.vulgare</i>	<i>o.simplicissima</i>	<i>p.tanatifolia</i>	<i>e.vulgare</i>	<i>o.simplicissima</i>
Ag	0,00004	0,00006	0,0002	-	-	-
Al	0,008	0,02	0,015	-	-	-
As	0,4	0,53	0,74	0,021	0,028	0,039
B	0,011	0,022	0,013	-	-	-
Be	0,00004	0,00002	0,000001	0,031	0,021	0,061
Cd	0,0013	0,0084	0,0025	0,017	0,011	0,0032
Co	0,043	0,126	0,027	-	-	-
Cr	0,042	0,028	0,018	0,354	0,234	0,155
Cu	0,0075	0,0068	0,0064	-	-	-
Fe	0,029	0,021	0,029	-	-	-
Hg	0,00009	0,00026	0,00006	-	-	-
I	0,0019	0,0036	0,0004	-	-	-
La	0,26	0,43	0,06	-	-	-
Li	0,01	0,007	0,023	-	-	-
Mn	0,008	0,019	0,005	-	-	-
Mo	0,002	0,004	0,013	-	-	-
Ni	0,012	0,006	0,008	-	-	-
Pb	0,02	0,01	0,13	0,0088	0,0033	0,055
Sb	0,0029	0,0035	0,019	-	-	-
Se	0,0074	0,0013	0,0039	-	-	-
Sn	0,00076	0,000001	0,00016	-	-	-
Sr	0,0046	0,0064	0,0035	-	-	-
Tl	0,016	0,025	0,006	-	-	-
V	0,43	0,20	0,47	-	-	-
W	0,0075	0,0023	0,019	-	-	-
Zn	0,0036	0,0013	0,0055	-	-	-

Элемент	Неканцерогенный риск, HQ			Канцерогенный риск, CR·10 ⁻⁶		
	<i>p.tanatifolia</i>	<i>e.vulgare</i>	<i>o.simplicissima</i>	<i>p.tanatifolia</i>	<i>e.vulgare</i>	<i>o.simplicissima</i>
Zr	0,27	0,15	0,13	-	-	-
HI	1,59	1,63	1,74	-	-	-
CR	-	-	-	0,416	0,297	0,252

Примечание: «-» – не определялся

Суммарный неканцерогенный риск составил 1,59; 1,63 и 1,74 для *P.tanatifolia*, *E.vulgare* и *O.simplicissima* соответственно. Полученные значения не превышают 3,0, причём ни один отдельно взятый элемент не имеет HQ≥1,0 и, следовательно, суммарное воздействие исследованных 27 элементов-токсикантов на здоровье человека при потреблении терапевтической суточной дозы ЛРП является безопасным.

В свою очередь, расчетный суммарный коэффициент канцерогенного риска составил 0,416; 0,297 и 0,252·10⁻⁶ для *P.tanatifolia*, *E.vulgare* и *O.simplicissima* соответственно. Таким образом полученные значения CR как для каждого элемента-канцерогена в отдельности, так и для их суммы, не превышают допустимый уровень 1·10⁻⁶.

Заключение

В результате проведенной работы определено содержание 27 микроэлементов-токсикантов, включая 5 канцерогенных элементов (Be, Cr, As, Cd, Pb) в надземной части фацелии пижмолистной, синяка обыкновенного и оносмы простейшей, на основании чего рассчитаны коэффициенты общего и канцерогенного риска для человека при потреблении экстенпоральных лекарственных форм из сырья указанных видов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу Химико-аналитического центра «Плазма» (Томск) и его директору Н.В. Федюниной за помощь в проведении настоящей работы.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.69.3>

Acknowledgement

The authors express their gratitude to the staff of the Chemical Analytical Centre "Plasma" (Toms) and its director N.V. Fedyunina for their help in carrying out this work.

