

УДК 504.3.054  
AGRIS P01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/67/08>

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ ГЕЙГЕЛЬСКОГО, ДАШКЕСАНСКОГО И ГЕДАБЕКСКОГО РАЙОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

©*Нугуева Ш. С.*, Азербайджанский государственный аграрный университет,  
г. Гянджа, Азербайджан

©*Маммадов Э. А.*, д-р хим. наук, Гянджинское отделение НАН Азербайджана,  
г. Гянджа, Азербайджан

## RESEARCH OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE ATMOSPHERIC PRECIPITATION OF THE GEYGEL, DASHKESAN AND GEDABEK DISTRICTS OF AZERBAIJAN

©*Nuguyeva Sh.*, Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan  
©*Mammadov E.*, Dr. habil., Ganja branch of the Azerbaijan NAS, Ganja, Azerbaijan

*Аннотация.* Возрастающее содержание тяжелых металлов в почве и атмосферном воздухе может привести к серьезным последствиям для человека. Для определения тяжелых металлов в атмосферных осадках был использован метод биомониторинга мхов. Внедрение методики мохобиомониторинга учеными Объединенного института ядерных исследований (Дубна, Россия) было начато в Азербайджане в 2015 г. Всего были определены концентрации содержания 44 элементов. Определение проводилось с помощью инструментального эпитеpmального нейтронно-активационного анализа и атомно-абсорбционной спектроскопии в 85 образцах мха. В качестве объекта исследования в работе использовался мох вида *Pleurosium schreberi*. На основании результатов анализа выявлялись наиболее загрязненные участки.

*Abstract.* The increasing content of heavy metals in soil and atmospheric air can lead to serious consequences in the final link of which a person is. To determine heavy metals in atmospheric deposition, the method of biomonitoring of mosses was used. Joint Institute for Nuclear Research scientists started the implementation of the mosses biomonitoring methodology in Azerbaijan 2015. In total, the concentration was determined for 44 elements. Determinations were performed using instrumental analysis of Epithermal Neutron Activation and Atomic Absorption Spectroscopy in 85 moss samples. The species of moss used in the work was *Pleurosium schreberi*. Based on the analysis results, the most contaminated areas are identified.

*Ключевые слова:* биомониторинг, биоиндикаторы, радионуклиды, мох, тяжелые металлы.

*Keywords:* biomonitoring, bioindicators, radionuclides, moss, heavy metals.

Азербайджан находится на границе между Европой и Азией, несколько районов Азербайджана относятся к восточной Европе. Половина территории Азербайджана занята горами. Площадь составляет 86,6 тыс кв. км<sup>2</sup>. Крайние точки: северная (3648 м, 41°54' с. ш.)

южная ( $38^{\circ}25'$  с. ш.) восточная ( $50^{\circ}49'$  в. д.), западная ( $44^{\circ}46'$  в. д.). В Азербайджане наблюдаются 9 из 11 типов климата. Средняя температура зимой  $+5$  в высокогорных, до  $32-35$  °С в низменных районах (иногда до  $40$  °С).

Азербайджан — индустриально аграрная страна с развитой промышленностью и многоотраслевым сельским хозяйством, Важнейшее место в хозяйстве Азербайджана занимает нефтегазодобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая (минеральные удобрения, синтетический каучук и др.), машиностроительная, горнорудная промышленность, цветная металлургия, пищевая и легкая промышленность. Сельское хозяйство: виноградарство, табаководство, овощеводство.

В условиях активной человеческой деятельности загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является особо важной проблемой в мире. Эта проблема сложна и многопланова. Сложность этой проблемы заключается в том, что в природе для тяжелых металлов не существуют надежные механизмы самоочищения. Тяжелые металлы мигрируют из одной природной среды в другую, тем самым оказывают негативное воздействие на живые организмы. Особенная опасность тяжелых металлов обуславливается их устойчивостью в природной среде [1–2]. И согласно проведенным исследованиям и прогнозам они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций. Основными источниками загрязнения являются транспорт и промышленные предприятия. Существуют различные источники загрязнения атмосферного воздуха антропогенного характера. Вместе с тем, экспериментальные исследования показывают различную биологическую активность соединений одного и того же элемента. С целью изучения воздействия загрязнения воздуха на растения в 1980 г. была основана международная программа для оценки повреждений растительности загрязнением воздуха. В настоящее время по этой программе работают ученые более чем 40 стран [3–5]. Координация программы осуществляется центром экологии и гидрологии в Великобритании.

