



## Актуальні проблеми бріології та її перспективи

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
ПРИСВЯЧЕНОЇ 120-РІЧЧЮ ВІД ДНЯ  
НАРОДЖЕННЯ ЧЛЕНА-КОРЕСПОНДЕНТА  
АН УРСР, ПРОФЕСОРА  
АНДРІЯ СОЗОНТОВИЧА ЛАЗАРЕНКА

---

Львів, 2021



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЇ ТА ЇЇ  
ПЕРСПЕКТИВИ**

Матеріали міжнародної наукової конференції,  
присвяченої 120-річчю від дня народження члена-  
кореспондента АН УРСР, професора Андрія Созонтовича  
Лазаренка

Львів, 25 листопада 2021 р.



Львів–2021

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE  
INSTITUTE OF ECOLOGY OF THE CARPATHIANS

**ACTUAL PROBLEMS OF BRYOLOGY AND ITS  
PERSPECTIVES**

Proceedings of International Scientific Conference  
devoted to the 120<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of the  
USSR Academy of Sciences, Professor Andrii Sozontovych  
Lazarenko

Lviv, 25 November, 2021

Lviv – 2021

УДК 574.21; 581.1; 581.5; 582.32-34 (477)

**Актуальні проблеми бріології та її перспективи** / Матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від дня народження члена-кореспондента АН УРСР, професора Андрія Созонтовича Лазаренка (25 листопада 2021 р., Львів, Україна). – Львів, 2021. – 116 с.

ISBN 978-966-02-9745-6 (електронне видання)

У збірнику містяться матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від дня народження члена-кореспондента АН УРСР, професора Андрія Созонтовича Лазаренка (Львів, 25 листопада 2021 року). Для науковців у галузі бріології, екології, викладачів, студентів і аспірантів природничих і біологічних спеціальностей.

**Actual problems of bryology and its perspectives** / Proceedings of International Scientific Conference devoted to the 120<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences, Professor Andrii Sozontovych Lazarenko (25 November, 2021, Lviv, Ukraine). – Lviv, 2021. – 116 p.

This collection contains the materials of International Scientific Conference devoted to the 120<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences, Professor Andrii Sozontovych Lazarenko (Lviv, 25 November, 2021). For scientists in the field of bryology, ecology, teachers and students of natural sciences.

**Програмний комітет:**

д.б.н., с.н.с. І. М. Данилик (голова програмного комітету), к.б.н., с.н.с. О. В. Лобачевська, к.б.н., с.н.с. Н.Я. Княк, к.б.н. І. В. Рабик, д.б.н., с.н.с. В. Г. Княк, к.б.н., с.н.с. І. М. Шпаківська, к.б.н., с.н.с. О. О. Кагало, к.б.н., с.н.с. В. М. Білонога, к.б.н. Т. І. Микітчак, к.б.н. О. Л. Баїк, к.б.н. Р. Р. Соханьчак, к.б.н. С. В. Бешлей, к.б.н. О. І. Щербаченко, Н. А. Кіт

**Programme Committee:**

Dr.Sc., Assoc.Prof. I. M. Danylyk (the head of Programme Committee), Assoc.Prof. O. V. Lobachevska, PhD., Assoc.Prof. N. Y. Kyiak, PhD., I. V. Rabyk, PhD., Dr.Sc., Assoc.Prof. V. G. Kyiak, Assoc.Prof. I. M. Shpakivska, PhD., Assoc.Prof. O. O. Kagalo, PhD., Assoc.Prof. V. M. Bilonoha, PhD., T. I. Mykitchak, Ph.D., O. L. Baik, PhD., R. R. Sokhanchak, Ph.D., S. V. Beshley, PhD., O. V. Scherbachenko, PhD., N. A. Kit

Рекомендовано до друку Вченою Радою Інституту екології  
Карпат НАН України (протокол № 7 від 06 жовтня 2021 року)

**Матеріали доповідей опубліковані з максимальним дотриманням авторської редакції. Автори повністю відповідають за наукову достовірність, зміст і стиль своїх публікацій**

Фото на обкладинці – *Tortula truncata* (Hedw.) Mitt., дизайн - І.Рабик

ISBN 978-966-02-9745-6 (online)

© Інститут екології Карпат НАН України, 2021

© Автори статей, 2021

## ЗМІСТ

<b>Лобачевська О.В. ЖИТТЄВИЙ ТА НАУКОВИЙ ШЛЯХ АНДРІЯ СОЗОНТОВИЧА ЛАЗАРЕНКА (1901–1979).....</b>	<b>10</b>
---	-----------

## **ФЛОРА ТА СИСТЕМАТИКА МОХОПОДІБНИХ**

<b>Бойко М.Ф. МОХОПОДІБНІ ТРАВ'ЯНИХ БІОТОПІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ.....</b>	<b>18</b>
<b>Драч Ю. А., Мамчур З. І. МОХОПОДІБНІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ ВЕРХІВ'Я РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ.....</b>	<b>20</b>
<b>Нипорко С.О. МОХОПОДІБНІ УРОЧИЩА КУЗІЙ (КАРПАТСЬКИЙ БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК).....</b>	<b>24</b>
<b>Притула С.В., Мамчур З.І., Драч Ю.А. ПОШИРЕННЯ СФАГНОВИХ МОХІВ У СИВУЛЬСЬКОМУ ПІДРАЙОНІ СКИБОВИХ ГОРТАН.....</b>	<b>27</b>
<b>Рабик І.В., Данилик І.М. РЕГІОНАЛЬНО РІДКІСНІ ВИДИ БРІОФІТІВ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....</b>	<b>31</b>
<b>Савицька А.Г. БРІОФІТИ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІСТЕР....</b>	<b>36</b>
<b>Чадін І. Ф., Шубіна Т. П., Желєзнова Г. В. ОЦИФРУВАННЯ КОЛЕКЦІЇ МОХІВ НАУКОВОГО ГЕРБАРІЮ СУКО (РОСІЯ, РЕСПУБЛІКА КОМІ).....</b>	<b>39</b>
<b>Baisheva E.Z., Valitova L.A. ON FLORISTIC GRID MAPPING OF THE BRYOPHYTES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (THE SOUTHERN URALS REGION).....</b>	<b>42</b>
<b>Ignatov M.S., Ignatova E.A., Fedosov V.E., Skurko A.V., Fedorova A.V. CONTRIBUTION OF A.S. LAZARENKO TO THE MOSS FLORA OF THE SOVIET FAR EAST.....</b>	<b>46</b>
<b>Maslovsky O.M. THE GEOGRAPHICAL ELEMENTS SYSTEM OF EASTERN EUROPE BRYOFLORA.....</b>	<b>47</b>

## СИНТАКСОНОМІЯ МОХОВОЇ РОСЛИННОСТІ

<b>Гапон С.В.</b> БРІОУГРУПОВАННЯ УКРАЇНИ: СТАН ТА НАПРЯМКИ ВИВЧЕННЯ.....	52
<b>Гапон Ю.В., Гапон С.В., Фельбаба-Клушина Л.М.</b> РОЛЬ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДІВ <i>ORTHOTRICHUM</i> HEDW. ТА <i>NYGOLMIELLA</i> HOLMEN & E. WARNCKE В УТВОРЕННІ МОХОВИХ УГРУПОВАНЬ УРБООКОСИСТЕМ .....	56
<b>Карпінець Л.І., Лобачевська О.В., Баранов В. І., Бешлей С.В., Соханьчак Р.Р.</b> ФЛОРИСТИЧНИЙ СКЛАД БРІОСИНУЗІЙ ТА ЇХ СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ І САМОЗАРОСЛИХ ВІДВАЛАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ.....	60
<b>Рагуліна М.Є.</b> МОХОВА РОСЛИННІСТЬ СКЕЛЬНИХ ВИХОДІВ СКОЛІВСЬКИХ БЕСКИДІВ.....	65

## МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ БРІОФІТІВ

<b>Байк О.Л.</b> РОЛЬ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ АНТИОКСИДАНТІВ МОХУ <i>BRYUM CAESPITICIMUM</i> HEDW. В АДАПТАЦІЇ ДО ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕСУ НА ТЕРИТОРІЇ ВИДОБУТКУ СІРКИ.....	69
<b>Кияк Н.Я.</b> ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ МОХІВ ДО ЗАСОЛЕННЯ.....	74
<b>Кіт Н. А.</b> АНАЛІЗ ТОЛЕРАНТНОСТІ ДО ВОДНОГО ДЕФЦИТУ ПРОТОНЕМИ ВЕГЕТАТИВНИХ ТА ГЕНЕРАТИВНИХ КЛОНІВ МОХІВ.....	79
<b>Лобачевська О.В.</b> ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ МОХІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ.....	82
<b>Соханьчак Р.Р., Бешлей С.В.</b> ХЛОРОФІЛЬНИЙ ІНДЕКС УГРУПОВАНЬ БРІОФІТІВ З ДОМІНУВАННЯМ	

