

Оригинальная статья / Original article  
УДК 564.3+546.3; 577.4 (20)  
DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

## Особенности накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац

Варужан С. Оганесян<sup>1</sup>, Лаура Д. Арутюнова<sup>1</sup>, Людмила С. Мирумян<sup>1</sup>,  
Мадина З. Магомедова<sup>2</sup>, Патимат Д. Магомедова<sup>2</sup>, Татев Э. Погосян<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научный центр зоологии и гидроэкологии НАН РА, Ереван, Республика Армения

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия

<sup>3</sup>Армянский государственный педагогический университет, Ереван, Республика Армения

### Контактное лицо

Варужан С. Оганесян, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Научного центра зоологии и гидроэкологии НАН РА; 0014 Республика Армения, г. Ереван, ул. П. Севака, 7. Тел. +375091363849  
Email [varugh\\_zool52@mail.ru](mailto:varugh_zool52@mail.ru)  
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>

### Формат цитирования

Оганесян В.С., Арутюнова Л.Д., Мирумян Л.С., Магомедова М.З., Магомедова П.Д., Погосян Т.Э. Особенности накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 2. С. 37-41. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

Получена 7 февраля 2022 г.  
Прошла рецензирование 21 марта 2022 г.  
Принята 4 апреля 2022 г.

### Резюме

**Цель.** Изучение особенностей накопления тяжелых металлов в организме брюхоногих моллюсков-слизней (Molluska: Limacidae) южного склона горного массива Арагац, а именно, проведение количественного анализа тяжелых металлов в почве разных пунктов горного массива Арагац и в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*), а также принципов биогенной миграции тяжелых металлов по системе почва–растение–животное (слизни) и определения роли слизней в этой миграции в наземных экосистемах.

**Материал и методика.** Материалом для данного исследования послужили слизни, собранные из разных точек южного склона горного массива Арагац. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) в организме моллюсков определялось методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии AAS extraction & ISO-8288. Определены также особенности биологической аккумуляции тяжелых металлов в организме моллюсков.

**Результаты.** Брюхоногие моллюски (Molluska: Limacidae) в своем организме активно накапливают тяжелые металлы (особенно Cu, Zn, Ca) и играют определенную роль в их передаче по пищевым цепям. Слизни, обитая в верхних горизонтах почв (мезофауна), под камнями и растительным опадом, активно реагируют на малейшие изменения среды и являются ее биоиндикаторами.

**Заключение.** Обитающие в почве слизни, являются важным звеном биогенной миграции тяжелых металлов. Выявлена обратная зависимость между валовым и подвижным количеством тяжелых металлов в миграции по системе: почва–растение–организм.

### Ключевые слова

Тяжелые металлы, Molluska, Limacidae, Арагац, биологическое накопление, миграция.

© 2022 Авторы. Юг России: экология, развитие. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

# Specific features of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Molluska: Limacidae) of the southern slope of the Aragats mountain range

Varuzhan S. Hovhannisyan<sup>1</sup>, Laura D. Arutyunova<sup>1</sup>, Lyudmila S. Mirumyan<sup>1</sup>,  
Madina Z. Magomedova<sup>2</sup>, Patimat D. Magomedova<sup>2</sup> and Tatev E. Poghosyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Scientific Centre of Zoology and Hydroecology, National Academy of Sciences, Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia

<sup>2</sup>Dagestan State University, Makhachkala, Russia

<sup>3</sup>Armenian State Pedagogical University, Yerevan, Republic of Armenia

## Principal contact

Varuzhan S. Hovhannisyan, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Zoology and Hydroecology; 7, P. Sevak St, Yerevan, Republic of Armenia 0014.

Tel. +375091363849

Email [varugh\\_zool52@mail.ru](mailto:varugh_zool52@mail.ru)

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>

## How to cite this article

Hovhannisyan V.S., Arutyunova L.D., Mirumyan L.S., Magomedova M.Z., Magomedova P.D., Poghosyan T.E. Specific features of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Molluska: Limacidae) of the southern slope of the Aragats mountain range. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 2, pp. 37-41. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-2-37-41

Received 7 February 2022

Revised 21 March 2022

Accepted 4 April 2022

## Abstract

**Aim.** The aim of this work is the study of the specifics of accumulation of heavy metals in the body of gastropod mollusks - slugs (Molluska: Limacidae) on the southern slope of the Aragats mountain range, namely, conducting a quantitative analysis of heavy metals in the soil of different points of the Aragats mountain range and in the body of slugs (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*), as well as the principles of biogenic migration of heavy metals according to the soil–plant–animal system (slugs) and determining the role of slugs in this migration in terrestrial ecosystems.

