

*Абдуллаев С.С.,
Ассистент, кафедра Химическая инженерия
Ферганский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Жалолов И.Ж., д.х.н. проф.
Саратовский государственный университет*

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНЫХ
МЕТАБОЛИТОВ ЛИШАЙНИКА *PHYSICIA DUBIA* КАК
ИНДИКАТОРОВ УСЛОВИЙ СРЕДЫ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ
УЗБЕКИСТАНА**

Аннотация: Лишайники являются чувствительными биоиндикаторами, отражающими геохимические условия среды через профиль вторичных метаболитов. В работе представлен первичный анализ лишайника *Physcia dubia*, собранного в горной зоне перевала Камчик (Узбекистан). Экстракция этилацетатом дала выход около 2–3% от массы сухого сырья. Методом тонкослойной хроматографии выявлены два основных компонента, различающиеся по полярности и предположительно относящиеся к депсидам и/или депсидонам. Обсуждается связь химического профиля с условиями местообитания, включая высоту и состав субстрата. Полученные результаты подтверждают потенциал использования лишайников как индикаторов геохимических факторов среды.

Ключевые слова: лишайники; биоиндикация; геохимия; *Physcia dubia*; вторичные метаболиты; депсиды; ТСХ.

*Abdullaev S.S.
Assistant, Department of Chemical Engineering
Fergana State Technical University*

*Scientific advisor: Jalolov I.Zh., Dr. Sci. (Chem.), Professor
Fergana State University*

**GEOCHEMICAL FEATURES OF SECONDARY METABOLITES OF
THE LICHEN *PHYSICIA DUBIA* AS INDICATORS OF
ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN MOUNTAIN ECOSYSTEMS OF
UZBEKISTAN**

Abstract: Lichens are sensitive bioindicators that reflect geochemical environmental conditions through their secondary metabolite profiles. This study presents a preliminary analysis of the lichen *Physcia dubia* collected from the mountainous Kamchik Pass (Uzbekistan). Ethyl acetate extraction yielded approximately 2–3% of dry biomass. Thin-layer chromatography (TLC) revealed two major components differing in polarity, tentatively attributed to depsides and/or depsidones. The relationship between the chemical profile and habitat conditions, including altitude and substrate composition, is discussed. The results confirm the potential of lichens as indicators of geochemical environmental factors.

Keywords: lichens; bioindication; geochemistry; *Physcia dubia*; secondary metabolites; depsides; TLC.

В геохимических и геоэкологических исследованиях лишайники широко используются как природные сенсоры состояния окружающей среды. Благодаря отсутствию корневой системы и способности поглощать вещества непосредственно из атмосферы и субстрата, они аккумулируют химические элементы и синтезируют специфические вторичные метаболиты, отражающие условия произрастания.

Вторичные метаболиты лишайников, такие как депсиды, депсидоны и дибензофураны, выполняют не только защитные функции, но и могут изменять свой количественный и качественный состав под воздействием факторов среды - высоты, инсоляции, влажности и геохимии субстрата.

Это делает их перспективными маркерами для геохимического мониторинга.

Горные регионы Узбекистана, включая перевал Камчик, характеризуются сложными климатическими и геологическими условиями, включая значительные перепады температур, высокую солнечную радиацию и разнообразие минеральных субстратов. Несмотря на это, химический состав лишайников данного региона остаётся недостаточно изученным.

Целью работы является первичный анализ вторичных метаболитов лишайника *Physcia dubia* и оценка их потенциальной связи с геохимическими условиями среды.

Материалы и методы

Объект и район исследования

Образцы лишайника *Physcia dubia* собраны в Ташкентской области (перевал Камчик, ~2200 м н.у.м.), характеризующейся горным рельефом и каменистыми субстратами. Видовая идентификация проведена с участием специалиста.

Подготовка образцов

Слоевища очищали от минеральных частиц, промывали дистиллированной водой и высушивали при комнатной температуре. Масса подготовленного образца составляла около 9 г.

Экстракция

Экстракцию проводили этилацетатом (ч.д.а.) в течение 24 часов при комнатной температуре. Экстракты объединяли и упаривали до сухого остатка.

Хроматографический анализ

Качественный анализ выполняли методом ТСХ:

неподвижная фаза: силикагель;

подвижная фаза: бензол : метанол (10:1);

детекция: УФ (254 и 365 нм).

Зафиксированы две основные зоны с Rf:

0.35–0.45

0.60–0.70

Результаты и обсуждение

Выход и физико-химические свойства

Выход экстракта составил порядка 2–3%, что соответствует типичным значениям для лишайников, произрастающих в условиях ограниченного водного режима и высокой инсоляции.

Растворимость выделенных соединений (низкая в спиртах, высокая в хлороформе и ацетоне) указывает на их умеренно гидрофобный характер.

Хроматографический профиль

ТСХ-анализ показал наличие двух доминирующих компонентов. Подобная «упрощённая» картина может быть характерна для лишайников, растущих в стрессовых условиях, где метаболический профиль сдвигается в сторону синтеза ограниченного набора защитных соединений.

Геохимическая интерпретация

Полученные данные могут быть интерпретированы с учётом условий местообитания:

Высотный фактор (~2200 м):

усиленная УФ-радиация может стимулировать синтез фенольных соединений с фотозащитной функцией (депсиды, депсидоны);

Минеральный субстрат:

каменистая основа может влиять на ионный состав среды, косвенно определяя метаболический профиль лишайника;

Климатические условия:

ограниченная влажность и температурные колебания могут приводить к снижению разнообразия метаболитов и доминированию наиболее устойчивых соединений.

Сопоставление с литературными данными

Для рода *Physcia* характерно наличие атранорина и родственных соединений. Наблюдаемые значения Rf и растворимость согласуются с этими данными.

Отсутствие широкого набора компонентов может указывать либо на раннюю стадию анализа (ограничения метода ТСХ), либо на реальное сужение метаболического спектра под влиянием локальных геохимических факторов.

Список литературы

1. Huneck S., Yoshimura I. Identification of Lichen Substances. Springer, 1996.
2. Culberson C.F., Kristinsson H. A standardized method for identification of lichen products // Journal of Chromatography A. 1969.
3. Nash T.H. Lichen Biology. Cambridge University Press, 2008.
4. Ranković B. Lichen Secondary Metabolites. Springer, 2015.
5. Conti M.E., Cecchetti G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution // Environmental Pollution. 2001.
6. Molnár K., Farkas E. Biological activities of lichen metabolites // Z. Naturforsch. C. 2010.
7. Orange A. et al. Microchemical Methods for the Identification of Lichens. 2001.
8. Purvis O.W. Lichens. Smithsonian Institution Press, 2000.