<i>SAMPYLOPUS INTROFLEXUS</i> (HEDW.) BRID. НА ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЯХ.....	89
<b>Щербаченко О.І., Рабик І.В.</b> АДАПТАЦІЯ БРІОФІТІВ ДО МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТЕХНОГЕННИХ СУБСТРАТІВ ВІДВАЛУ ФОСФОГІПСУ НОВОРОЗДІЛЬСЬКОГО ДГХП “СІРКА”.....	92
<b>Ignatov M.S., Spirina U.N., Voronkova T.V.</b> MOSS LEAVES AND THEIR MODIFICATIONS AS A TESTING SYSTEM....	95

## **БРІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК НАПРЯМ МОНІТОРИНГУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

<b>Загороднюк Н.В.</b> МОХОПОДІБНІ У ФЛОРИ СТЕПОВИХ ПЕРЕЛОГІВ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я.....	97
<b>Лобачевська О.В., Рабик І.В., Княк Н.Я.</b> АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОХОПОДІБНИХ БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ЗМІН ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ УР. ЗАЛИВКИ, ПЗ “РОЗТОЧЧЯ”).....	100
<b>Поліщук О.І., Антоняк Г.Л.</b> АКУМУЛЯЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГАМЕТОФІТАХ МОХУ <i>BRACHYTHECIUM RUTABULUM</i> НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА.....	108
<b>Кууак N.Y., Lobachevska O.V., Rabyk I.V.</b> ROLE OF THE BRYOPHYTE COVER IN RENEWAL OF SUBSTRATES ON THE POST-TECHNOGENIC SALINIZED TERRITORY.....	111

## CONTENT

<b>Lobachevska O.V.</b> LIFE AND SCIENTIFIC WAY OF ANDRIY SOZONTOVYCH LAZARENKO (1901–1979).....	10
--	----

### FLORA AND TAXONOMY OF MOSSES

<b>Boiko M.F.</b> THE BRYOPHYTES OF HERBAL BIOTOPES OF THE STEPPE ZONE IN UKRAINE.....	18
<b>Drach Yu. A., Mamchur Z. I.</b> BRYOPHYTES OF FOREST ECOSYSTEMS OF UPPER REACHES OF WESTERN BUG RIVER.....	20
<b>Nyporko S.O.</b> MOSSES OF KUZIIY TRACT (CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE).....	24
<b>Prytula S.V., Mamchur Z.I., Drach Yu.A.</b> DISTRIBUTION OF SPHAGNUM MOSSES IN SYVULYANSKY SUBDISTRICT OF OUTER GORGANY.....	27
<b>Rabyk I.V., Danylyk I.M.</b> REGIONALLY RARE SPECIES OF BRIOPHYTES IVANO-FRANKIVSK REGION.....	31
<b>Savitska A.G.</b> BRYOPHYTES OF SPRUCE FORESTS OF THE CARPATHIAN PART OF THE DNIESTER RIVER BASIN.....	36
<b>Chadin I. F., Shubina T. P., Zheleznova G. V.</b> DIGITIZATION OF THE MOSSES COLLECTION OF THE SCIENTIFIC HERBARIUM SYKO (RUSSIA, KOMI REPUBLIC).....	39
<b>Baisheva E.Z., Valitova L.A.</b> ON FLORISTIC GRID MAPPING OF THE BRYOPHYTES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (THE SOUTHERN URALS REGION)....	42
<b>Ignatov M.S., Ignatova E.A., Fedosov V.E., Skurko A.V., Fedorova A.V.</b> CONTRIBUTION OF A.S. LAZARENKO TO THE MOSS FLORA OF THE SOVIET FAR EAST.....	46
<b>Maslovsky O.M.</b> THE GEOGRAPHICAL ELEMENTS SYSTEM OF EASTERN EUROPE BRYOFLORA.....	47



## SYNTAXONOMY OF MOSSES

<b>Gapon S.V.</b> BRIOCOMMUNITIES OF UKRAINE: STATE AND DIRECTIONS OF STUDY.....	52
<b>Gapon Yu.V., Gapon S.V., Felbaba-Klushyna L.M.</b> THE ROLE OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS <i>ORTHOTRICHUM</i> HEDW. AND <i>NYGOLMIELLA</i> HOLMEN & E. WARNCKE IN THE FORMATION OF MOSS COMMUNITIES BY URBOECOSYSTEMS.....	56
<b>Karpinets L.I., Lobachevska O.V., Baranov V.I., Beshley S.V., Sokhanchak R.R.</b> FLORISTIC COMPOSITION OF THE BRYOSYNUSIAE AND THEIR STRUCTURAL ORGANIZATION ON THE RECLAMATION AND NATURALLY OVERGROWN ROCK DUMPS OF COAL MINES CHERVONOGRAD INDUSTRIAL MINING REGION .....	60
<b>Ragulina M.E.</b> BRYOBIONTA VEGETATION ON ROCK OUTCROPS OF SKOLE BESKYDY.....	65

## MECHANISMS OF RESISTANCE AND ADAPTABILITY OF BRYOPHYTES

<b>Baik O.L.</b> THE ROLE OF LOW MOLECULAR ANTIOXIDANTS OF THE MOSS <i>BRYUM CAESPITICIUM</i> HEDW. IN ADAPTATION TO TEMPERATURE STRESS IN SULFUR DEPOSIT TERRITORY.....	69
<b>Kyyak N.Y.</b> MECHANISMS OF MAINTENANCE OF CYTOPLASMIC OSMOTIC HOMEOSTASIS IN BRIOPHYTES CELLS UNDER SALINITY STRESS.....	74
<b>Kit N.A.</b> ANALYSIS OF TOLERANCE TO WATER DEFICIENCY OF PROTONEMATA OF VEGETATIVE AND GENERATIVE CLONES OF MOSSES.....	79
<b>Lobachevska O.V.</b> WATER REGIME AND PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF MOSS DEPENDING ON ECOLOGICAL CONDITIONS OF FOREST ECOSYSTEMS.....	82
<b>Sokhanchak R.R., Beshley S.V.</b> CHLOROPHILIC INDEX	

OF BRIOPHITE GROUPS DOMINATED BY <i>CAMPILOPUS INTROFLEXUS</i> (HEDW.) BRID. IN POSTTECHNOGENIC TERRITORIES.....	89
<b>Shcherbachenko O.I., Rabyk I.V.</b> ADAPTATION OF BRIOPHYTES TO MICROCLIMATE CONDITIONS OF TECHNOGENIC SUBSTRATES OF PHOSPHOGYPS DUMP OF NOVOROZDILSKY DGHP “SULFUR”.....	92
<b>Ignatov M.S., Spirina U.N., Voronkova T.V.</b> MOSS LEAVES AND THEIR MODIFICATIONS AS A TESTING SYSTEM....	95

## **BRIOINDICATION AS A DIRECTION OF BIODIVERSITY MONITORING**

<b>Zagorodniuk N.V.</b> MOSESSES IN THE FLORA OF ABANDONED STEPPE FIELDS OF THE NORTHERN BLACK SEA COAST.....	97
<b>Lobachevska O.V., Rabyk I.V., Kyyak N.Y.</b> ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PECULIARITIES OF BRYOPHYTES WETLAND ECOSYSTEMS FOR CHANGES OF ENVIRONMENTAL FACTORS (ON THE EXAMPLE OF THE LOCAL LANDSCAPE ZALYVKY).....	100
<b>Polishchuk A.I., Antonyak H.L.</b> ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN GAMETOPHYTES OF <i>BRACHYTHECIUM RUTABULUM</i> MOSS IN THE TERRITORY OF THE CITY OF LVIV.....	108
<b>Kyyak N.Y., Lobachevska O.V., Rabyk I.V.</b> ROLE OF THE BRYOPHYTE COVER IN RENEWAL OF SUBSTRATES ON THE POST-TECHNOGENIC SALINIZED TERRITORY.....	111

УДК 582.32:582.34

**ЛОБАЧЕВСЬКА О.В.**

Інститут екології Карпат НАН України,  
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна  
e-mail:ecomorphogenesis@gmail.com

**ЖИТТЄВИЙ ТА НАУКОВИЙ ШЛЯХ  
АНДРІЯ СОЗОНТОВИЧА ЛАЗАРЕНКА (1901–1979)**

Андрій Созонтович Лазаренко народився 27 листопада 1901 року в Києві. Спочатку навчався в церковно-парафіяльній школі, пізніше – у Київському вищому училищі. 17–літнім юнаком разом зі старшим братом Михайлом захищав незалежність України під Крутами. Брат загинув і лише щасливий випадок уберіг Андрія Созонтовича від розстрілу. Після закінчення у 1924 році факультету просвіти Київського інституту народної освіти працював у Ботанічному кабінеті і Гербарії АН УРСР, які у 1931 році були реорганізовані в Інститут ботаніки АН УРСР. Студентом брав активну участь у роботі студентського гуртка дослідників природи, вчився експериментувати з рослинами у лабораторії Київського ботанічного саду. У 1925–1928 рр. навчався в аспірантурі під керівництвом професора О.В. Фоміна.

