

## Физико-химический анализ трансплантированных лишайников как инструмент мониторинга качества окружающей среды

Ле Тхи Бич Нгуен, П.В. Бондаренко, С.Е. Журавлева

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящее время использование физико-химических методов в анализе индикаторных лишайников является перспективных подходов для повышения эффективности мониторинга качества окружающей среды (ОС) [1, 2, 3]. Воздействия поллютантов ОС на талломы лишайников вызывают снижение содержания хлорофиллов в фотобионте, деструкцию липидных мембран клеток, а также нарушение работы электронного транспорта в окислительно-восстановительной системе органелл клеток, что приводит к их гибели и образованию «лишайниковых пустыней» на урбанизированных территориях [3, 4]. Контроль качества ОС на данных территориях эффективен при использовании лишайноиндикационного метода, заключающегося в трансплантации лишайников [5].

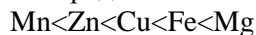
Объектом исследования является эпифитный лишайник Ксантория настенная (*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.). Образцы талломов лишайника собраны 08.07.2014 г. со стволов форофитов *Ulmus glabra* Huds. на западном склоне широколиственного лесного массива вдоль канала река Москва города Долгопрудный Московской области (55°56'32.71" с.ш. 37°28'53.49" в.д.). Образцы лишайника на коре субстрата были закреплены на двух пластиковых стендах: первый стенд был помещен на двухметровой высоте от поверхности земли в фоновой зоне (55°59'3.33" с.ш. 37°30'41.16" в.д.) и второй стенд – в урбанизированной зоне (55°55'22.57" с.ш. 37°31'44.15" в.д.). Были проведено определения физико-химическими методами, такими как метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и метод оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС).

По результатам ЭПР спектроскопии было показано, что количество парамагнитных центров (ПМЦ) широкого пика ЭПР-спектра в образцах трансплантированного лишайника в фоновой зоне остается стабильно в течение четырех недель эксперимента и составляет  $(2,6 \pm 0,4) \times 10^{17}$  спин/мг. Количество ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра в образцах урбанизированной зоны изменяется с недельными периодами и к концу третьей недели увеличивается до наивысшего значения  $(3,7 \pm 0,1) \times 10^{17}$  спин/мг.

Результаты по анализу содержания химических элементов, таких как железо, медь, марганец, магний, цинк показали, что накопление металлов в образцах трансплантированного лишайника через две недели эксперимента в урбанизированной зоне и в образцах в фоновой зоне составляет следующий ряд:



Однако, в талломах лишайника в урбанизированной зоне к концу третьей недели в 8 раз увеличивается содержание меди, что изменяет ряд накопления металлов до нового вида:



Доминирование магния в образцах лишайника довольно естественно, т.к. он входит в состав хлорофилла. Железо, в основном, является естественным компонентом цепей переноса электронов в клеточном метаболизме лишайника. Медь, способная к образованию оксалатов и комплексов с лишайниковыми кислотами, также накапливается в клетках фотобионта лишайника. В избыточных концентрациях она токсична для клеток лишайника, что приводит к образованию высокотоксичных гидроксильных радикалов, вызывающих повреждение липидов, нуклеиновых кислот, белков и клеточных мембран фотобионта и микобионта лишайника. Данные изменения метаболических процессов в талломах лишайника отражаются на увеличении количества ПМЦ.

Таким образом, определяющим фактором в изменении внутриклеточных процессов жизнедеятельности трансплантированного лишайника в урбанизированной зоне является циклическое изменение количество ПМЦ, которое связано с изменением содержания парамагнитных металлов, в первую очередь железа и меди.

## Литература

1. Журавлева С.Е., Бондаренко П.В., Трухан Э.М. Биомониторинг индикаторных видов лишайников методом ЭПР-спектроскопии // Биофизика. 2013. Т. 58, №. 2. С. 329 – 333.
2. Пат. 2549471 РФ. Способ определения качества окружающей среды методом ЭПР-спектроскопии лишайников / Журавлёва С.Е., Бондаренко П.В. Оpubл. 27.04.2015.
3. Chettri M. K., Cook C. M., Vardaka, E., Sawidis T., Lanaras T. The effect of Cu, Zn and Pb on the chlorophyll content of the lichens *Cladonia convoluta* and *Cladonia rangiformis* // Environmental and Experimental Botany. 1998. V. 39, №. 1. P. 1-10.
4. Sandmann G., Böger P. Copper-mediated lipid peroxidation processes in photosynthetic membranes // Plant Physiology. 1980. V. 66, №. 5. P. 797-800.
5. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.