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.69.3>

Список литературы / References

1. Величко В.В. Фармакогностическое исследование наиболее распространенных представителей трибы Boragineae / В.В. Величко // Достижения и перспективы создания новых лекарственных средств растительного происхождения: сборник материалов Международной научной конференции. — Москва : ВИАР, 2024. — С. 106–110.
2. Флора Сибири : в 4 т. / под ред. Л.И. Малышев; сост. В.М. Доронькин, Н.К. Ковтонюк, В.В. Зуев. — Новосибирск : Наука, 1997. — Т. 11: Pyrolaceae — Lamiaceae (Labiatae). — 290 с.
3. Chase M.W. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV / M.W. Chase, M.J.M. Christenhusz, M.F. Fay [et al.] // Botanical Journal of the Linnean Society. — 2016. — Vol. 181. — № 1. — P. 1–20. — DOI: 10.1111/boj.12385.
4. Круглов Д.С. Микроэлементный состав растений как элемент видоспецифичного гомеостаза / Д.С. Круглов // BIOAsiaAltai 2024 : материалы IV Международного биотехнологического форума. — Барнаул : Алтайский университет, 2024. — С. 317–319.
5. Галенко М.С. Нормирование содержания тяжелых металлов и мышьяка как фактор безопасности использования лекарственных растительных препаратов / М.С. Галенко, И.В. Гравель, Н.Ю. Вельц [и др.] // Безопасность и риск фармакотерапии. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 61–68. — DOI: 10.30895/2312-7821-2021-9-2-61-68.
6. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания: Р 2.1.10.3968-23. — Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2023. — 301 с.
7. Al-Keriawy H. Environmental Risk Assessment of Heavy Metals in Selected Medicinal Herbs and Spices / H. Al-Keriawy, S. Nehaba, S. Alwan // Journal of Ecological Engineering. — 2023. — Vol. 24. — № 6. — P. 376–384. — DOI: 10.12911/22998993/162985
8. Галенко М.С. Оценка рисков воздействия тяжелых металлов и мышьяка, поступающих в организм человека с лекарственными растительными препаратами / М.С. Галенко, И.В. Гравель // Разработка и регистрация лекарственных средств. — 2024. — Т. 13. — № 4. — С. 180–189. — DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-4-1934
9. НСАМ №512-МС «Методика (метод) измерений определение элементного состава образцов растительного происхождения (травы, листья) атомно-эмиссионным и масс-спектральными методами анализа». — Введ. 2017-07-29. — Москва : Стандарт, 2017. — 57 с.

10. Никитин В.И. Первичная статистическая обработка экспериментальных данных / В.И. Никитин. — Самара : Самарский государственный технический университет, 2017. — 92 с.

11. Круглов Д.С. Извлечение эссенциальных и токсичных элементов из лекарственного растительного сырья различными экстрагентами / Д.С. Круглов // Международный научно-исследовательский журнал. — 2024. — № 12 (150). — С. 1–8. — DOI: 10.60797/IRJ.2024.150.32

Список литературы на английском языке / References in English

1. Velichko V.V. Farmakognosticheskoe issledovanie naibolee rasprostranennykh predstavitelej triby Boragineae [Pharmacognostic Study of the Most Common Representatives of the Boragineae Tribe] / V.V. Velichko // Dostizheniya i perspektivy sozdaniya novykh lekarstvennykh sredstv rastitel'nogo proishozhdeniya: sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii [Achievements and prospects of creation of new medicines of plant origin: Proceedings of the International Scientific Conference]. — Moscow : VILAR, 2024. — P. 106–110. [in Russian]

2. Flora Sibiri [Flora of Siberia] / edited by L.I. Malyshev; comp. V.M. Doronkin, N.K. Kovtonyuk, V.V. Zuev [et al.]. — Novosibirsk : Nauka, 1997. — Vol. 11: Pyrolaceae — Lamiaceae (Labiatae). — 290 p. [in Russian]

3. Chase M.W. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV / M.W. Chase, M.J.M. Christenhusz, M.F. Fay [et al.] // Botanical Journal of the Linnean Society. — 2016. — Vol. 181. — № 1. — P. 1–20. — DOI: 10.1111/boj.12385.