Українська ботанічна нарада (Київ, 1931 р.) стала вагомим стимулом для досліджень бріофлори України та видання визначників основних груп мохоподібних. Для інвентаризації мохоподібних України А.С. Лазаренко здійснив низку експедицій в малодосліджені в бріологічному відношенні регіони, які представляли інтерес як для систематики, так і для історії флори взагалі. Дослідник побував на півночі Чернігівщини і Харківщини та південному сході (південь Донбасу, міста Маріуполь і Запоріжжя). Для порівняння регіональних бріофлор А.С. Лазаренко побував на

заході України, пройшов пасмом Товтр з півночі до їх південного кінця, далі долиною Дністра. Ретельно дослідив граніти Житомира, пісковики Овруччини та багатий на післяльодовикові релікти глибокий каньйон р. Тясмин з високими гранітними скелями в околицях м. Кам'янка Черкаської обл. За матеріалами досліджень бріофлори України А.С. Лазаренко видав перший “Визначник листяних мохів УРСР” (1936), який містив ілюстрації, таблиці для визначення та діагностичні описи для 287 видів справжніх мохів (Bryales). Він не лише встановив місцевиростання маловідомих, реліктових видів *Schistostega osmundaceae*, *Bartramia ithyphylla*, *Breidleria* (Гіпнум) *arcuata*, а й описав нові для науки види мохів *Desmatodon ukrainicus*, *Pterygoneurum kozlovii* та *Physcomitrium arenicola*.

Під час експедиційного відрядження 1928–1929 рр., наданого Українською Академією наук, А.С. Лазаренко вивчав бріофлору Центральної Азії – Киргизької Автономної Республіки, північного Тянь-Шаню, Закаспійського краю. Результати опрацювання матеріалів, зібраних в Середній Азії, вчений опублікував у “Матеріалах до бріофлори Середньої Азії” (1938), у яких описав 9 нових видів (*Hymenostomum krassavinii*, *Barbula decurrens*, *Phascum vlassovii*, *Tortula revolutifolia*, *T. scabrinervis*, *T. afanassievii*, *Enthostodon subpallescens*, *Orthotrichum vicarium*, *Homalothecium aristatum*).

Влітку 1930 року, потім ще у 1933–1935 роках, А.С. Лазаренко побував у Південно-Усурійському краї на Далекому Сході з унікальною флорою третинних реліктових лісів євразійського континенту. На основі результатів вивчення далекосхідної бріофлори А.С. Лазаренко видав “Краткий определитель листовенных мхов Дальнего Востока” (1937). Проаналізувавши історію розвитку бріофлори Далекого Сходу, вчений вперше створив оригінальну зональну

класифікацію географічних елементів флори (арктичний, субарктичний, аркто-монтанний, бореальний, неморальний, аридний) та розробив систему 27 типів ареалів мохів. У праці “Новые виды мхов из Дальневосточного края” (1937) на далекосхідному матеріалі А.С. Лазаренко описав 3 роди, 20 видів і 2 нові форми. Зібрані матеріали виявилися надзвичайно важливими і для встановлення видового складу бріофлори, і для аналізу ступеня її оригінальності та походження. У 1936 році А.С. Лазаренку за сукупністю наукових праць присвоюють наукову ступінь кандидата біологічних наук.

В Інституті ботаніки АН УРСР Андрій Созонтович працював до початку Другої світової війни. У зв'язку з воєнною евакуацією Інституту до Алма-Ати протягом 1941–1943 рр. продовжував дослідження в Казахському філіалі АН СРСР. У 1941 році він захистив докторську дисертацію “Основні моменти розвитку бріофлори Радянського Далекого Сходу” за спеціальністю “ботаніка”, а в 1944 році отримав звання професора. Після війни Андрій Созонтович продовжив працювати в Інституті ботаніки АН УРСР.

У 1945 р. А.С. Лазаренко був направлений у м. Львів за скеруванням Президії Академії Наук для ботанічних досліджень в західних областях УРСР та організації Філіалу академії наук (Західного наукового центру). Після переїзду до Львова професор розпочав планові дослідження бріофлори західної частини України, організувавши низку експедицій у різні райони Карпат (Закарпатської низовини, полонин Боржави, Красної, згодом Горган, Свидівця і Чорногори) для вивчення природних ресурсів з метою їх раціонального використання в народному господарстві.

Після приїзду А.С. Лазаренко очолював відділ географії спорових рослин Інституту ботаніки АН УРСР (1945–1950 рр.), кафедру ботаніки Львівського державного

університету імені І. Франка (1945–1958 рр.), відділ ботаніки Науково-природознавчого музею АН УРСР (1959–1970 рр.) та лабораторію експериментальної морфології АН УРСР (1963–1970 рр.), пізніше відділ експериментальної морфології АН УРСР (1970–1979 рр.). Протягом 1951–1953 рр. був директором Інституту агробіології АН УРСР.

У 1950 р. А.С. Лазаренко разом з колективом ботаніків Науково-природознавчого музею Львівського філіалу АН УРСР (К.А. Малиновським, В.М. Мельничуком, В.Г. Коліщуком, Є.М. Лесняк) організував роботу високогірного ботанічного стаціонару на Боржавських полонинах (г. Плай, 1200 м н.р.м.) в Закарпатській області. У подальшому А.С. Лазаренко розгорнув стаціонарне дослідження карпатської флори, екологічних і кліматичних особливостей субальпійського поясу Карпат та фітоценотичної ролі окремих видів на полонинах на стаціонарі Львівського державного університету ім. І. Франка (Чорногірський масив, полонина Квасівський Менчул Рахівського району, Закарпатської області), а з 1957 р. – на стаціонарі Пожижевська (Надвірнянський район, Івано-Франківської області).

У 1951 р. А.С. Лазаренка обрано членом кореспондентом АН УРСР. Під його керівництвом організовані численні тривалі експедиції як для дослідження бріофлори західних областей, так й інших регіонів, зокрема Криму та Білорусії. Вагомим результатом інвентаризації видового складу бріофітів стали в 1951 р. “Определитель листовных мхов БССР” та у 1955 р. друге перероблене і доповнене видання “Определитель листовных мхов Украины”.

У 1963 р. з ініціативи професора, чл.-кор. АН УРСР А.С. Лазаренка створена лабораторія експериментальної

морфології рослин Інституту ботаніки АН УРСР, пізніше – це відділ експериментальної морфології рослин. Андрій Созонтович не лише започаткував новий напрям досліджень біології розвитку мохів, а й сформулював нову концепцію усіх подальших експериментальних біологічних досліджень.

За порівняно короткий час відділ здобув одне з передових місць у галузі дослідження каріотипу мохоподібних, а колективна монографія “Атлас хромосом листовних мхов СРСР” (1971) була першим у світовій біологічній літературі виданням з каріосистематики мохоподібних. Внутрішньовидові поліплоїдні ряди були встановлені для 26 видів мохів, а для 74 – нові хромосомні раси. Усього для 300 видів листовних мохів СРСР з більше, ніж 2000 популяцій, було підраховано числа хромосом та зроблено описи морфології й поведінки хромосом на стадії метафази. Це дало можливість визначити складну інфраструктуру таксономічного виду листовних мохів, яка у багатьох випадках утворена кількома поліплоїдними і анеуплоїдними хромосомними расами, морфологічно ідентичними, проте екологічно та фізіологічно відмінними.

Для визначення внутрішньоклітинних механізмів морфогенезу гаметофіту мохів в умовах лабораторної культури як модельний об’єкт була застосована нитчаста протонема мохів, проаналізовано особливості проростання спор, ріст та розвиток хлоронеми, диференціації каулонеми та закладання бруньок залежно від інтенсивності й спектрального складу світла, фітогормонів як пускових факторів диференціації клітин. А.С. Лазаренком встановлено явища апікального домінування, орто- та поляротропізму, а також ритмічні зміни інтенсивності внутрішньоклітинного метаболізму і полярності мембранного транспорту. На початкових стадіях морфогенезу протонеми, особливо

розвитку її апікальної клітини було оцінено роль інтенсивності і спектрального складу світла та фітогормонів як пускових факторів диференціації. Під час експериментального контролю ростових кореляцій молоді протонеми *Funaria hygrometrica*, *Ceratodon purpureus* та *Desmatodon randii* встановлено прояви радіальної полярності та корелятивного гальмування росту і галуження протонеми.