С 2014 г. сборы образцов мхов координирует объединенный институт ядерных исследований в Дубне, Россия. Эта программа входит в деятельность группы по конвенции о трансграничном загрязнении воздуха. Программа является одной из нескольких международных программ осуществляющих исследование воздействия загрязнения воды, воздуха, здоровья людей. И на этой основе составление карт загрязнения. Это международное сотрудничество поддерживается конвенцией о трансграничном воздушном загрязнении [6–10].

Увеличение содержания тяжелых металлов в воздухе, почве, воде приводит к замедлению роста растений и повышению концентрации тяжелых металлов в пище что в конечном счете оказывает негативное влияние на здоровье людей.

#### *Методика и материалы*

Для определения тяжелых металлов в атмосферных осадках существует простая и недорогая методика в сравнении с другими методами анализа. Мхи являются хорошими биомониторами атмосферных выпадений тяжелых металлов. С 1990 г. этот метод используется по всей Европе. Основным преимуществом этого метода является то обстоятельство, что мхи накапливают тяжелые металлы в концентрациях, намного превышающих в воздухе и воде. Сбор образцов мха прост.

Для анализа были собраны 85 образцов мхов в Гейгельском, Дашкесанском и Гадабекском районах Азербайджана. В основном были собраны мхи вида *Pleurosium schreberi* отбор проб проводился следующим образом: образцы были собраны в августе-

сентябре (обычно следует проводить пробоотбор с апреля по октябрь).

Пробы были собраны не менее чем в 300 м от основных дорог, деревень и промышленных предприятий, и минимум 100 м от местных дорог и домов на расстоянии не менее 3 м от ближайших деревьев, чтобы уменьшить влияние леса. Отбор проб и обработка образцов проводился с использованием полиэтиленовых перчаток и собранный материал хранили в бумажных пакетах.

В лаборатории образцы были тщательно очищены от игл, листьев и частицы почвы, после того они были высушены на воздухе до постоянного веса при 30–40 °С в течение 48 ч. Образцы не были ни промыты, ни гомогенизированы. Для кратковременного облучения образцы около 300 мг гранулировали в простых пресс-формах.

Следует отметить, что концентрация тяжелых металлов в *P. schreberi* не изменятся от сезона к сезону. Данное правило может не распространяться на другие виды мхов. Для каждой точки пробоотбора указывались координаты. С каждой точки пробоотбора были собраны 2–6 образцов мхов.

Для определения металлов применялся комплекс аналитических методов с использованием самых современных систем. Исследования проводились с помощью нейтронно-активационного метода на реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ.

#### Обсуждение результатов

Загрязнение атмосферного воздуха тяжелыми металлами и радионуклидами является одной из важнейших проблем современности. С каждым днем создают большую нагрузку на экосистему и тем самым представляют большую опасность для живых существ. С этой целью в 2015 г. в Азербайджане были начаты исследования по изучению содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках [9].

В различных точках Гейгельском, Дашкесанском и Гедабекском районах были собраны 85 образцов мхов (*P. schreberi*). На фотографиях показаны образцы мхов и карты их отбора (Рисунки 1–2).