**Material and Methods.** Slugs collected from different points of the southern slope of the Aragats mountain range served as material for this study. The content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) in the body of the mollusks was determined by the Atomic Absorption Spectrophotometry method: AAS extraction & ISO-8288. The features of the biological accumulation of heavy metals in the body of mollusks were also determined.

**Results.** Gastropod mollusks (Molluska: Limacidae) actively accumulate heavy metals (especially Cu, Zn, Ca) in their bodies and play a certain role in their transfer through food chains. Slugs, living in upper soil horizons (mesofauna) and under stones and plant litter, actively respond to the slightest changes in the environment and are perspective objects allowing the detection of deviations in the functioning of soils and the natural complex as a whole.

**Conclusion.** Slugs living in the soil are an important link of the biogenic migration of heavy metals. An inverse relationship was revealed between the total and removable number of heavy metals in migration through the system: soil–plant–organism.

## Key Words

Heavy metals, Molluska, Limacidae, Aragats, biological accumulation, migration.

## ВВЕДЕНИЕ

Южный склон горного массива Арагац граничит с северо-западной частью Араратской равнины и влияет на формирование климата равнины. Из склонов г. Арагац в сторону равнины вытекает множество родниковых ручьев, которые имеют большое значение в системе орошения и водоснабжения населения Араратской равнины. Вертикальные ландшафты горного массива Арагац обеспечивают необходимые условия для развития множества видов растений и животных. Вышесказанное аргументирует важность изучения экологической ситуации и биоразнообразия горного массива [1; 2].

Биогенная миграция тяжелых металлов в почвенной среде происходит с помощью растений и животных: олигохет, насекомых и их личинок, в том числе и слизней (*Limacidae*). Слизни, обитая в верхних горизонтах почв (мезофауна), под камнями и растительным опадом, активно реагируют на малейшие изменения среды и являются перспективными объектами, позволяющими обнаружить отклонения в функционировании почв и природного комплекса в целом [3-5].

Накапливаясь в верхних горизонтах почвы, тяжелые металлы (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo и др.), мигрируя по пищевым цепям: почва–растение–животное, накапливаются в организме животных [5], а отсюда, в качестве токсикантов, могут попасть в организм человека и вызывать у него генетические и другие отклонения [3; 4; 6].

Исследования наземных экосистем по определению роли слизней в биогенной миграции тяжелых металлов, проводились в г. Ванадзор (Лорийская область) [6]. Роль слизней в биогенной

миграции тяжелых металлов южного склона горного массива Арагац изучается впервые.

Целью работы является изучение динамики накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (*Mollusca: Limacidae*) южного склона горного массива Арагац, выявления принципов биогенной миграции тяжелых металлов по системе почва–растение–животное (слизней) и изучение роли слизней в биогенной миграции тяжелых металлов наземных экосистем, а также проведение количественного анализа тяжелых металлов в почве разных пунктов горного массива Арагац и в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Derocheras caucasicum*; *Limax flavus*).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для данного исследования послужили слизни, собранные из разных точек южного склона горного массива Арагац: Каменное озеро (3207 м над у.м.), Амберд (2300 м над у.м.), Бюраканский лес (1600-1750 м над у.м.), Бюракан (1475 м над у.м.), Оргов-Дзорап (1630 м над у.м.), Памятник Армянскому алфавиту (1750), Апаран (1880 м над у.м.) в период 2015-2021 гг. (рис. 1).

Материал в живом виде (свыше 40 проб) был передан в Центр Эколого-ноосферных исследований НАН РА. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Ca, Mo) в организме моллюсков определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии AAS extraction & ISO-8288. Накопление тяжелых металлов (индекс интенсивности биологического накопления) рассчитан по формуле  $кб = \frac{Б}{П}$ , где Б – количество тяжелых металлов в организме, П – количество тяжелых металлов в почве [7].



