



УДК: 581.9(471.9)

**Холмурод ЖАЛОВ,**

*доцент кафедры ботаники Самаркандского государственного университета*

**Фаррух АБДИРАСУЛОВ,**

*заведующий научной лабораторией «Молекулярная биотехнология и гербарий- ботанические исследования» Самаркандского государственного университета*

*E-mail: farrukhabdirasulov@mail.ru*

**Марат НАГМЕТУЛЛАЕВ,**

*Переподаватель Каракалпакского государственного университета*

**Меҳрубон ХУРРАМОВА,**

*преподаватель Узбекско-финского педагогического института*

**Малика ШАВКАТЖОНОВА,**

*магистрантка Самаркандского государственного университета*

*Рецензент: Доцент Ш.Шерназаров*

### BIOMONITORING OF HEAVY METALS AND MICROELEMENTS IN THE MIDDLE STREAM OF THE ZARAFSHAN RIVER BASIN

Annotation

Data on the atmospheric fallout of heavy metals (HMs) and microelements based on the simultaneous collection and analysis of mosses make it possible to estimate spatial and temporal trends in HM fallouts, as well as to identify areas with a high level of atmospheric fallout as a result of transboundary transport. The concentration of HMs and trace elements in mosses correlates well with their content in atmospheric fallout. The transition to the absolute values of HM in the air is carried out using calibration dependences.

**Key words:** biomonitoring, mosses, heavy metals, trace elements, transboundary transport, anthropogenic pollution.

### БИОМОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАРАФШАН

Аннотация

Данные об атмосферных выпадениях тяжелых металлов (ТМ) и микроэлементов на основе одномоментного сбора и анализа мхов позволяют оценивать про странственные и временные тренды в выпадениях ТМ, а также идентифицировать области с высоким уровнем атмосферных выпадений в результате трансграничного переноса. Концентрация ТМ и микроэлементов во мхах хорошо коррелирует с содержанием их в атмосферных выпадениях. Переход к абсолютным значениям ТМ в воздухе осуществляется с помощью градуировочных зависимостей.

**Ключевые слова:** биомониторинг, мхи, тяжелые металлы, микроэлементы, трансграничный перенос, антропогенное загрязнение.

### ZARAFSHON DARYO HAVZASI O'RTA OQIMIDA OG'IR METALLAR VA MIKROELEMENTLARNI BIOMONITORINGI

Аннотация

Yo'sinlarni tabiatdan gerbariy yig'ish va tahlil qilish asosida atmosferadagi og'ir metallar va mikroelementlarning havo tarkibidagi miqdori to'g'risidagi ma'lumotlar fazoviy va vaqtinchalik tendentsiyalarini baholashga, shuningdek, buning natijasida atmosferada ifloslanish darajasi yuqori bo'lgan sanoatlashgan hududlarni aniqlashga imkon beradi. Yo'sinlarni og'ir metallar va mikroelementlarning kontsentratsiyasi ularning atmosfera cho'kmasidagi tarkibi bilan yaxshi bog'liq. Havodagi og'ir metallarning mutlaq qiymatlarini yo'sinlar yordamida biomonitoringi amalga oshiriladi.

**Kalit so'zlar:** biomonitoring, yo'sinlar, og'ir metallar, mikroelementlar, sanoatlashgan hududlar, antropogen ifloslanish.

**Введение.** Одним из важнейших аспектов в решении задач охраны окружающей среды является контроль качества атмосферного воздуха. Атмосферный воздух принадлежит к числу основных жизненно важных компонентов. Чистота воздушного бассейна - существенный фактор сохранения экологического баланса и здоровья населения.

Развитие человеческого общества вместе с увеличивающимся ростом его потребностей неизбежно связано с интенсивным антропогенным воздействием на все природные среды. Важным аспектом в решении задач охраны окружающей среды, сохранения здоровья человека и устойчивого развития является контроль качества атмосферного воздуха [3].

Среди многочисленных веществ, поступающих в атмосферу в результате хозяйственной деятельности человека, особое внимание уделяется тяжелым металлам как особо опасным токсикантам. Участие их в необратимых геохимических и биохимических процессах приводит к нарушению экологического баланса и, как следствие, вызывает серьезные заболевания у человека.

Уровень загрязнения атмосферы тяжелыми металлами заметно возрос в последние десятилетия. Так как тяжелые металлы способны переноситься вместе с воздушными массами на большие расстояния от источника и, осажаясь, накапливаться в окружающей среде, то негативные последствия от них могут проявляться не сразу, а с течением

времени. Поэтому необходим регулярный контроль над состоянием атмосферного воздуха на предмет содержания тяжелых металлов и других токсичных элементов для оценки существующего загрязнения, как на текущий момент времени, так и с перспективой прогнозирования ситуации в будущем. Для этой цели наиболее подходит система мониторинга, основанная на использовании биологических объектов в качестве индикаторов состояния воздушной среды.

В большинстве европейских стран потребность в изучении последствий воздействия тяжелых металлов на окружающую среду и здоровье населения привело к созданию национальных и международных программ по биомониторингу воздушных загрязнений на основе сбора и элементного анализа мхов [2].