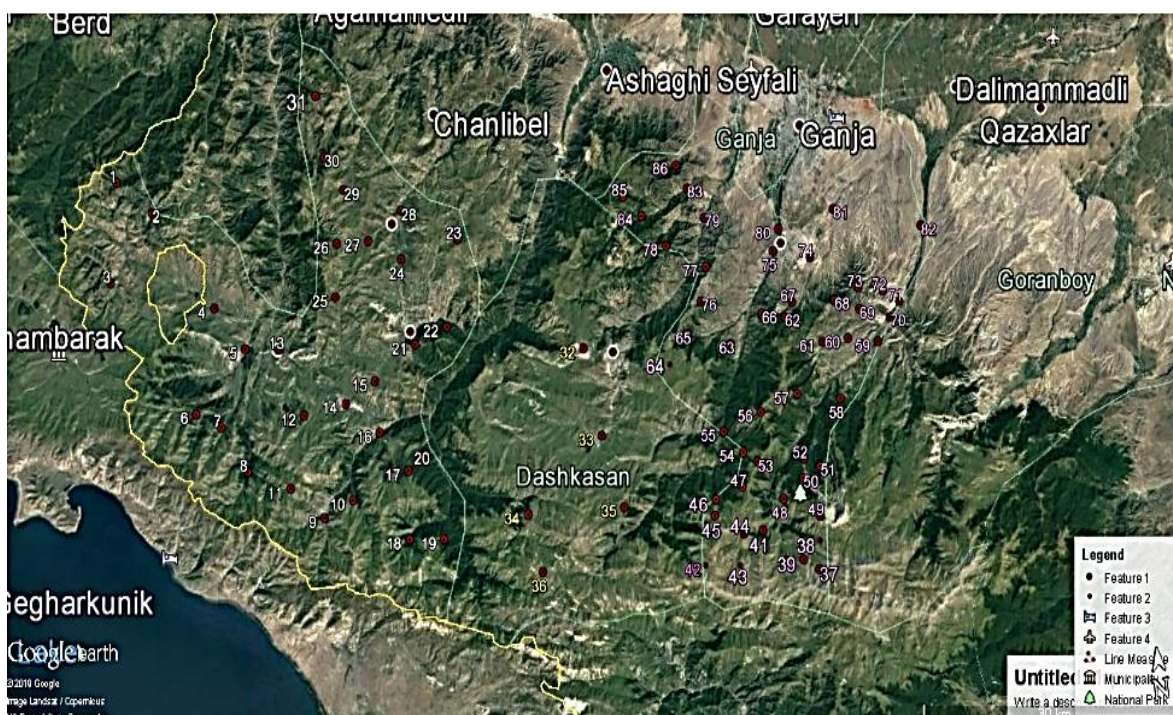


Рисунок 1. Карты пробоотборов мхов



Рисунок 2. Образцы мхов

Были определены концентрации содержания 44 элементов (Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, In, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Tm, Yb, Hf, Ta, W, Au, Th, U).

Концентрации элементов Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, In, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Tm, Yb, Hf, Ta, W, Au, Th, U. Зависимости концентраций элементов в некоторых образцах представлены на Рисунке 3.

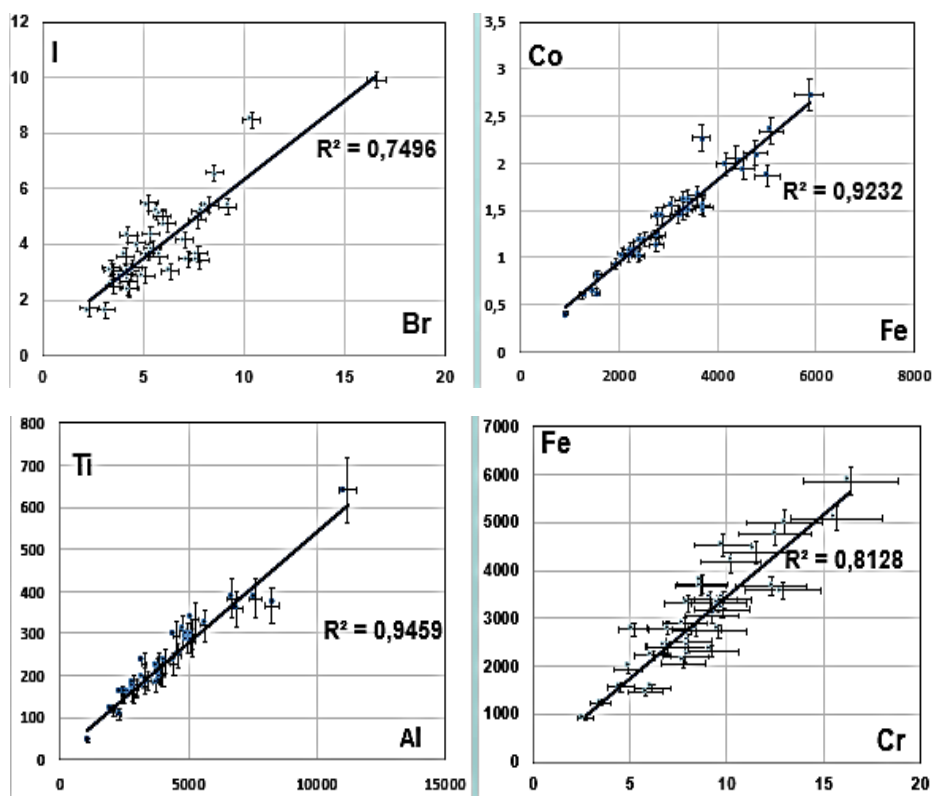


Рисунок 3. Зависимости концентраций элементов в некоторых образцах

Вместе с соответствующими результатами аналитических исследований представлены сравнительные данные по Грузии [11–12], а также незагрязненных территорий для северной Норвегии [13]. Сравнение концентраций мха Азербайджан–Норвегия показало повышенные значения для большинства тяжелых металлов (Mg, Al, V, Fe, As, Mo, Cd, La и U) в исследованных образцах, что связано с состоянием промышленного производства.