Оригінальні роботи Андрія Созонтовича з експериментального апоміксису дали можливість створити цілком конкретну модель виникнення чергування поколінь та стали основою для гомологічної теорії походження мохоподібних. Виявлена у амфоморфозах *Desmatodon randii* здатність рослин моху одночасно утворювати статеві органи і органи нестатевого розмноження (спорангії) стала важливим аргументом на користь гомологічної теорії походження мохоподібних, згідно з якою антагонізм між споро- і листкоутворенням призвів до редукції листя у поліплоїдному поколінні, яке набуло значення спорофіта.

Для оцінки еколого-географічної внутрішньовидової гетерогенності мохів А.С. Лазаренко проводив експериментальні дослідження онтогенезу окремих видів. На підставі експериментально-порівняльного аналізу в уніфікованих умовах лабораторної культури методом односпорової дернинки фенотипно близьких видів поліплоїдного ряду описані види-двійники *Desmatodon cernuus* (n=26) і *D. ucrainicus* (n=52) за сталими кількісними морфологічними ознаками та деякими біологічними й еколого-фізіологічними відмінностями.

За ініціативою вченого у відділі експериментальної морфології АН УРСР започатковано оформлення гербарію листяних мохів, значна частина якого – це зразки каріологічно досліджених видів. На сьогодні, з описаних А.С. Лазаренком



нових родів і видів, у бріології визнано 2 ендемічні роди родини Fabroniaceae: *Mamillariella* з Далекого Сходу і *Cephalocladium* з Алтаю та 22 види мохів.

А.С. Лазаренко – автор 102 наукових праць, з них 5 монографій. Його роботи здобули широке визнання як у нашій країні, так і за кордоном. Вчений був почесним членом Всесоюзного та Українського ботанічних товариств. Він заснував і тривалий час очолював Львівське відділення УБТ і створив школу біологів-генетиків. Андрій Созонтович був науковцем світового рівня, визнаним лідером біологічної науки, засновником наукової школи бріологів у Львові. На його честь описано новий для науки рід *Lazarenkia* Voiko та нова видова комбінація *Lazarenkia kozlovii* (Lazar.) Voiko.

13 жовтня 1979 року Андрія Созонтовича Лазаренка не стало, його поховано на Личаківському цвинтарі у Львові.

#### **Вибрані публікації:**

Лазаренко А.С. 1929. Відомості про найцікавіших представників Української бріофлори. *Тр. Фіз.-мат. Від. ВУАН*, 15, вип. 1: 3–35.

Лазаренко А.С. 1956. Основні засади класифікації ареалів листяних мохів Радянського Далекого Сходу. *Укр. ботан. журн.*, 13, № 1: 31–40.

Лазаренко А.С. 1957. Матеріали до питання видоутворення у листяних мохів. *Наук. зап. Наук.-природ. музею АН УРСР*, 6: 3–17.

Лазаренко А.С. 1960. Некоторые данные о параллельной изменчивости у мхов. Вопросы эволюции, биогеографии, генетики и селекции. Сб., посвящ. 70-летию со дня рожд. акад. Н.И. Вавилова. М. – Л.: Изд- АН СССР, 137–148.

Лазаренко А.С. 1961. Вопросы генезиса чередования поколений у мховидных. *Журн. общей биологии*, 22, № 5: 372–382.

Лазаренко А.С. 1967. Полиплоидия в эволюции листовых мхов. *Цитология и генетика*, 1, № 2: 15–26.

Лазаренко А.С., Демків О.Т. 1969. Ростові рухи протонеми мохів в поляризованому світлі // *Доповіді АН УРСР. Сер. Б. Геологія, геофізика, хімія та біологія*, № 9: 837–840.

Лазаренко А.С., Лесняк Е.Н. 1972. Сравнительное исследование видов-двойников мхов – *Drepanocladus cernuus* – D.

*ucrainicus* (К проблеме инфраструктуры вида у мхов). *Журн. общей биологии*, 33, № 6: 657–667.

**LOBACHEVSKA O.V.**

**LIFE AND SCIENTIFIC WAY OF  
ANDRIY SOZONTOVYCH LAZARENKO (1901–1979)**

Andriy Sozontovych Lazarenko (1901–1979) – corresponding member of the Academy of Sciences of the USSR, Doctor of Biological Sciences, Professor, prominent scientist in taxonomy, phylogeny and botanical geography, who made a significant contribution to the development of bryological research, was one of the eminent researchers of bryoflora of the European parts of the USSR.

# ФЛОРА ТА СИСТЕМАТИКА МОХОПОДІБНИХ

УДК 582.32-34(477)

**БОЙКО М.Ф.**

Херсонський державний університет  
вул. Університетська, 27, 73013, Херсон  
e-mail: mikhailb@i.ua

## МОХОПОДІБНІ ТРАВ'ЯНИХ БІОТОПІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Трав'яні степові біотопи, відповідно до кліматично-едафічних умов степової зони, належать до зонального типу рослинності. Вони виконують роль регулятора вологості, сприяють підземному стоку, зменшують випаровування, захищають ґрунти від надмірної інсоляції, від вітрів та перегріву та ін. Степові біотопи відчують на собі сильний антропогенний тиск (Біотопи..., 2020).

У біотопах, крім вищих судинних рослин, є вищі несудинні – мохоподібні, які є індикаторами антропогенного впливу на трав'яні степові біотопи (Бойко, 2013). Для здійснення оцінки впливу дій людини (випас худоби, сінокосіння, переорювання, влаштування кар'єрів, рекреація) на стан біотопів використовуються комплекси видів мохоподібних (Bryophyonta) конкретних степових біотопів, які відрізняються різним ступенем антропогенної дигресії. При цьому враховуються такі основні біологічні, соціологічні, екологічні та географічні показники мохоподібних, як кількість видів, систематичний склад, категорія рідкісності, географічна, екологічна, біоморфологічна і статева структури, таксономічне положення, їх реакції на дію антропогенного фактору. За спеціальною шкалою визначають ступінь

антропогенної дигресії степових біотопів. На основі індикаторних комплексів мохоподібних встановлено п'ять типів збережених та порушених степових біотопів, у складі яких є мохоподібні.

I тип – збережені біотопи, серед яких біотопи заповідних степів та майже непорушених ділянок залишків схилів степових балок. Узагальнений видовий склад мохоподібних представлений таким комплексом видів: *Riccia ciliifera*, *R. lamellosa*, *R. ciliata*, *Cephaloziella divaricata*, *Ceratodon purpureus*, *Pterygoneurum ovatum*, *Tortula acaulon*, *T. linbergii*, *T. caucasica*, *T. truncata*, *Syntrichia ruralis*, *Barbula unguiculata*, *Weissia longifolia*, *Physcomitrium arenicola*, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*, *Brachythecium campestre*, *Brachytheciastrum velutinum* та ін.

II тип – степові біотопи з періодичним нерегулярним випасом. У біотопі мохоподібні представлені комплексом видів: *Ceratodon purpureus*, *Pterygoneurum sessile*, *Tortula acaulon*, *T. caucasica*, *Syntrichia ruralis*, *S. ruraliformis*, *Barbula unguiculata*, *Didymodon vinealis*, *D. fallax*, *Weissia longifolia*, *Funaria hygrometrica*, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*, *Homalothecium lutescens*, *Oxyrrhynchium hians*.

III тип – степові біотопи з регулярним помірним випасом. У біотопі мохоподібні представлені таким комплексом: *Ceratodon purpureus*, *Tortula caucasica*, *T. truncata*, *Syntrichia ruralis*, *Barbula unguiculata*, *Didymodon fallax*, *Weissia longifolia*, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*, *Brachythecium albicans*.

IV тип – ценози з інтенсивним рекреаційним або з надмірним пасовищним навантаженням чи з регулярним щорічним сінокосінням. У біотопі мохоподібні представлені комплексом видів: *Ceratodon purpureus*, *Pterygoneurum sessile*, *Syntrichia ruralis*, *Barbula unguiculata*, *Didymodon*

*fallax*, *Bryum caespiticium*, *B. argenteum*, *Homalothecium lutescens*.

V тип – степові біотопи багаторічних трав агроєкосистем. У біотопі мохоподібні представлені таким комплексом: *Ceratodon purpureus* *Tortula acaulon*, *T. caucasica*, *T. truncata*, *Bryum argenteum*.

У всіх типах біотопів переважають верхоспорогонні види мохів.

Дослідження часткового виконані за підтримки Національного фонду досліджень України «Наука для безпеки людини та суспільства». Проект № 2020.01/01490.

**ВОІКО М.Ф.**

## **THE BRYOPHYTES OF HERBAL BIOTOPES OF THE STEPPE ZONE IN UKRAINE**

The peculiarities of bryophytes participation in herbal biotopes of the steppe zone in Ukraine are described. Biotopes differ by the complex of moss species. According to the degree of anthropogenic digression there have been identified five types of steppe biotopes.

