

Влияние техногенных ландшафтов на концентрацию химических элементов в полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*) в Забайкальском крае

В. П. Макаров , Г. А. Юргенсон, Р. А. Филенко

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Российская Федерация
(672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а)

Аннотация. Цель исследования – выяснить влияние техногенных ландшафтов в рудном районе на концентрацию химических элементов в растениях на примере полыни Гмелина.

Материалы и методы. В полыни Гмелина определена концентрация жизненно необходимых (Zn, Mn, Cu, Cr, Mo, Co) и токсичных элементов (As, Pb, Cd, Bi, Sb). Исследования проведены в районе Шерловогорского рудного района на юго-востоке Забайкальского края. Отбор растительных проб проводили в период цветения полыни, на природных участках и техногенных территориях. Определение содержаний химических элементов в растениях выполнено в Хабаровском институте тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН на приборе ICP-MS Elan 9000 Perkin Elmer (США) методом кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98.

Результаты и обсуждение. Установлено, что полынь Гмелина, произрастающая на природно-техногенных и карьерно-отвалных ландшафтах, содержала существенно больше по отношению к природным местообитаниям растения Zn, Mo, Co, Pb, Cd, As, Sb и Bi. В природных сообществах в полыни Гмелина обнаружено максимальное содержание Mn. В полыни на техногенных ландшафтах концентрация Pb, Cd и As превышала предельно допустимое содержание в лекарственном сырье. В природных растительных сообществах содержание упомянутых элементов не превышало установленную норму.

Выводы. Полынь Гмелина, произрастающая на техногенных ландшафтах в рудных районах Забайкальского края, содержат более высокую концентрацию ряда элементов, в том числе токсичных.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, химические элементы, *Artemisia gmelinii*, Забайкальский край.

Для цитирования: Макаров В. П., Юргенсон Г. А., Филенко Р. А. Влияние техногенных ландшафтов на концентрацию химических элементов в полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*) в Забайкальском крае // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2025, № 2, с. 13-18. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/13-18>

ВВЕДЕНИЕ

Забайкальский край является биогеохимической провинцией, характеризующейся как дефицитом, так и избытком многих макро- и микроэлементов в почве, воде и растительности, что обусловлено геологическими и природно-климатическими особенностями. Известно, что в районах добычи полезных ископаемых наблюдается повышенное содержание в почвах и растениях токсичных элементов [2, 3, 4]. В этих условиях важно знать, как отражается геохимический фон мест произрастания на концентрации жизненно важных и токсичных элементах в растениях.

Одним из таких районов является территория Шерловогорского рудного района. Установлено, что геохимический фон мышьяка, цинка, свинца и кадмия в компонентах ландшафтов существенно превышает кларк земной коры и ПДК, на основании чего была выделена и обоснована новая мышьяковая биогеохимическая аномалия – Шерловогорский рудный район [7].

Полынь Гмелина *Artemisia gmelinii* Weberex Stechm. – крупный полукустарник семейства астровых

(*Asteraceae*) с толстым одревесневающим корнем, 50-100 см высотой. Растет в степях, по скалам, крутым каменистым склонам, зарослям степных кустарников, опушкам. Ареал растения обширный. Встречается по всей территории Забайкальского края, а также в Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии, Китае, Монголии, Японии, Корее, Непале, Индии и Пакистане, является перспективным видом в качестве лекарственного растительного сырья [16]. В районе исследований встречается как в природных, так и техногенных растительных сообществах.

Цель настоящей работы – выяснить влияние техногенных ландшафтов в рудном районе на концентрацию химических элементов в растениях на примере полыни Гмелина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в районе Шерловогорского рудного района на юго-востоке Забайкальского края (N50.548539° E116.276098°; абсолютная высота 850 м.). На территории района расположен ряд полиметаллических месторождений [1, 17].

© Макаров В. П., Юргенсон Г. А., Филенко Р. А., 2025.