**Рисунок 1.** Карта южного склона горного массива Арагац:

1 – Каменное озеро, 2 – Амберд, 3 – Бюракан, 4 – Оргов-Дзорап, 5 – Бюраканский лес, 6 – Памятник Армянскому алфавиту, 7 – Апаран

**Figure 1.** Map of the southern slope of the Aragats mountain range:

1 – Stone Lake, 2 – Amberd, 3 – Byurakan, 4 – Orgov-Dzorap, 5 – Byurakan forest, 6 – Monument to the Armenian alphabet, 7 – Aparan

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В исследуемых пунктах южного склона горного массива Арагац, под камнями среднего размера обнаружено три вида слизней – *Limax flavus* (Linnaeus, 1758), *Vitrinoides monticola* (Simroth, 1886) и *Deroceras caucasicum* (Simroth, 1901). Химический анализ слизней показал, что жизнедеятельность слизней проходит под влиянием состава среды.

В статье приведены данные результатов атомно-абсорбционного анализа количества химических элементов (Pb, Cu, Zn, Ca, Mo) в почве (на глубине 20 см), откуда были собраны слизни. Сравнительный анализ показал, что количество тяжелых металлов в организме слизней зависит от их содержания в почве (табл. 1).

**Таблица 1.** Количество тяжелых металлов в организме слизней (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*) и в почве из разных пунктов горного массива Арагац  
**Table 1.** Number of heavy metals in the body of slugs (*Vitrinoides monticola armeniaca*; *Deroceras caucasicum*; *Limax flavus*) and in the soil from different points of the Aragats mountain range

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Ca</b>	<b>Mo</b>
<b>Каменное озеро / Stone lake</b>					
Слизень / Slug	0,670	0,072	0,012	0,0011	0,013
Почва / Soil	20,0	13,4	68,8	57,6	1,58
КБ / Biological accumulation coefficient (BAC)	0,0335	0,0053	1,744	1,909	0,0082
<b>Амберд / Amberd</b>					
Слизень / Slug	0,788	0,078	0,026	0,0015	0,020
Почва / Soil	23,1	11,9	96,6	95,9	0,27
КБ / BAC	0,034	0,065	2,69	1,56	0,074
<b>Бюраканский лес / Byurakan forest</b>					
Слизень / Slug	0,511	0,066	0,010	0,0010	0,014
Почва / Soil	18,5	11,5	68,8	66,8	0,05
КБ / BAC	0,027	0,005	0,001	1,497	0,28
<b>Бюракан / Byurakan</b>					
Слизень / Slug	4,8	5,21	2,58	0,0023	0,029
Почва / Soil	24,8	17,8	87,0	84,3	0,49
КБ / BAC	0,193	0,292	0,029	2,728	0,059
<b>Оргов-Дзорап / Orgov-Dzorap</b>					
Слизень / Slug	0,499	0,048	0,011	0,009	0,012
Почва / Soil	27,7	10,8	55,1	64,7	0,05
КБ / BAC	0,018	0,0044	1,996	1,391	0,24
<b>Памятник Армянскому алфавиту / Monument to the Armenian alphabet</b>					
Слизень / Slug	3,74	4,88	2,1	0,015	0,77
Почва / Soil	29,3	14,8	61,0	77,5	1,12
КБ / BAC	0,127	0,329	0,034	1,935	0,685
<b>Апаран / Aparan</b>					
Слизень / Slug	3,66	5,55	0,012	0,008	0,011
Почва / Soil	25,7	10,2	54,4	66,2	0,05
КБ / BAC	0,142	0,544	2,205	1,208	0,22

В пункте Бюракан максимальное содержание меди в организме слизней составляет 4,8 мг/кг, в почве 24,8 мг/кг, а кб составляет 0,193 мг/кг.

Содержание свинца в организме слизней в пункте Апаран составляет 5,55 мг/кг, в почве 10,2 мг/кг, кб = 0,544, а в пункте Бюракан – 5,21 мг/кг, и 17,8 мг/кг соответственно, кб = 0,292.

Минимальное количество свинца в организме слизней зарегистрировано в материале из пункта Оргов-Дзорап (0,048 мг/кг) и в Бюраканском лесу (0,066 мг/кг), где в почве содержание свинца довольно высокое – 10,8 мг/кг и 11,5 мг/кг соответственно, кб = 0,0044 мг/кг и 0,005 мг/кг.