УДК [[582.32:630\*18]:303](282.247.2:477.83/.86)

**ДРАЧ Ю. А., МАМЧУР З. І.**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79000, Україна  
e-mail: yuriy.drach@lnu.edu.ua

## **МОХОПОДІБНІ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НА ТЕРИТОРІЇ ВЕРХІВ'Я РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ**

Західний Буг – найбільша річка рівнинної частини Львівської

області. Лісистість території Зх. Бугу в межах Львівщини становить близько 23 % (Джам, 2017). Найбільше земель, що вкриті лісом, знаходяться на території природного регіону Гологори та займають близько 50 % його площі. Також великі площі лісів характерні для Розточчя (40 % від загальної площі) і Вороняк (30%). На території Малого Полісся, яке займає найбільші площі верхів'я річки Зх. Буг, на лісі припадає 28 %. Найменш залісненим є територія Волинської височини, де лісові ділянки є лише на 10 % від усіх земель (Малиновський, 2008).

Дослідження проводили маршрутним методом на території верхів'я річки Зх. Буг у межах Розточчя, Малого Полісся та частково Гологоро-Вороняцького структурно-денудаційного горбогір'я. Головним завданням було оцінити видовий склад і екобіотичні особливості бріофлори лісових екосистем, для чого були обрані такі ділянки: сосновий ліс в околицях с. Потелич і в околицях с. Завада, мішаний ліс у межах заплави річки Солотвина (околиці с. Ожидів), з переважанням *Pinus sylvestris* L. в околицях с. Полтва, мішаний ліс на території ботанічної пам'ятки природи "Жовківська", буково-дубовий ліс на території Романівського заказника, буково-грабовий ліс в околицях с. Зарваниця (НПП «Північне Поділля»), мішаний ліс з домінуванням *Quercus robur* L. (заповідне урочище «Сторонибаби»), вербові розріджені чагарники, чорновільхові заплавні ліси (гідрологічний заказник загальнодержавного значення «Потелицький»). Класифікація таксонів і цитування видових назв наводяться відповідно до другого чекліста мохоподібних України (Бойко, 2014).

Для лісових екосистем верхів'я річки Західний Буг характерне високе видове різноманіття – 144 види мохоподібних, що належать до 78 родів, 36 родин, 16

порядків, трьох відділів Bryophyta (135 видів), Marchantiophyta (8 видів) і Anthocerotophyta (1 вид). Спектр провідних родин представляють Brachytheciaceae (20 видів), Pottiaceae (16 видів), Mniaceae (13 видів), Amblystegiaceae (12 видів), Bryaceae (10 видів), Orthotrichaceae (10 видів), Plagiotheciaceae (7 видів), Polytrichaceae (6 видів), Dicranaceae (5 видів), Hypnaceae (4 види).

Серед субстратних груп переважають епігейні види – 108 видів (75 %). Серед них на оголошеному ґрунті росте 101 вид (70,1 %), на ґрунті серед трави – 22 види (15,3 %), а на ґрунті серед каміння або піщаному ґрунті – 21 вид (14,6 %). Серед епіфітних мохоподібних виявлено 48 видів (33,3 %). Найрізноманітніший видовий склад приурочений до прикореневої зони дерев, зокрема, до виступів коріння. Це факультативні епіфіти або ж епігейні види з широкою ценотичною специфічністю. Значна кількість видів поселяється на каміннях, як природного, так і антропогенного походження – 44 види (30,6 %). Оскільки в лісових екосистемах дуже мало кам'янистих субстратів, то на окремих бетонних плитах, мостах і дзотах виявлено 14 видів (9,7 %). Дев'ять видів (6,3 %) знайдено у воді, проте низка з них – це види градієнту епіфіти-епіксили, які потрапили туди разом з деревним субстратом та не належать до групи гідрофітів. Завдяки великій кількості деревини різної стадії розкладу, на другому місці серед субстратних переваг у лісових екосистемах займає група епіксилів (58 видів, 40,3 %). Також знайдено мохоподібні на артифіціальних субстратах (залишки взуття, синтетичні тканини тощо) (2 види, 1,4 %).

За життєвими формами переважають: дернина (42 види, 14 %), килим шерехатий (32 види, 9 %), килим плоский (18 видів, 4 %) і плетиво (18 видів, 11 %).

За відношенням до світлового режиму переважають гемісциофіти (50 видів, 34,7 %) і субгеліофіти (46 видів, 31,9 %). Зважаючи на наявність соснових лісів, які ростуть на території верхів'я річки Зх. Буг, тут значною мірою представлена група світлолюбних видів мохоподібних – геліофітів (18 видів, 12,5 %) і ультрагеліофітів (13 видів, 9,0 %). У спектрі термоморф переважають холодотолерантні види, яких на території дослідження 59 % (85 видів). Дещо менше помірнотеплолюбних мохоподібних (24 види, 16,7 %). Щодо зволоження субстрату – найбільше мезофітів (51 вид, 35,4 %), ксеромезофітів (31 вид, 21,5 %) і гігромезофітів (28 видів, 19,4 %). Також у соснових лісах на піщаних ґрунтах трапляються ксерофіти (19 видів, 13,2 %) і ультраксерофіти (3 види, 2,1 %). Найменше мохоподібних-гігрофітів (12 видів, 8,3 %), що обирають добре зволожені екотопи (ями, канави, біля водойм).

У широколистяних і мішаних лісах знайдено 123 види. Більшість з них належить до родин Brachytheciaceae, Pottiaceae, Mniaceae, Orthotrichaceae, Amblystegiaceae, Нурпасаеа, Plagiotheciaceae. У свою чергу в хвойних лісах виявлено 86 видів. Провідними родинами тут є: Brachytheciaceae, Amblystegiaceae, Bryaceae, Мніасаеа, Нурпасаеа, Polytrichaceae і Dicranaceae.

Видове різноманіття мохоподібних корелює з низкою екологічних умов: типом рослинності, широким спектром субстратів та їхнім рН і трофізмом, наявністю певного видового складу форофітів, різним типом зволоження й освітлення.

**DRACH YU. A., MAMCHUR Z. I.**

**BRYOPHYTES OF FOREST ECOSYSTEMS OF UPPER REACHES OF WESTERN BUG RIVER**



The bryophytes of forest ecosystems of the upper reaches of the Western Bug River have been studied. 144 species of mosses which belong to three divisions (Marchantiophyta, Bryophyta and Anthocerotophyta) have been found. Ecological features, substrate preferences and life forms of the bryophytes have been analysed. A comparison of the species composition of mosses of pine and mixed forests from the study area was made.

УДК 582.32:502.753

**НИПОРКО С.О.**

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська 2, Київ 01004, Україна  
e-mail:s\_nyporko@ukr.net

### **МОХОПОДІБНІ УРОЧИЩА КУЗІЙ (КАРПАТСЬКИЙ БІОСФЕРНИЙ ЗАПОВІДНИК).**

Урочище Кузій – це частина Кузійського заповідного масиву Карпатського біосферного заповідника, розташоване на Рахівщині, недалеко від Великого Бичкова, за селом Лути. Кузійський заповідний масив розміщений в південних відрогів Свидовецького хребта на висотах від 350 до 1409 м. н.р.м. Займає площу 4925 га, яка повністю знаходиться в межах лісового поясу. Найвища вершина – г. Лисина (1409 м). В південній частині масиву пролягає смуга юрських мармуровидних вапняків, які утворюють численні скельні виходи. Цей район вирізняється як кліматичними умовами, так і характером рослинності. Тут закінчується суцільне поширення дубово-букових лісів. Під впливом теплих повітряних мас з Марамороської долини у цьому районі створилися специфічні умови, що сприяють поширенню

теплолюбних видів на значні висоти ([http://cbr.nature.org.ua/new\\_u.htm](http://cbr.nature.org.ua/new_u.htm)).

Найперші відомості про бріофлору урочища наводяться в роботах Й. Шмарди. Для долини Кузи біля Ділового ним наведено: *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi (Smarda, 1936: за Зеров, 1964), *Marchantia quadrata* Scop. (*Preissia quadrata* (Scop.) Nees) (Smarda, 1936: за Boros, Vajda, 1969), *Lophozia guttulata* (Lindb. & Arnell) A. Evans (*Lophozia porphyroleuca* (Nees) Schiffn. var. *guttulata* (Lindb. et Arn.) Warnst, *Pedinophyllum interruptum* (Nees) Kaal. (Smarda, 1937: за Зеров, 1964), *Porella arboris-vitae* (With.) Grolle (*Porella laevigata* (Schrad.) Lindb., *Madotheca laevigata* (Schrad.) Dum.) (Smarda, 1944: за Boros, Vajda, 1969), *Pterigynandrum filiforme* Hedw. f. *filesceus* Boul. Рахівський р-н, долина Кузи (Smarda, Vanek, 1955: за Зеров, Партика, 1975).