✉ Макаров Владимир Петрович, e-mail: vm2853@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Отбор растительных проб проводили в период цветения полыни, августе 2005-2011 годов, на природных участках и техногенных территориях, включающих в себя ряд полиметаллических месторождений с наложенной мышьяковой минерализацией, отвалы горных пород и хвостохранилище. Каждая проба растений формировалась из 10-30 растений с площади 4x4 м. Определение содержаний химических элементов в растениях выполнено в Институте тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина ДВО РАН (г. Хабаровск) на приборе ICP-MS Elan 9000 Perkin Elmer (США) методом кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 [11]. Стандартный образец: Тр-1 (ГСО № 8922-2007). Анализ элементов провели отдельно в надземной и подземной части растений. Затем рассчитано среднее значение в целом по растению.

Аналитические данные обработаны методами математической статистики: вычислены среднеарифметические концентрации химических элементов, их стандартные шибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Жизненно необходимые элементы. Исследовано содержание в полыни жизненно важных химических элементов: Mn, Zn, Cu, Cr, Mo и Co по классификации А. В. Скального и И. А. Рудакова [12].

Марганец. Глобальные уровни содержания марганца в травах изменяются от 17 до 334 мг/кг [6]. В Онон-Аргунской степи полынь Гмелина отличалась более высоким содержанием Mn (1130 мг/кг) [5]. В природных (фоновых) растительных сообществах района исследований содержание марганца было существенно больше, чем в нарушенных производственной деятельностью (табл. 1).

Таблица 1

Средняя концентрация химических элементов в полыни Гмелина в природных и техногенных ландшафтах месторождения, мг/кг
[Table 1. The average concentration of chemical elements in *Artemisia gmelinii* in natural and man-made landscapes of the deposit, mg/kg]

Элемент / Element	Ландшафты / Landscapes				
	Природный, n=10 / Natural, n=10	Природно-техногенный, n=49 / Natural and man-made, n=49	Карьерно-отвалный / Quarry dump		
			Карьер, n=22 / Quarry, n=22	Отвалы горных пород, n=14 / Rockdumps, n=14	Хвостохранилище, n=15 / Tailingdump, n=15
Жизненно необходимые элементы / Vitalelements					
Mn	121,8±35,8	73,5±14,1	47,6±4,9	106,3±32,8	38,0±5,2
Zn	28,5±6,9	105,5±30,5	58,2±4,3	46,3±4,9	81,0±13,5
Cu	11,4±2,6	15,6±3,2	14,0±3,0	20,8±8,9	11,3±1,4
Cr	2,4±1,1	1,5±0,3	2,5±0,4	2,9±1,2	2,2±0,5
Mo	0,21±0,06	0,72±0,12	0,7±0,2	0,74±0,19	0,40±0,08
Co	0,09±0,05	0,07±0,01	1,1±0,30	0,94±0,39	0,21±0,03
Токсичные элементы / Toxic elements					
Pb	0,81±0,27	1,7±0,3	4,2±0,6	2,1±0,8	15,9±4,1
Cd	0,42±0,14	0,66±0,08	3,0±0,6	1,1±0,2	10,2±1,7
As	0,32±0,16	6,3±1,3	5,7±1,0	5,2±2,7	3,7±1,1
Sb	0,04±0,01	0,06±0,01	0,24±0,04	0,09±0,04	0,6±0,2
Bi	0,03±0,02	0,31±0,07	0,36±0,15	0,51±0,29	0,07±0,01

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверно большие концентрации элементов
[Note: significantly high concentrations of elements are highlighted in bold].

Цинк. Фоновые содержания цинка в травах лежат в пределах 12-47 мг/кг сухой массы [6]. В районе исследований концентрация цинка в полыни Гмелина по отношению к исследованным элементам была максимальной и достоверно не отличалась от содержания в растениях марганца. В природно-техногенном ландшафте отмечалось существенно более высокое содержание цинка, чем в других исследованных ландшафтах района исследований (см. табл. 1).