Можно предположить, что основными потенциальными источниками загрязнения атмосферного воздуха от промышленного сектора этих районов являются комбинат по добыче железной руды, алюминия, кобальта и мрамора, цветной металлургии (плавка цветных металлов), производство металлоконструкций и метизов для строительной промышленности и т. д.

### *Заключение*

Многосторонний статистический анализ полученных аналитических результатов позволит выявить основные источники загрязнения и оценить роль переноса загрязнителей на большие расстояния. Учитывая важность и актуальность этой работы, планируется изучение атмосферного осаждения тяжелых металлов и радионуклидов посредством биомониторинга мхов на большей части территории Азербайджана (около 60% территории, покрыты мхами).

Новые данные внесут большой вклад в научные исследования окружающей среды страны и послужат обогащением научной методологии биомониторинга с использованием мхов в субтропической зоне (из 11 м возможных типов климата — 9).

Благодаря этим исследованиям Азербайджан намерен стать участником Программы ООН по загрязнению воздуха в Европе в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (CLRTAP).

Проведенное предварительное исследование показывает, что моховой биомониторинг атмосферного осаждения тяжелых металлов является эффективным методом изучения экологической ситуации в горных районах Азербайджана, характеризующихся горно-металлургическими предприятиями. Опыт этого исследования может быть успешно использован в других регионах Азербайджана.

### *Список литературы:*

1. Голдовская Л. Ф. Химия окружающей среды. М.: Мир, 2005. 296 с.
2. Богдановский Г. А. Химическая экология. М.: Изд-во МГУ, 1994. 236 с.
3. Thöni L., Schnyder N., Krieg F. Comparison of metal concentrations in three species of mosses and metal freights in bulk precipitations // *Fresenius' journal of analytical chemistry*. 1996. V. 354. №5. P. 703-708. <https://doi.org/10.1007/s0021663540703>
4. Schröder W., Pesch R., Hertel A., Schonrock S., Harmens H., Mills G., Ilyin I. Correlation between atmospheric deposition of Cd, Hg and Pb and their concentrations in mosses specified for ecological land classes covering Europe // *Atmospheric Pollution Research*. 2013. V. 4. №3. P. 267-274. <https://doi.org/10.5094/APR.2013.029>
5. Frontasyeva M., Steinnes E. Marine gradients of halogens in moss studies by epithermal neutron activation analysis // *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2004. V. 261. №1. P. 101-106. <https://doi.org/10.1023/b:jrnrc.0000030941.78117.77>
6. Kluge M., Pesch R., Schröder W., Hoffmann A. Accounting for canopy drip effects of spatiotemporal trends of the concentrations of N in mosses, atmospheric N depositions and critical

load exceedances: a case study from North-Western Germany // *Environmental Sciences Europe*. 2013. V. 25. №1. P. 1-13. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-25-26>

7. Harmens H., Norris D. A., Cooper D. M., Mills G., Steinnes E., Kubin E., ... Zechmeister H. G. Nitrogen concentrations in mosses indicate the spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition in Europe // *Environmental pollution*. 2011. V. 159. №10. P. 2852-2860. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.04.041>

8. Faye B., Seboussi R., Askar M. Trace Elements and Heavy Metals Status in Arabian Camel // *NATO Science for Peace and Security Series*. P. 97-106. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8359-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8359-4_10)

9. Madadzada A. I., Badawy W. M., Hajiyeva S. R., Veliyeva Z. T., Hajiyev O. B., Shvetsova M. S., Frontasyeva M. V. Assessment of atmospheric deposition of major and trace elements using neutron activation analysis and GIS technology: Baku-Azerbaijan // *Microchemical Journal*. 2019. V. 147. P. 605-614. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.03.061>

10. Steinnes E., Berg T., Uggerud H. T. Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples // *Science of the Total Environment*. 2011. V. 412. P. 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.086>

11. Shetekauri S., Chaligava O., Shetekauri T., Kvlividze A., Kalabegishvili T., Kirkesali E., Tselmovich V. A. Biomonitoring Air Pollution Using Moss in Georgia // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2018. V. 27. №5. P. 2259-2266 <https://doi.org/10.15244/pjoes/73798>

12. Frontasyeva M. V., Pavlov S. S., Tselmovich V. A., Steinnes E. Cosmic Dust Studied by the Moss Analysis // *The Ninth Moscow Solar System Symposium 9M-S3*. 2018. P. 153-153.