У ході комплексних досліджень рослинних угруповань ур. Кузій Ю.А. Вашеньяк було зібрано й опрацьовано колекцію мохоподібних. Дослідження проведено в напівзатіненому петрофітно-степовому біотопі з домінуванням *Sesleria heufleriana*, на вапняку зі сланцем та у напівзатіненому скельному біотопі з переважанням папоротей на двох субстратах (на вапняку з кварцитом та на доломітах). Всього виявлено 19 видів мохоподібних, з яких 9 печіночників і 10 видів мохів. Встановлено новий локалітет виду *Cololejeunea rossetiana* (C. Massal) Schiffn. (другий локалітет в Карпатах), який занесено до Червоної книги України, 2009 (Рідкісний). Підтверджене зростання *Pedinophyllum interruptum*, що подавав в своїй роботі Й. Шмарда (1937) – всього в Україні відомо 5 локалітетів цього виду з Закарпатської обл. Також повторно виявлено *Porella arboris-vitae*, яка вказувалася для цього локалітету раніше.

У напівзатіненому петрофітно-степовому біотопі з

домінуванням *Sesleria heufleriana*, на вапняку зі сланцем виявлено 10 видів мохоподібних (6 видів печіночників і 4 – мохів). Лише в цьому біотопі відзначено 6 видів, з яких значні за площею розростання утворювали *Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener, *Porella arboris-vitae*, *Fissidens dubius* P. Beauv., *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid. та невеликі поодинокі дернинки – *Lejeunea cavifolia* (Ehrh.) Lindb., *Mnium stellare* Hedw., *Radula complanata* (L.) Dumort. У напівзатіненому скельному біотопі з переважанням папоротей, на вапняку з кварцитом виявлено 10 видів мохоподібних (6 видів печіночників і 4 – мохів). Лише тут виявлено 4 види (*Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra, *Cololejeunea rossetiana*, *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt., *Lophocolea bidentata* (L.) Dumort). У напівзатіненому скельному біотопі з переважанням папоротей, на доломітах виявлено 7 видів мохоподібних (2 види печіночників і 5 – мохів). Лише на цьому субстраті виявлено *Alleniella complanata* S.Olsson, Enroth & D.Quandt та *Exserthoteca crispa* (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt.

Печіночник *Pedinophyllum interruptum* виявлено в усіх типах біотопів та на всіх досліджених субстратах. *Metzgeria conjugata* Lindb. та *Plagiochila porelloides* (Torr. ex Nees) Lindenb відзначені на вапняку як в напівзатіненому скельному біотопі з переважанням папоротей, так і у напівзатіненому петрофітно-степовому біотопі з домінуванням *Sesleria heufleriana*. Значні за площею розростання утворювали *Conocephalum salebrosum* Szweyk., Buczk. et Odrzyk., *Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Taylor та *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee, які виявляли на вапняку і доломітах в напівзатіненому скельному біотопі з переважанням папоротей. При порівнянні видового складу цих біотопів за допомогою коефіцієнта Сьоренсенсена-

Чекановського встановлено найбільшу подібність між мохоподібними напівзатінених скельних біотопів (0,47). Для видового складу мохоподібних напівзатіненого петрофітно-степового біотопу визначено найбільш специфічні риси (0,26).

Отже, урочище Кузій виявилось досить цікавим у біологічному відношенні за наявністю низки рідкісних для України і для Карпат видів.

## **NYPORKO S.O.**

### **MOSESSES OF KUZIIY TRACT (CARPATHIAN BIOSPHERE RESERVE)**

The results of mosses of the Kuziy tract (Carpathian Biosphere Reserve) are presented. Totally the 19 species of mosses were identified, 9 of them were liverworts and 10 species of mosses. A new locality of the species *Cololejeunea rossetiana* is listed in the Red Data Book of Ukraine, 2009 (Rare) has been revealed (the second locality in the Carpathians). The growth of 2 species of *Pedinophyllum interruptum* and *Porella arboris-vitae* presented in works of J. Schmarda (1937, 1944) is confirmed. The distribution of mosses in 2 types of biotopes (semi-shaded rocky and semi-shaded petrophytic-steppe) on limestones and dolomites is analyzed.

УДК [582.323:581.9](477:292.452)

## **ПРИТУЛА С.В., МАМЧУР З.І., ДРАЧ Ю.А.**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79000, Україна  
e-mail:sergii.prytula08@gmail.com

### **ПОШИРЕННЯ СФАГНОВИХ МОХІВ У СИВУЛЬСЬКОМУ ПІДРАЙОНІ СКИБОВИХ ГОРГАН**

Територія гірського масиву Горгани у флористичному

відношенні є мало вивченою, тому проведення бріологічних досліджень у цьому регіоні досі актуальне. На території Сивулянського підрайону Скибових Горган виявлено 10 видів сфагнових мохів з детальним описом локалітетів та проаналізовано їх екологічні особливості. Загалом, для території Горган відомо 23 види сфагнових мохів.

Скибові Горгани – група середньогірних ландшафтів, які займають найвищу частину Горган. Максимальні абсолютні висоти приурочені до Сивулянського хребта (г. Лопушна – 1772 м, Велика Сивуля – 1836 м, Мала Сивуля – 1818,5 м). Північно-східніше розміщений хребет Матахів, який починається на правобережжі р. Лімниці та поступово підвищується у південно-східному напрямі до г. Висока (1803,6 м) і г. Ігровець (1804,3 м) (Кравчук, 2006).

Дослідження проводили упродовж 2019–2021 рр. на території Сивулянського підрайону (гори: Мала та Велика Сивуля, Лопушна, Боровка, Ігровець, Велика) (Івано-Франківська область, Івано-Франківський район). Виявлення і збір видів сфагнових мохів проводили маршрутним методом за загальноприйнятими методиками. Екологічний аналіз здійснювали на основі власних досліджень, використовуючи екологічні шкали Еленберга (Hill et al., 2007; Ellenberg, Leuschner, 2010). Для оцінки гемеробності були використані літературні дані (Dießen, 2001) та дані власних досліджень. Назви таксонів наведено за Hodgetts et al. (2020). Також проаналізовані дані літературних джерел щодо видового складу сфагнів цієї території (Флора печіночних і сфагнових мохів України (Зеров, 1964); Мохоподібні Українських Карпат (Зеров, Партика, 1975), праці Савицької А. Г. (2012, 2021) та колекції Гербаріїв Львівського природознавчого музею НАН України (LWS) і Національного гербарію України (KW).

У результаті проведених досліджень було зібрано понад 100 гербарних зразків сфагнових мохів та ідентифіковано 10 видів: *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. capillifolium*, *S. quinquefarium*, *S. squarrosus*, *S. flexuosus*, *S. angustifolium*, *S. fallax* (var. *recurvum*), *S. cuspidatum*, *S. centrale*. Найпоширенішими видами на цій території за даними наших досліджень є *S. quinquefarium* (41 зразок), *S. capillifolium* (30 зразків) та *S. girgensohnii* (17 зразків), що трапляються переважно у таких оселищах: болота і заболочені території, осипи (характерний біотоп для усього гірського масиву Горгани), у хвойних та мішаних лісах.

Для сфагнових мохів найголовнішими екологічними параметрами є світло, зволоження субстрату й кислотність ґрунту. Серед екогруп сфагнових мохів за відношенням до світлового режиму переважають субгеліофіти-гемісціофіти (80%). Геліофіт *S. cuspidatum* знайдений в оселищах з інтенсивним сонячним освітленням – на верхових болотах.

Відомо, що сфагні, які значною мірою залежать від вологості середовища, є гідрофітами (*S. girgensohnii*, *S. capillifolium*, *S. centrale*, *S. cuspidatum*, *S. angustifolium*) і гігрофітами (*S. fallax*, *S. flexuosus*, *S. squarrosus*, *S. russowii*). *S. quinquefarium* є гігромезофітом, відповідно його знайдено у хвойних та мішаних лісах у біотопах з різними умовами зволоження (на ґрунті уздовж дороги, на виступах коріння дерев і каміння над берегом потоків, у болотах тощо).

За відношенням до кислотного режиму ґрунту досліджені види сфагнів є ацидофільними, а гіперацидофіл *S. cuspidatum* обирає виключно субстрат із екстремально низьким рівнем рН (верхове болото біля виходу річки Бистриця Солотвинська). Всі знайдені види сфагнів є холодотолерантними.

Стосовно поширення в екосистемах різного ступеня антропогенної трансформації більшість сфагнів (80%) можуть рости в умовах від агемеробних – до мезогемеробних, а вид *S. fallax* трапляється також в антропогеннозмінених ектопах – еугемеробних. *S. centrale* за даними літератури вважається чутливим видом до ступеня окультурення ландшафту, але його популяції було виявлено у мезогемеробних умовах (пасовище на полонині Рущина).