В других природных растительных сообществах Забайкальского края концентрация в надземной части полыни Гмелина Zn составляла 1,8, в подземной – 3,7 мг/кг, а в районе хвостохранилища – соответ-

ственно 270 и 702 мг/кг [8]. Более высокие содержания цинка на нарушенных территориях подтверждают и другие исследования [6].

Медь. По величине концентрации в полыни Гмелина Cu находилась на третьем месте после Mn и Zn. Не обнаружено существенных различий концентрации меди в полыни в исследованных ландшафтах района, хотя концентрация элемента по отношению к растениям из природных сообществ была несколько выше. В других районах Забайкальского края концентрация меди в природных растительных сообществах была в 8-14 раз больше, чем в рудеральных [8].

Хром. Содержание элемента в растительном материале обычно составляют 0,02-0,20 мг/кг сухой массы [6]. Не обнаружено достоверных различий концентрации хрома в исследованных ландшафтах. Среднее содержание хрома в полыни находилось в пределах 1,5-2,5 мг/кг.

Молибден. Средние уровни содержания молибдена в травах и бобовых изменяются соответственно от 0,33 до 1,5 и от 0,73 до 2,3 мг/кг сухой массы [6]. Концентрация молибдена в природных сообществах была достоверно меньше, чем в растительных сообществах природно-техногенного и карьерно-отвального ландшафтов.

Кобальт. Среднее содержание кобальта в травах различных стран изменяется от 0,03 до 0,27 мг/кг [6]. Существенно больше кобальта содержалось в растениях, произрастающих в районе карьера (1,1 мг/кг).

Токсичные элементы.

Мышьяк. В надземной части трав мышьяк содержится в пределах 0,28-0,33 мг/кг [6]. Относительно низкая концентрация мышьяка обнаружена в растениях, произрастающих в природных сообществах, и значительно более высокая – на техногенных местах произрастания полыни. В то же время на загрязненной территории п. Хапчеранга концентрация мышьяка в полыни Гмелина была относительно невысокой – 0,70 мг/кг [8]. Имеются данные о линейной зависимости содержания мышьяка в растениях и почвах. Предполагается, что он поглощается растениями вместе с водой.

Свинец. Фоновые уровни содержания свинца составляют в среднем для кормовых трав 2,1 мг/кг на сухую массу [6]. Для лекарственного сырья установлено предельное содержание Pb – 6,0 мг/кг [10]. В 20 раз больше, чем в природных сообществах, отмечена

концентрация свинца в растениях, произрастающих в районе хвостохранилища (см. табл. 1).

В других районах Забайкальского края в рудеральных сообществах концентрация элемента в надземной части была 89,5, в подземной достигала 1612 мг/кг [9, 13]. Известно, что концентрация свинца в растениях сильно коррелирует с его концентрацией в почве [6].

Кадмий. В травах содержание кадмия находится в пределах 0,07-0,27 мг/кг [6]. Для лекарственного сырья установлено предельно допустимое содержание кадмия, равное 1,0 мг/кг [10]. Среднее содержание кадмия в полыни было 2,3-2,5 мг/кг. В других районах Забайкалья в природных растительных сообществах содержание кадмия в полыни Гмелина было 0,07 мг/кг, а в загрязненной зоне концентрация кадмия надземной части полыни – 54,0 мг/кг, в подземной – 20,0 мг/кг [9].

Сурьма. Среднее содержание сурьмы в наземных растениях оценивается в 0,06 мг/кг сухой массы [15]. В районе исследования средняя концентрация сурьмы в надземной и подземной массах не различалась существенно и составляла 0,2-0,3 мг/кг. На отвалах горных пород концентрация сурьмы в полыни была в 17 раз больше, чем в растениях, произрастающих в природных сообществах. В техноземах техногенных массивов района исследований концентрация сурьмы значительно превышала кларк для растений [14].