4. Kruglov D.S. Mikroelementnyj sostav rastenij kak element vidospecificheskogo gomeostaza [Microelement Composition of Plants as an Element of Species-Specific Homeostasis] / D.S. Kruglov // BIOAsiaAltai 2024 : materialy IV Mezhdunarodnogo biotekhnologicheskogo foruma [BIOAsiaAltai 2024: Proceedings of the IV International Biotechnology Forum]. — Barnaul : Altai University, 2024. — P. 317–319. [in Russian]

5. Galenko M.S. Normirovanie sodержaniya tjazhelyh metallov i mysh'jaka kak faktor bezopasnosti ispol'zovaniya lekarstvennykh rastitel'nyh preparatov [Standardization of Heavy Metals and Arsenic Content as a Safety Factor for the Use of Herbal Medicines] / M.S. Galenko, I.V. Gravel, N.Yu. Velts [et al.] // Bezopasnost' i risk farmakoterapii [Safety and risk of pharmacotherapy]. — 2021. — Vol. 9. — № 2. — P. 61–68. — DOI: 10.30895/2312-7821-2021-9-2-61-68. [in Russian]

6. Rukovodstvo po ocenke riska zdorov'ju naselenija pri vozdejstvii himicheskix veshhestv, zagraznjajushhih sredu obitaniya: R 2.1.10.3968-23 [Guidelines for Health Risk Assessment from Exposure to Environmental Chemical Pollutants: R 2.1.10.3968-23]. — Moscow : Federal Centre of Gossanepidemnadzor of the Ministry of Health of Russia, 2023. — 301 p. [in Russian]

7. Al-Keriawy H. Environmental Risk Assessment of Heavy Metals in Selected Medicinal Herbs and Spices / H. Al-Keriawy, S. Nehaba, S. Alwan // Journal of Ecological Engineering. — 2023. — Vol. 24. — № 6. — P. 376–384. — DOI: 10.12911/22998993/162985

8. Galenko M.S. Ocenka riskov vozdejstvija tjazhelyh metallov i mysh'jaka, postupajushhih v organizm cheloveka s lekarstvennymi rastitel'nymi preparatami [Risk Assessment of Heavy Metals and Arsenic Exposure from Herbal Medicines] / M.S. Galenko, I.V. Gravel // Razrabotka i registracija lekarstvennykh sredstv [Development and registration of medicines]. — 2024. — Vol. 13. — № 4. — P. 180–189. — DOI: 10.33380/2305-2066-2024-13-4-1934. [in Russian]

9. NSAM №512-MS "Metodika (metod) izmerenij opredelenie elementnogo sostava obraztsov rastitel'nogo proishozhdeniya (travy, list'ja) atomno-emissionnym i mass-spektral'nym metodami analiza" [NSAM No. 512-MS "Methodology (method) of measurements for determining the elemental composition of samples of plant origin (grasses, leaves) using atomic emission and mass spectral methods of analysis"]. — Introd. 2017-07-29. — Moscow : Standart, 2017. — 57 p. [in Russian]

10. Nikitin V.I. Pervichnaja statisticheskaja obrabotka jeksperimental'nyh dannyh [Primary Statistical Processing of Experimental Data] / V.I. Nikitin. — Samara : Samara State Technical University, 2017. — 92 p. [in Russian]

11. Kruglov D.S. Izvlechenie jessencial'nyh i toksichnyh jelementov iz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ja razlichnymi jekstragentami [Extraction of Essential and Toxic Elements from Medicinal Plant Materials by Various Extractants] / D.S. Kruglov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2024. — № 12 (150). — P. 1–8. — DOI: 10.60797/IRJ.2024.150.32. [in Russian]