Сивулянський підрайон є порівняно важкодоступним, тому мохоподібні, у тому числі сфагни, вивчені слабо. Однак, зважаючи на можливі зміни у мохових покривах гірського масиву Горгани унаслідок глобальних змін в екосистемах Карпатського регіону, збільшення антропогенного пресу, зокрема трансформації природної рослинності (масові вирубки, посилення рекреаційного навантаження тощо) важливим є подальше дослідження сфагнових мохів. Популяції сфагнів та їхні екологічні показники мають великий потенціал для використання як індикаторів стану природних екосистем.

**PRYTULA S.V., MAMCHUR Z.I., DRACH YU.A.**

### **DISTRIBUTION OF SPHAGNUM MOSSES IN SYVULYANSKY SUBDISTRICT OF OUTER GORGANY**

The territory of the mountain massif of Gorgany in floristic restoration is little studied; therefore conducting bryological investigation in the territory of the Sivulyansky subdistrict of Outer Gorgany is very actual. We were able to describe and identify 10 species of sphagnum mosses with a detailed description of the sites and identify ecological features. In total, 23 species of sphagnum mosses are known for the Gorgan area.

УДК 582.32:581.527.

**РАБИК І.В., ДАНИЛИК І.М.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька 4, 79026, Львів  
e-mail: irenerw2022@gmail.com

## **РЕГІОНАЛЬНО РІДКІСНІ ВИДИ БРІОФІТІВ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Започаткована Міжнародною конференцією ООН (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) парадигма збереження біорізноманіття ознаменувала етап зміни світового мислення про невідкладність розв'язання глобальних екологічних проблем на базі міжнародного діалогу й об'єднання наукового потенціалу. Саме завдяки їй у міжнародно-правовому лексиконі з'явилася норма "збереження біорізноманіття" і була підписана конвенція про біорізноманіття (Конвенція..., 1993). Прийнято низку загальносвітових, регіональних заходів, спрямованих на збереження біотичного різноманіття, під яким розуміють варіабельність усіх живих організмів, включаючи наземні, морські та інші водні екосистеми й екологічні комплекси, компонентами яких вони є. У ширшому розумінні це поняття трактують як різноманіття в межах виду, між видами й екосистемами (Конвенція..., 1993). Біотичне різноманіття як цілісна система проявляється на трьох рівнях організації живого: організовому, популяційному й екосистемному (Голубець, 2003).

Управління екосистемами та їх збереження є неможливими без знань функціональних особливостей організмів, популяцій, видів. У зв'язку з цим важливе значення має проблема фактичної (достовірної) ідентифікації видового біорізноманіття, особливо раритетного його компоненту. В Україні таке завдання покладене перш за все на



органи державної влади та місцевого самоврядування. У межах держави переліки відповідних видів обумовлені законом про Червону книгу України (2009). Як зазначається у вступній частині “Книга є офіційним документом, що відображає сучасний стан видів рослин і грибів України, які перебувають під загрозою зникнення або потребують охорони”. Щодо регіонального рівня охорони, то відповідних законодавчих актів немає, проте переліки регіонально рідкісних видів рослин для кожної з адміністративних областей потребують корекції. Перевидання Червоної книги України кожні десять років (відповідно до чинного законодавства) вимагає уточнення обласних списків рідкісних представників рослинного світу.

Попередньо, перелік регіонально рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин і грибів на території Івано-Франківської області був затверджений обласною радою в 1996 році. Тому створення оновленого списку регіонально рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів бріофітів на території Івано-Франківської області стало важливим природоохоронним завданням, яке було успішно розв’яне (рішення обласної ради від 23.04.2021, № 150-6/2021, м. Івано-Франківськ, <https://orada.if.ua/decision/150-6-2021/>).

Інвентаризація регіонально рідкісних видів мохів та печіночників Івано-Франківської області проведена на основі критичного аналізу літературних джерел, опрацювання гербарних матеріалів і натурного обстеження території. Система та назви видів мохоподібних подані за “The Second checklist of Bryobionta of Ukraine” (Boiko, 2014).

Перші дослідження мохів цієї території розпочав Й. Черкавський (Czerkawski, 1868), який подав список мохів з околиць сіл Кути, Косів, Верховина й Уторопи. Про

печіночники цієї території відомо з праць Ф. Гашлинського (Haszlinzski, 1860) та Ф. Лілієнфельд (Lilienfeld, 1910, 1911). Е. Гюкель (Hüchel, 1868) досліджував південно-західне Прикарпаття і частково Горгани. З Чорногори відомі збори ботаніка і географа А. Ремана (Rehman, 1879). Польський вчитель та ботанік-бріолог Й. Крупа опублікував великий список бріофітів, зібраних в околицях сіл Микуличин, Ворохта, Кременці, м. Яремче та ін. (Крупа, 1885). Також з Яремче та Микуличина подає декілька видів А. Гегіб (Geheeb, 1889). Бріофлору регіону досліджували також Є. Волощак (Wołoszczak, 1888). Я. Волчанський (Wolcansky, 1905). Р. Вільчек у 1927 р. під час експедиції Східними Карпатами зібрав зразки з високогір'я Чорногори (окол. с. Бистрець: урочища Кізі-Улоги, Мунчел, Кедроватий, Погорілець, Гаджина, Шпиці), матеріали були опрацьовані й опубліковані у 1931 р. (Wilczek, 1931). Сьогодні бріологічна колекція Р. Вільчека зберігається в Гербарії Львівського національного університету імені Івана Франка (Мохи з колекції..., 2011), як і окремі зразки з цієї території вищезгаданих бріологів (Гасенкевич та ін., 2014).

Мохоподібні Українських Карпат, зокрема й на території Івано-Франківської області, досліджували Д. Зеров (сфагни та печіночники), А. Лазаренко (мохи). Матеріали було опубліковано у зведених працях “Определитель листовых мхов Украины” (1955); “Флора печіночних і сфагнових мохів України” (1964); “Мохоподібні Українських Карпат” (1975). Бріофлору Чорногори досліджувала К. Улична (1965, 1966, 1975). У 1997 р. опубліковано працю “Мохоподібні–Bryophyta Карпатського біосферного заповідника” (Данилків та ін., 1997), де подаються зразки також з Чорногори. Для Природного заповідника “Горгани” С. Нипорко наводить 24 види, що є рідкісними в Карпатах, серед них 5 (*Cephalozia*

*ambigua* C. Massal., *Scapania mucronata* H. Buch, *S. parvifolia* Warnst., *Splachnum ampullaceum* Hedw., *Calliargon giganteum* (Schimp.) Kindb.) є рідкісними і в Україні, і в Івано-Франківській області (Нипорко, 2000; 2001). Також відомості про регіонально рідкісні види знаходимо у працях В. Вірченка, зокрема “Нові знахідки...” (Вірченко, 2014). Бріофлору НПП “Гуцульщина” досліджували О. Барсуков (Барсуков, 2017) та С. Нипорко (Нипорко та ін., 2018). А. Костюк подала для Чорногори з вказівкою координат три регіонально рідкісні для Івано-Франківської області види: *Moerckia blyttii* (Morch) Brockm., *Sphagnum riparium* Engstr. та *Ptychostomum torquescens* (Bruch & Schimp.) Ros & Mazimpraka (Екосистеми лентичних..., 2014). Бріофлору високорір'я Чорногори досліджували Д. Мамчур, Ю. Драч, М. Чуба, С. Притула (Мамчур та ін., 2018, 2019, 2020).

Частина зразків з Івано-Франківської області є в гербаріях Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ (колектори – Д. Зеров, Л. Партика, С. Нипорко, В. Вірченко, О. Барсуков), Інституту екології Карпат НАН України (А. Лазаренко, І. Данилків, К. Улична, М. Слободян, К. Малиновський, О. Лобачевська, А. Костюк) та Державного природознавчого музею НАНУ (К. Улична, М. Слободян), Львівського національного університету Імені Івана Франка (Д. Мамчур, Ю. Драч, М. Чуба, І. Данилків). На жаль, для деяких видів вказівки про місцезнаходження є приблизними, датуються ще кінцем ХІХ та початком ХХ ст. Також слід врахувати, що багато рідкісних видів регіону є стенотопними: за зміни умов під дією природних чи антропогенних чинників зникають їхні екологічні ніші.

Встановлено, що до рідкісних видів мохоподібних Івано-Франківської області належать 59 видів мохоподібних: 19

видів печіночників з 2 класів, 4 порядків, 14 родин, 16 родів; 40 мохів з 3 класів, 12 порядків, 18 родин, 31 роду.