Висмут. Среднее содержание висмута в наземных растениях оценивается в 0,06 мг/кг сухого вещества [15]. Средняя концентрация элемента в районе исследований достоверно различалась в надземной и подземной частях полыни Гмелина и была равна соответственно 0,2 и 0,9 мг/кг. В растениях полыни, произрастающих на отвалах горных пород, концен-

Таблица 2

Корреляция между средними концентрациями элементов в полыни Гмелина
(коэффициент корреляции Пирсона, n=107)
[Table 2. Correlation between the average concentrations of elements in Gmelin wormwood
(Pearson correlation coefficient, n=107)]

Элемент / Element	Cr	Mn	Co	Cu	Zn	As	Mo	Cd	Sb	Pb
Mn	0,42									
Co	0,38	0,14								
Cu	0,40	0,71	0,28							
Zn	0,13	0,55	-0,02	0,68						
As	0,44	0,60	0,27	0,67	0,58					
Mo	0,32	0,40	-0,02	0,29	0,29	0,42				
Cd	0,13	-0,12	0,02	0,00	0,06	0,10	-0,07			
Sb	0,27	-0,07	0,21	0,02	0,10	0,29	-0,05	0,78		
Pb	0,29	0,07	0,09	0,07	0,19	0,31	-0,02	0,79	0,90	
Bi	0,35	0,29	0,37	0,47	0,06	0,57	0,06	0,01	0,15	0,07

Примечание: жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции статистически достоверные при 1 %-ном уровне значимости.

[Note: Correlation coefficients that are statistically significant at a 1% significance level are highlighted in bold].

трация висмута была в 17 раз больше, чем в растениях природных местообитаний (0,51 мг/кг). Повышенное содержание висмута в растениях, произрастающих в районах загрязнения, вероятно, обусловлено его высокими концентрациями в почве.

В зависимости от уровня антропогенного воздействия и геохимии места произрастания полыни средняя концентрация элементов в растениях была различной. Так, марганца в полыни содержалось больше на природном участке, цинка – на природно-техногенном; молибдена, кобальта, свинца, кадмия и висмута – карьерно-отвальном; мышьяка – в природно-техногенном и карьерно-отвальном ландшафтах.

Между концентрациями исследованных элементов в полыни Гмелина обнаружено взаимодействие. Статистически достоверные корреляции между концентрациями элементами положительные. Максимальное число корреляционных связей с элементами образуют мышьяк (9), хром (8) и медь (7), а минимальное – кадмий (2) (табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растения полыни, произрастающие на природно-техногенных и карьерно-отвальных ландшафтах, содержали существенно больше по отношению к природным местообитаниям растения Zn, Mo, Co, Pb, Cd, As, Sb и Bi. В природных сообществах в полыни Гмелина обнаружено максимальное содержание Mn.

В полыни на техногенных ландшафтах концентрация Pb, Cd и As превышала предельно допустимое содержание в лекарственном сырье. В природных растительных сообществах содержание упомянутых элементов не превышало установленную норму.

Исследования показали, что полынь Гмелина, произрастающая на нарушенных площадях в Шерловогорском рудном районе, не пригодна для заготовки лекарственного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбань Д. Н., Юргенсон Г. А. Свинец в полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*) в природно-техногенном ландшафте Шерловогорского рудного района // *Успехи современного естествознания*, 2015, № 6, с. 97-101.
2. Абрамов Б. Н. Концентрация тяжелых металлов в техногенных ландшафтах Акатуйевского полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2018, № 4, с. 67-71.
3. Плюснин А. М., Сандакова Д. М. Миграция токсичных элементов в пределах Ермаковского флюорит-бертрандит-фенакитового месторождения // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2019, № 4, с. 49-56.
4. Каманина И. З., Каплина С. П., Чигоева Д. Н. Оценка состояния почвенного покрова в районе Унальского хвостохранилища // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 1, с. 120-127

5. Дубынина С. С. Особенности накопления микроэлементов в надземной массе жизненных форм растений в гео-системах Онон-Аргунской степи // *Географический вестник*, 2022, № 2 (61), с. 109-122.