13. Steinnes E. et al. Atmospheric deposition of trace elements in Norway: temporal and spatial trends studied by moss analysis // *Water, Air, and Soil Pollution*. 1994. V. 74. №1. P. 121-140. <https://doi.org/10.1007/BF01257151>

#### References:

1. Goldovskaya, L. F. (2005). *Khimiya okruzhayushchei sredy*. Moscow. (in Russian).
2. Bogdanovskii, G. A. (1994). *Khimicheskaya ekologiya*. Moscow. (in Russian).
3. Thöni, L., Schnyder, N., & Krieg, F. (1996). Comparison of metal concentrations in three species of mosses and metal freights in bulk precipitations. *Fresenius' journal of analytical chemistry*, 354(5), 703-708. <https://doi.org/10.1007/s0021663540703>
4. Schröder, W., Pesch, R., Hertel, A., Schonrock, S., Harmens, H., Mills, G., & Ilyin, I. (2013). Correlation between atmospheric deposition of Cd, Hg and Pb and their concentrations in mosses specified for ecological land classes covering Europe. *Atmospheric Pollution Research*, 4(3), 267-274. <https://doi.org/10.5094/APR.2013.029>
5. Frontasyeva, M., & Steinnes, E. (2004). Marine gradients of halogens in moss studies by epithermal neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 261(1), 101-106. <https://doi.org/10.1023/b:jrnrc.0000030941.78117.77>
6. Kluge, M., Pesch, R., Schröder, W., & Hoffmann, A. (2013). Accounting for canopy drip effects of spatiotemporal trends of the concentrations of N in mosses, atmospheric N depositions and critical load exceedances: a case study from North-Western Germany. *Environmental Sciences Europe*, 25(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-25-26>
7. Harmens, H., Norris, D. A., Cooper, D. M., Mills, G., Steinnes, E., Kubin, E., ... & Zechmeister, H. G. (2011). Nitrogen concentrations in mosses indicate the spatial distribution of atmospheric nitrogen deposition in Europe. *Environmental pollution*, 159(10), 2852-2860. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.04.041>

8. Faye, B., Seboussi, R., & Askar, M. (n. d.). Trace Elements and Heavy Metals Status in Arabian Camel. *NATO Science for Peace and Security Series*, 97-106. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8359-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8359-4_10)

9. Madadzada, A. I., Badawy, W. M., Hajiyeva, S. R., Veliyeva, Z. T., Hajiyev, O. B., Shvetsova, M. S., & Frontasyeva, M. V. (2019). Assessment of atmospheric deposition of major and trace elements using neutron activation analysis and GIS technology: Baku-Azerbaijan. *Microchemical Journal*, 147, 605-614. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.03.061>

10. Steinnes, E., Berg, T., & Uggerud, H. T. (2011). Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Science of the Total Environment*, 412, 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.086>

11. Shetekauri, S., Chaligava, O., Shetekauri, T., Kvlividze, A., Kalabegishvili, T., Kirkesali, E., ... Tselmovich, V. (2018). Biomonitoring Air Pollution Using Moss in Georgia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5), 2259-2266. <https://doi.org/10.15244/pjoes/73798>

12. Frontasyeva, M. V., Pavlov, S. S., Tselmovich, V. A., & Steinnes, E. (2018). Cosmic Dust Studied by the Moss Analysis. *The Ninth Moscow Solar System Symposium 9M-S3*, 153-153.

13. Steinnes, E., Hanssen, J. E., Rambæk, J. P., & Vogt, N. B. (1994). Atmospheric deposition of trace elements in Norway: temporal and spatial trends studied by moss analysis. *Water, Air, and Soil Pollution*, 74(1), 121-140. <https://doi.org/10.1007/BF01257151>

Работа поступила  
в редакцию 17.05.2021 г.

Принята к публикации  
22.05.2021 г.

Ссылка для цитирования:

Нугуева Ш. С., Маммадов Э. А. Исследование содержания тяжелых металлов в атмосферных осадках Гейгельского, Дашкесанского и Гедабекского районов Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №6. С. 60-66. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/67/08>

Cite as (APA):

Nuguyeva, Sh., & Mammadov, E. (2021). Research of the Content of Heavy Metals in the Atmospheric Precipitation of the Geygel, Dashkesan and Gedabek Districts of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*, 7(6), 60-66. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/67/08>