В пунктах Бюракан максимальное содержание цинка в организме слизней составляет 2,58 мг/кг, в почве – 87,0 мг/кг, кб = 0,029 мг/кг, а в пункте Памятник Армянскому алфавиту – 61,0 мг/кг, 2,1 мг/кг соответственно, кб = 0,034 мг/кг.

Минимальное количество цинка в организме слизней зарегистрировано в материале, собранном из

пунктов Бюраканский лес (0,10 мг/кг) и Оргов-Дзорап (0,011 мг/кг). В Апаране и участке Каменное озеро оно составляет 0,012 мг/кг, а в Амберде – 0,026 мг/кг соответственно, где в почве содержание цинка довольно высокое и в Бюраканском лесу составляет 68,8 мг/кг, в пункте Оргов-Дзорап – 55,1 мг/кг соответственно, а кб составляет 0,001 мг/кг и 1,996 мг/кг.

Максимальное содержание кальция, в организме слизней в пункте Памятник Армянскому алфавиту составляет 0,015 мг/кг, в почве – 77,5 мг/кг, а кб = 1,935 мг/кг.

В пункте Бюраканский лес минимальное содержание кальция в слизнях составляет 0,0010 мг/кг, в почве – 66,8 мг/кг, а кб = 1,497 мг/кг.

В пункте Памятник Армянскому алфавиту Максимальное содержание молибдена в организме слизней составляет 0,77 мг/кг, в почве – 0,05 мг/кг, а кб = 0,685 мг/кг.

Минимальное количество молибдена (0,011 мг/кг) в организме слизней зарегистрировано в материале, собранном из пункта Апаран, где в почве содержание Мо довольно высокое и составляет 0,05 мг/кг, а Кб = 0,22 мг/кг.

По данным таблицы 1, слизи наиболее интенсивно накапливают Си и Рв в средних и нижних пунктах горного массива рядом с населенными пунктами – Апаран, Бюракан и Памятник Армянскому алфавиту, а в высокогорных пунктах Каменное озеро, Амберд и Бюраканский лес, их накопление в организме слизней значительно меньше. Zn, Ca и Mo в организме моллюсков накапливаются с меньшей интенсивностью. Количество Zn сравнительно выше в пунктах Бюракан и Памятник армянскому алфавиту. По-видимому, количество тяжелых металлов в организме слизней связано с их содержанием в звеньях пищевой цепи почва–растение–слизень.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, согласно нашим исследованиям, одним из важных звеньев биогенной миграции тяжелых металлов, по системе почва–растение–животное, являются моллюски, которые накапливают в своем организме тяжелые металлы, приводят их в подвижное состояние, тем самым очищая верхние слои почвы от поллютантов. Выведенные из почвы, тяжелые металлы в дальнейшем по пищевым цепям могут попасть в другие экосистемы.

Процесс накопления металлов в организме моллюсков (Limacidae) происходит с разной интенсивностью; наблюдается обратная зависимость накопления тяжелых металлов в организме и в почве, т.е., чем больше количество металлов в почве, тем меньше их в организме и наоборот.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Марджанян М.А., Мирумьян Л.С., Погосян Т.Э., Оганесян В.С. К энтомофауне южного склона горного массива Арагац // Материалы юбилейной XX международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и юга России», Махачкала, 6-8 ноября, 2018. С. 451-454.
2. Оганесян В.С., Мирумьян Л.С., Арутюнова Л.Дж. Вредители бюраканского леса // Материалы Всероссийского Форума с международным участием, Махачкала, 24-27 сентября, 2015. С. 338-341.
3. Покоржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. Москва: Наука, 1985. 300 с.

### КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Авторы в равной степени участвовали в сборе и обработке материалов, анализе данных и их оформлении. Авторы несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

4. Барсов В.А., Пилипенко А.Ф., Жуков А.В., Кульбачко Ю.Л. Сезонные, годовые и вызванные антропогенные факторы изменения структуры популяций почвенных и наземных беспозвоночных животных в некоторых биогенноценозах центрального степного Приднестровья // Вестник Днепропетровского университета. 1996. Вып. 2. С. 177-184.
5. Бутковский Р.О. Тяжелые металлы и энтомофауна // Агрохимия. 1984. N 5. С. 14-18.
6. Хачатрян К.С., Оганесян В.С., Арутюнова Л.Дж. Динамика накопления тяжелых металлов в организме моллюсков (Molluska: Limacidae) в г. Ванадзор // Биологический журнал Армении. 2011. Т. 3. N 63. С. 42-46.
7. Հովհաննիսյան Վ.Ս., Խաչատրյան Վ.Ս., Խաչատրյան Լ.Դ., Միրումյան Լ.Ս. Անողնաշարները որպես միջավայրի էկոտոկոլոգիական իրավիճակի գնահատման բիոինդիկատորներ // Հայաստանի կենսաբանական հանդես. 2012. Т. 64. N 4. С. 6-10.

### REFERENCES

1. Marjanyan M.A., Mirumyan L.S., Poghosyan T.E., Hovhannisyanyan V.S. K entomofaune yuzhnogo sklona gornogo massiva Aragats [To the southern slope of the Aragats mountain range] *Materialy yubileinoi XX mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Biologicheskoye raznoobrazie Kavkaza i yuga Rossii», Makhachkala, 6-8 noyabrya 2018* [Proceedings of the XX Anniversary International Scientific Conference “Biological Diversity of the Caucasus and the South of Russia”, Makhachkala, 6-8 November 2018]. Makhachkala, 2018, pp. 451-454. (In Russian)
2. Hovhannisyanyan V.S., Mirumyan L.S., Arutyunova L.J. Vrediteli byurakanskogo lesa [Pests of the Byurakan forest]. *Materialy vserossiyskogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem, Makhachkala, 24-27 sentyabrya 2015* [Proceedings of the All-Russian Forum with international participation, Makhachkala, 24-27 September 2015]. Makhachkala, 2015, pp. 338-341. (In Russian)
3. Pokorzhevskiy A.D. *Geokhimicheskaya ekologiya nezemnykh zhivotnykh* [Geochemical ecology of terrestrial animals]. Moscow, Nauka Publ., 1985, 300 p. (In Russian)
4. Barsov V.A., Piliipenko A.F., Zhukov A.V., Kul'bachko Yu.L. Seasonal, Annual and Anthropogenic Generated Factors of Changes in the Structure of Populations of Soil and Terrestrial Invertebrates in Some Biogenocenososes of the Central Steppe of the Pridneprovie. *Vestnik Dnepropetrovskogo universiteta* [Bulletin of the Dnepropetrovsk University]. 1996, no. 2, pp. 177-184. (In Russian)
5. Butovskiy R.O. Heavy Metals and Entomofauna. *Agrokhimia* [Agrochemistry]. 1984, no. 5, pp. 14-18. (In Russian)
6. Khachatryan K.S., Hovhannisyanyan V.S., Arutyunova L.Dzh. Dynamics of accumulation of heavy metals in the body of mollusks (Molluska: Limacidae) in Vanadzor. *Biologicheskij zhurnal Armenii* [Biological Journal of Armenia]. 2011, vol. 3, no. 63, pp. 42-46. (In Russian)
7. Hovhannisyanyan V.S., Khachatryan K.S., Khachatryan H.G., Mirumyan L.S. Invertebrates as bioindicators for assessing the ecotoxicological status of the environment. *Hayastani kensabanakan handes* [Biological Journal of Armenia]. 2012, vol. 64, no. 4, pp. 6-10. (In Armenian)

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors actively participated in the collection and treatment of materials, data analysis and in the drafting of the manuscript. All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

### NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

### ORCID

Варужан С. Оганесян / Varuzhan S. Hovhannisyanyan <http://orcid.org/0000-0002-1029-8379>  
 Лаура Д. Арутюнова / Laura D. Arutyunova <http://orcid.org/0000-0001-7814-6577>  
 Людмила С. Мирумьян / Lyudmila S. Mirumyan <http://orcid.org/0000-0003-2821-9795>  
 Мадина З. Магомедова / Madina Z. Magomedova <http://orcid.org/0000-0001-8425-1664>  
 Патимат Д. Магомедова / Patimat D. Magomedova <http://orcid.org/0000-0001-6072-1094>  
 Татев Э. Погосян / Tatev E. Poghosyan <http://orcid.org/0000-0002-3640-9508>