6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. *Микроэлементы в почвах и растениях*. Москва: Мир, 1989. 439 с.

7. Михайлова Л. А., Солодухина М. А. Природные и антропогенные геохимические аномалии Забайкальского края // *Современные проблемы науки и образования*, 2016, № 5, с. 310.

8. Накопление мышьяка в растениях в условиях техногенеза / Н. С. Кучумова, Г. А. Амвросова, В. А. Амвросова, А. А. Зырянова // *Материалы XVIII межрегиональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Сборник научных трудов*, 2019, с. 343-344.

9. Накопление тяжелых металлов в некоторых лекарственных растениях в селе Хапчеранга / Н. А. Нольфин, М. А. Солоненко, А. А. Зырянова, С. И. Номоконов // *Сборник научных трудов научно-практической конференции научно-практической конференции. Читинская медицинская Академия*, 2019, с. 27-29.

10. ОФС.1.5.3.0009.15. *Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах*. – URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (дата обращения: 16.09.2024). – Текст: электронный.

11. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. *Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой*. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/19e/4293777593.pdf> (дата обращения: 16.09.2024). – Текст: электронный.

12. Скальный А. В., Рудаков И. А. *Биоэлементы в медицине*. Москва: Мир, 2004. 272 с.

13. Содержание химических элементов в разных видах растений рода *Artemisia* / В. А. Мисюркеев, Е. А. Савицкая, А. А. Новикова, А. Ю. Скосырская // *Материалы XXII научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием*, 2023, с. 334-335.

14. Солодухина М. А., Юргенсон Г. А. Сурьма в степных почвах, техноземах и *Artemisia gmelinii* Weberex Stechm Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // *Успехи современного естествознания*, 2017, № 4, с. 114-119.

15. *Справочник по геохимии: справочник* / Г. В. Войткевич, А. В. Кокин, А. Е. Мирошников, В. Г. Прохоров. Москва: Недра, 1990. 480 с.

16. Чимитцыренова Л. И., Жигжитжапова С. В., Раднаева Л. Д. Применение в народной медицине *Artemisia gmelinii* травы // *Вестник Бурятского государственного университета. Медицина и фармация*, 2019, № 3, с. 29-34.

17. Юргенсон Г. А., Горбань Д. Н. Свинец и висмут в полыни Гмелина хвостохранилища Шерловогорского ГОКа (юго-восточное Забайкалье) // *Вестник Забайкальского государственного университета*, 2015, № 10 (125), с. 20-32.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 11.10.2024

Принята к публикации: 02.06.2025

The Influence of Technogenic Landscapes on the Concentration of Chemical Elements in *Artemisia Gmelinii* in the Trans-Baikal Region

V. P. Makarov , G. A. Yurgenson, R. A. Filenko

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation
(672014, Chita, Nedorezov Str., 16a)*

Abstract. The purpose of the research is to find out the influence of technogenic landscapes in the ore region on the concentration of chemical elements in plants using the example of *Artemisia gmelinii*.

Materials and methods. The concentration of vital (Zn, Mn, Cu, Cr, Mo, Co) and toxic elements (As, Pb, Cd, Bi Sb) has been determined in *Artemisia gmelinii*. The research was carried out in the area of the Sherlovogorsky ore district in the south-east of the Trans-Baikal Region. Plant samples were taken during the flowering period of *Artemisia gmelinii*, in natural areas and man-made territories. The determination of the contents of chemical elements in plants was performed at the Kosygin Khabarovsk Institute of Tectonics and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences on the ICP-MS Elan 9000 PerkinElmer device (USA) by the method of acid decomposition of HDPE F 16.1:2.3:3.11-98.