Устойчивое развитие - концепция развития человечества, принцип которой - "удовлетворение потребностей настоящего без создания угрозы удовлетворению потребностей будущих поколений" [4].

**Материалы и методы исследования.** Впервые для определения наличия в атмосферном воздухе тяжелых металлов на изучаемой территории мы применили методику использования мхов в качестве биоиндикаторов качества окружающей среды. Биоиндикация это оценка качества среды обитания и её отдельных характеристик по состоянию в природных условиях, или, иначе говоря, использование особо чувствительных организмов для обнаружения загрязнителей или других агентов в окружающей среде.

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) были определены концентрации 7 элементов, содержащихся во мхах.

Применение графической интерпретации данных и факторного анализа позволили выделить растительный, почвенный и антропогенный компонент в мхах.

В период исследований изучена возможность использования зеленых листостебельных мхов в качестве биоиндикаторов при контроле состояния природной среды и оперативной оценки происходящих изменений при аэрогенном загрязнении. Экспериментально установлена их способность реагировать на выбросы химических заводов и при других загрязнениях атмосферного воздуха.

Широкое распространение, морфологические и физиологические свойства мхов, их способность переносить неблагоприятные условия среды, и высокая чувствительность к экотоксикантам позволяют использовать эти растения в качестве биоиндикаторов. Мох «принимает» все микропримеси в основном из атмосферы, удерживая и накапливая их в течение всего времени жизни. Несмотря на то, что за 3–5 лет зеленая (фотосинтезирующая) часть мха полностью обновляется, сам мох живет намного дольше [5, 6, 7, 8]. Мхи не имеют корневой системы (посредством ризоидов в их организм поступает только часть минеральных веществ), и, следовательно, атмосферные выпадения для структуры химического состава имеет решающее значение. Применяя современные методы химического анализа можно установить элементный состав атмосферных выпадений в месте сбора и определить количественную концентрацию того или иного химического вещества, накопленного мхом за определенный период времени. Использование мхов в качестве биоиндикаторов атмосферного загрязнения имеет существенные преимущества перед традиционными методами, поскольку сбор образцов несложен, не требует дорогостоящей аппаратуры как для отбора проб воздуха и осадков; процесс сбора, транспортировка и хранение мха менее трудоемок.

Настоящее исследование нацелено на изучение особенностей регионального распределения атмосферных выпадений тяжелых металлов в Калининградской области с использованием мхов-индикаторов *Pleurozium schreberi* и *Orthotrichum anomalum* [1].

**Результаты и их обсуждение.** В результате исследований в пределах 5 пробных площадок было выявлено 9 видов листостебельных печеночных мхов. Сравнительный анализ полученных данных с аналогичными материалами по широколиственным лесам того же типа, расположенных в экологически чистых регионах Самаркандской области, показал, что бриофлора обследованных в Самаркандской области, площадок имеет более бедный флористический состав, что выражается в отсутствии ряда видов (например, представителей рода *Orthotrichum*), редкой встречаемости базофильных видов, чувствительных к выпадению кислотных дождей (*Dicranum elongatum*, *Tortula muralis*, *Pohlia nutans*, *Funaria hygrometrica*).

В результате исследования была выявлена группа видов, устойчивых к атмосферному и почвенному загрязнению (*Pleurozium schreberi*, *Distichium montanum*, *Orthotrichum anomalum*, *Dicranum elongatum*, *Tortula laevipila*). Эти виды можно рекомендовать для биомониторинга.

Установлено, что содержание тяжелых металлов в зеленых напочвенных мхах тесно связано с содержанием этих элементов в верхнем слое почвы. По сравнению с эпифитами, напочвенные виды менее пригодны для оценки содержания тяжелых металлов в атмосфере.

Мхи способны извлекать ионы различных элементов прямо из атмосферы, если этих элементов нет в субстрате. Это связано с тем, что мохообразные лишены покровных тканей и влагу впитывают всей поверхностью тела, которая очень велика по отношению к объему. Поэтому, мхи служат великолепными индикаторами наличия или отсутствия различных элементов в атмосфере или субстрате. Наиболее перспективным является их использование в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, такими как Cd, Co, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb.

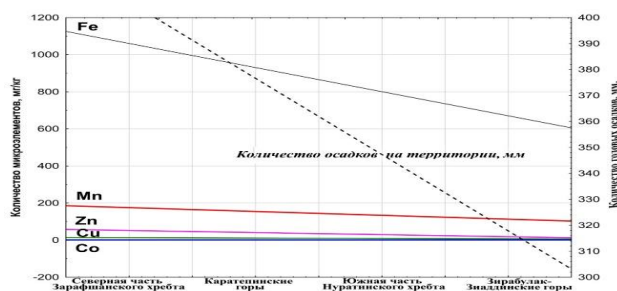
Различные виды мохообразных поглощают тяжелые металлы с различной интенсивностью. Существует обширная литература, отражающая аккумулятивные способности. В качестве индикаторов тяжелых металлов используют эпифитные бриофиты *Cratoneuron commutatum*, *Distichium montanum*, *Orthotrichum anomalum*.