Results and discussion. It was found that *Artemisia gmelinii* growing in natural-technogenic and quarry-dump landscapes contained significantly more Zn, Mo, Co, Pb, Cd, As, Sb and Bi in relation to the natural habitats of the plant. The maximum content of Mn was found in natural communities in *Artemisia gmelinii*. In *Artemisia gmelinii*, the concentration of Pb, Cd and As in technogenic landscapes exceeded the maximum permissible content in medicinal raw materials. In natural plant communities, the content of these elements did not exceed the established norm.

Conclusions. *Artemisia gmelinii*, growing in technogenic landscapes in the ore districts of the Transbaikalian Region, contains higher concentrations of a number of elements, including toxic ones.


Key words: technogenic landscapes, chemical elements, *Artemisia gmelinii*, Trans-Baikal Region

For citation: Makarov V. P., Yurgenson G. A., Filenko R. A. The Influence of Technogenic Landscapes on the Concentration of Chemical Elements in *Artemisia Gmelinii* in the Trans-Baikal Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2025, no. 2, pp. 13-18 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/13-18>

REFERENCES

1. Gorbun' D. N., Yurgenson G. A. Svinec v polyni Gmelina (*Artemisia gmelinii*) v prirodno-tehnogennom landshafte Sherlovogorskogo rudnogo rajona [Lead in wormwood Gmelina (*Artemisia gmelinii*) in the natural and man-made landscape of the Sherlovogorsky ore region]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*, 2015, no. 6, pp. 97-101. (In Russ.)
2. Abramov B. N. Kotsentratsiya tyazhelykh metallov v tekhnogennykh landshaftakh Akatuevskogo polimetallicheskogo mestorozhdeniya (Vostochnoe Zabaikal'e) [Concentration of heavy metals in the technogenic landscapes of the Akatuevsky polymetallic deposit (Eastern Transbaikalia)]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2018, no. 4, pp. 67-71. (In Russ.)
3. Plyusnin A. M., Sandakova D. M. Migratsiya toksichnykh elementov v predelakh Ermakovskogo flyuorit-bertrandit-fenakitovogo mestorozhdeniya [Migration of toxic elements within the Ermakovsky fluorite-bertrandite-phenakite deposit]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2019, no. 4, pp. 49-56. (In Russ.)
4. Kamanina I. Z., Kaplina S. P., Chigoeva D. N. Otsenka sostoyaniya pochvennogo pokrova v raione Unal'skogo khvostokhranilishcha [Assessment of the soil cover in the area of the Unal'sky tailings dam]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 1, pp. 120-127. (In Russ.)
5. Dubynina S. S. Osobennosti nakopleniya mikroelementov v nadzemnoy masse zhiznennykh form rasteniy v geosistemah Onon-Argun'skoy stepi [Features of accumulation of trace elements in the aboveground mass of plant life forms in Onon-Argun geosystems]. *Geograficheskij vestnik*, 2022, no. 2 (61), pp. 109-122. (In Russ.)
6. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Mikroelementy v pochvah i rasteniyah* [Microelements in soils and plants]. Moscow: Mir, 1989. 439 p. (In Russ.)
7. Mihajlova L. A., Soloduhina M. A. Prirodnye i antropogennye geohimicheskie anomalii Zabajkalskogo kraja [Natural and anthropogenic geochemical anomalies of the Trans-Baikal Territory]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 5, pp. 310. (In Russ.)
8. Nakoplenie mysh'jaka v rasteniyah v usloviyakh tehnogeneza [Accumulation of arsenic in plants under conditions of technogenesis] / N. S. Kuchumova, G. A. Amvrosova, V. A. Amvrosova, A. A. Zyrjanova. *Materialy XVIII mezhhregional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodykh uchennykh. Sbornik nauchnykh trudov*, 2019, pp. 343-344. (In Russ.)
9. Nakoplenie tyazhelykh metallov v nekotorykh lekarstvennykh rasteniyah v sele Hapcheranga [Accumulation of heavy metals in some medicinal plants in the village of Hapcheranga] /

© Makarov V. P., Yurgenson G. A., Filenko R. A., 2025

 Vladimir P. Makarov, e-mail: vm2853@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

N.A. Nolfin, M.A. Solonenko, A.A. Zyrjanova, S.I. Nomokonov. *Sbornik nauchnyh trudov nauchno-prakticheskoy konferencii nauchno-prakticheskoy konferencii. Chitinskaya medicinskaya Akademija*, 2019, pp. 27-29. (In Russ.)