Выявлена группа видов, устойчивых к атмосферному и почвенному загрязнению, которую рекомендовано использовать для биомониторинга.

Как показывают полученные данные, определение химического состава растений разных таксономических групп является достаточно чувствительным и надежным методом обнаружения даже слабого техногенного загрязнения. Результаты проведенного исследования аккумуляции элементов-загрязнителей в различных компонентах горных и лесных экосистем среднего течения бассейна реки Зарафшан могут быть положены в основу картирования загрязненных территорий при экологическом мониторинге, а также использованы для разработки экологических нормативов техногенного загрязнения.

Высокое содержание в растениях, по отношению к другим изучаемым участкам, марганца в Аманкунтансае подтверждает наши предположения о возможностях использования мхов как биоиндикаторов качества окружающей среды, известно, что здесь находится неразрабатываемое месторождение этого элемента.

В результате химического анализа получены данные о содержании микроэлементов в мхах за период с 2017 по 2021 г.

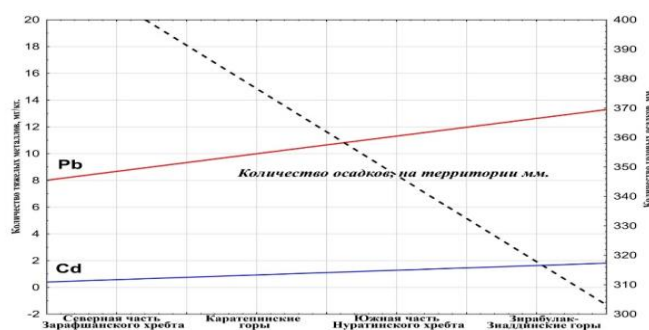


**Рис. 1. Изменение количества микроэлементов (мг/кг) в составе мхов по отношению к количеству осадков**

При сравнении накопления микроэлементов мхами учитывались условия увлажнения территории. Количество осадков в изучаемый период существенно различалось. Например, годовая сумма выпавших атмосферных осадков в 2017 г. на территории Самаркандской области составила 300-350 мм (70-75 % от нормы), что характеризует год как аномально сухой. В 2018, 2014 гг. годовое количество выпавших осадков было близко к среднееголетним значениям (650-800 мм).

Сравнительное изучение накопления микроэлементов у мхов осуществлены на влажных условиях региона. Количество осадков в изучаемый период существенно различалось (Рис.1).

В результате сопряженного анализа выявлены закономерности в накоплении микроэлементов мхами в зависимости от количества выпавших осадков. Динамика содержания микроэлементов в мхах за 3 года с 2017 по 2017 г. очевидна для ряда элементов, таких, как железо (увеличение почти в 2 раза) и свинец (увеличение в 2 раза) (Рис. 2).



**Рис. 2. Изменение количества некоторых тяжелых металлов (Cd, Pb) в составе мхов по отношению к количеству осадков**

Повышение уровня свинца в 2017 г. по сравнению с 2021 г. и понижение содержания кадмия в том же году обусловлено, вероятно, метеорологическими условиями, точнее количеством осадков. В сухой 2018 г. наибольшее значение приобрели локальные источники загрязнения территории свинцом, малое количество осадков не способствовало выщелачиванию свинца из растительных остатков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анаян А.С., Королева Ю.В., Алексеёнок Ю.В. Биомониторинг тяжелых металлов на территории Калининградской области //Международный научно-исследовательский журнал. № 12 (102). Часть 2. Декабрь. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.102.12.038>
2. Давыдова С.Д., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты 21 века. Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
3. Ермакова Е. В., Фронтасьева М. В., Стейннес Э. Изучение атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов на территории Тульской области с помощью метода мхов-биомониторов // Направлено в журнал «Экология». Объединенный институт ядерных исследований Дубна-2002. 1-19 ст.
4. Королева Ю.В. Биондикация атмосферных выпадений тяжелых металлов в Калининградской области (по мхам): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2004.
5. Королева Ю.В. Новые данные о биоконцентрировании тяжелых металлов на территории Балтийского региона / Ю.В. Королева, И.А. Пухлова //Вестник Российского государственного университета им. И Канта: Сер. Естественные науки. – 2012.- №1- С. 99-107.
6. Королева, Ю.В. Загрязнение атмосферного воздуха в Калининградской области / Ю.В. Королева, Е.В. Краснов // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2002. – № 5-6. – С. 144–146.
7. Barandovski L. Atmospheric deposition of trace element pollutants in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique /L. Barandovski, M. Cekova, M. V. Frontasyeva, S. S. Pavlov, T. Stafilov, E. Steinnes, V. Urumov //Environmental Monitoring and Assessment. – 2008. - № 38. – P. 107-118.
8. Popoola L.T. Assessment of atmospheric particulate matter and heavy metals: a critical review /L. T. Popoola, S. A. Adebajo, B. K. Adeoye //International Journal of Environmental Science and Technology.- 2018. - Vol. 15, Iss. 5. – P. 935–948.