10. OFFSET.1.5.3.0009.15. *Determination of heavy metals and arsenic content in medicinal plant raw materials and medicinal herbal preparations*. – URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (accessed 16.09.2024). – Text: electronic. (In Russ.)

11. HDPE F 16.1:2.3:3.11-98. *Quantitative chemical analysis of soils. A technique for measuring the metal content in solid objects by inductively coupled plasma spectrometry*. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/19e/4293777593.pdf> (accessed 16.09.2024). – Text: electronic. (In Russ.)

12. Skal'nyj A. V., Rudakov I. A. *Biojelementy v medicine* [Bioelements in medicine]. Moscow: Mir, 2004. 272 p. (In Russ.)

13. Soderzhanie himicheskikh jelementov v raznyh vidah rastenij roda *Artemisia* [The content of chemical elements in different plant species of the genus *Artemisia*] / V. A. Misjurkeev, E. A. Savickaja, A. A. Novikova, A. Ju. Skosyrskaja. *Materijal' XXII nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodyh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem*, 2023, pp. 334-335. (In Russ.)

14. Soloduhina M. A., Jurgenson G. A. Sur'ma v stepnyh pochvah, tehnomezemah i *Artemisia gmelinii* Weberex Stechm Sherlo-

vogorskogo rudnogo rajona (Vostochnoe Zabajkal'e) [Antimony in steppe soils, technozems, and *Artemisia gmelinii* Weber ex Stechm of the Sherlovogorsky ore region (Eastern Transbaikalia)]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*, 2017, no. 4, pp. 114-119. (In Russ.)

15. *Spravochnik po geohimii: spravochnik* [Handbook of Geochemistry: a reference] / G. V. Vojtkovich, A. V. Kokin, A. E. Miroshnikov, V. G. Prohorov. Moscow: Nedra, 1990. 480 p. (In Russ.)

16. Chimitcyrenova L. I., Zhigzhitzhapova S. V., Radnaeva L. D. *Primenenie v narodnoj medicine Artemisia gmelinii* travy [The use of *Artemisia gmelinii* herb in folk medicine]. *Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Medicina i farmacija*, 2019, no. 3, pp. 29-34. (In Russ.)

17. Jurgenson G. A., Gorban' D. N. Svinec i vismut v polyni Gmelina hvostohranilishha Sherlovogorskogo GOKa (jugo-vostochnoe Zabajkal'e) [Lead and bismuth in wormwood from the Gmelina tailings dam of the Sherlovogorsky GOK (southeastern Transbaikalia)]. *Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 10 (125), pp. 20-32. (In Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 11.10.2024

Accepted: 02.06.2025

Макаров Владимир Петрович

Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории географии и регионального природопользования Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-8882-9339, e-mail: vm2853@mail.ru

Юргенсон Георгий Александрович

Доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-7818-7528, e-mail: yurgga@mail.ru

Филенко Роман Андреевич

Научный сотрудник лаборатории геохимии и рудогенеза Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6736-9556, e-mail: filrom@yandex.ru

Vladimir P. Makarov

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher at the Laboratory of Geography and Regional Environmental Management, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-8882-9339, e-mail: vm2853@mail.ru

George A. Jurgenson

Dr. Sci. (Geol. and Miner.), Chief Researcher at the Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-7818-7528, e-mail: yurgga@mail.ru

Roman A. Filenko

Researcher at the Laboratory of Geochemistry and Ore Genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6736-9556, e-mail: filrom@yandex.ru