Більшість рідкісних мохоподібних (31 вид) ростуть на ґрунті (*Moerkia blyttii*, *Trichocolea tomentella* (Ehrh.) Dumort., *Calipogeia muelleriana* (Schiffn.) Müll. Frib., *Aloina rigida* (Hedw.) Limpr., *Brachythecium cirrosum* (Schwaegr.) Schimp.), освітлених (*Mannia fragrans* (Balbis) Frye & Clark, *Clevea hyalina* (Sommerf.) Lindb., *Cephalozia ambigua*) або затінених (*Riccia sorocarpa* Bisch., *Cololejeunea calcarea* (Lib.) Schiffn., *Seligeria donniana* (Sm.) H.Müll.) вкритих гумусом скелях (19 видів). На органічних залишках і гнилому дереві трапляється 6 видів (*Splachnum ampullaceum* Hedw., *S. sphaericum* Hedw., *Tetraplodon mnioides* (Hedw. Bruch) & Schimp., *Tayloria tenuis* (Dicks.) Schimp.), а до облігатних епіфітів належать 3 види мохів (*Syntrichia virescens* (De Not.) Ochyra, *Orthotrichum lyelli* Hook. & Taylor, *Zygodon viridissimus* (Dicks.) Brid.). Серед екологічних груп переважає гігрофітна група видів (гігрomezофіти – 29%; гігрофіти – 15%; гігروهідрофіти – 7%), мезофіти та ксерomezофіти становлять 22% і 27% відповідно. За трофністю домінують види, що надають перевагу відносно багатим поживними елементами субстратів (мезоевтрофи – 44%, евтрофи – 15%), високою є частка мезотрофів – 33%. Олігомезотрофи та оліготрофи – лише 5 і 2% відповідно. Серед життєвих форм переважають низькі дернинки – 37%, однак помітною є частка килимкових життєвих форм – 31%. Високі дернинки та плетива становлять 15 і 14% відповідно, подушки – 2%.

Отже, серед регіонально рідкісних мохоподібних Івано-Франківської області здебільшого представлені брієві мохи, однак вагомою є частка печіночників. Більшість рідкісних видів бріофітів з біоморфами сланевих килимків, високих дернинок і плетив приурочені до вологих екотопів (боліт і

берегів водойм), а значна частина мохів та печіночників з життєвими формами нитчастих і шерехатих килимків та низьких дернинок – до скельних відслонень. Наявність багатьох рідкісних видів, приурочених до різноманітних субстратів свідчить про достатньо високий рівень збереження природного середовища. Однак повторно не виявлено деякі рідкісні види мохів і печіночників вологих та перезволожених екоотопів, які є особливо чутливими до будь-яких змін гідротермічних умов.

**RABYK I.V., DANYLYK I.M.**

### **REGIONALLY RARE SPECIES OF BRIOPHYTES IVANO-FRANKIVSK REGION**

On the territory of Ivano-Frankivsk region as a result of our own research, analysis of literature data and herbarium collections, 59 species of regionally rare mosses were found. The taxonomic composition of the latter are: division Marchantiophyta – 2 classes, 4 orders, 14 families, 16 genus, 19 species; division Bryophyta – 3 classes, 12 orders, 18 families, 31 genus, 40 species. Analysis of bryophyte ecological groups and life forms is carried out. Most rare species with life forms of mats, tall turfs and wefts are confined to wetlands (swamps and shores of reservoirs), a significant part mat and short turfs – to rock outcrops. Rare species of wet and humid ecotopes are particularly sensitive to any changes in hydrothermal conditions.

УДК 582.32:581.5(477.8:292.452)

**САВИЦЬКА А.Г.**

Державний природознавчий музей НАН України  
вул. Театральна 18, 79008, Львів  
e-mail: asavitska@gmail.com

## БРЮФІТИ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІСТЕР

Одними з найпоширеніших типів лісових фітоценозів у середньогір'ї є фітоценози з переважанням ялини європейської (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), що є основною лісоутворюючою породою Українських Карпат (Голубець, 1978). Відомості про бріофлору ялинових лісів різних регіонів України та Карпат загалом можна знайти у роботах українських бріологів (Улична, 1957; Зеров, Партика, 1975; Гапон, 2007; Вірченко, 2014; Літвиненко, 2016; Нипорко, Барсуков, Капець, 2018). Нашими дослідженнями були охоплені ялинові ліси асоціацій *Abieti-Piceetum (montanum)* Szaf., Pawl. et Kulcz. 1923 em. J. Mat. 1978. та *Bazzanio-Piceetum* Br.-Bl. et Siss. 1939.

В нижніх і середніх частинах схилів трапляються переважно ялиново-ялицеві бори низькогір'я асоціації *Abieti-Piceetum (montanum)*. Серед хвойних лісів регіону найбільше видове різноманіття мохоподібних спостерігається саме в угрупованнях цієї асоціації. Видовий спектр бріокомпоненту таких лісів нараховує 97 видів, серед яких кількість печіночників становить 31 % (29 видів), що є досить високим показником поміж досліджених асоціацій. Найчастіше у лісах цієї асоціації трапляються *Dicranum scoparium* Hedw., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Tetraphis pellucida* Hedw., *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z. Iwats., *Polytrichum formosum* (Hedw.) G. Sm. Ці види характерні загалом для карпатських лісів і трапляються у переважній більшості видових списків асоціацій. Високі показники проективного покриття займають види, що є характерними для цієї асоціації та союзу *Piceionabietis*, а саме: *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Schimp., *Sphagnum girgensohnii* Russow, *Bazzania trilobata* (L.) Gray.

За відношенням до вологості панівною є група мезофітів – її частка становить 31%, мезогігрофіти – 29%, ксеромезофіти – 26%, гігрофіти – 11%, ксерофіти лише 3%. За відношенням до освітлення найбільш розповсюдженні мезофітні види, що надають перевагу напівтіні, або геліосціофіти.

В угрупованні різнорікового ялинового лісу з домішкою ялиці на висоті 897 м .н.р.м. був знайдений вид *Campylostelium saxicola* (F.Weber & Mohr) Bruch & Schimp. (Ptychomitriaceae), який занесений в ЧКУ. Лісове угруповання знаходиться в підпорядкуванні Собольського л-ва.

Бріокомпонент флористичного наповнення асоціації *Bazzanio-Piceetum* Br.-Bl. et Siss. 1939., до якої належать низькогірні ялинники на оторфілих ґрунтах, нараховує лише 42 види, проте відзначається високим індексом співвідношення печіночників до брієвих мохів. Воно становить 1:2, що свідчить про високий рівень автохтонності досліджених лісових угруповань та їх сталі екологічні умови, які є сприятливими для розвитку багатьох печіночників.

Діагностичне значення виду *Bazzania trilobata* полягає в тому, що він є характерним для порядку *Vaccinio-Piceetalia* та асоціацій *Quercu-Piceetum* і *Bazzanio-Piceetum*. В досліджених лісах він траплявся практично у всіх хвойних лісах, адже це один із нечисленних полісубстратних печіночників, що може утворювати у лісі великі дернини на підстилці, сильно розкладеній деревині, кам'яних валунах. В лісах, де сильно розвинутий моховий покрив рослини цього виду часто трапляються на виступаючому корінні та при основі стовбурів дерев. В угрупованнях асоціації *Bazzanio-Piceetum*, що ростуть на території досліджень, цей вид досягав найбільших показників частоти трапляння.

За відношенням до екологічних груп зберігається тенденція характерна для більшості лісів регіону –

переважання мохоподібних геліосціофітів, а за зволоженням домінуюче положення займають мезо-гігрофіти – 36%. Ксерофітних видів не виявлено, а частка гігрофітів становить 12%.

**SAVITSKA A.G.**

### **BRYOPHYTES OF SPRUCE FORESTS OF THE CARPATHIAN PART OF THE DNIESTER RIVER BASIN**

Bryophytes of the spruce forests, from the *Abieti-Piceetum (montanum)* Szaf., Pawl. et Kulcz. 1923 em. J.Mat. 1978. and *Bazzanio-Piceetum* Br.-Bl. et Siss. 1939 associations were studied. The bryocomponent of the forests of the *Abieti-Piceetum (montanum)* association consists of 97 species, including 29 species of liverworts. 42 species of mosses, including 14 species of liverworts, were found in the forests of the *Bazzanio-Piceetum* association.

УДК 58.082.115

**ЧАДІН І. Ф., ШУБІНА Т. П., ЖЕЛЄЗНОВА Г. В.**

Інститут біології Комі наукового центру Уральського відділення Російської академії наук  
вул. Комуністична 28, 167000, Сиктивкар, Росія  
e-mail: chadin@ib.komisc.ru, tshubina@ib.komisc.ru,  
zheleznova@ib.komisc.ru

### **ОЦИФРУВАННЯ КОЛЕКЦІЇ МОХІВ НАУКОВОГО ГЕРБАРІЮ СУКО (РОСІЯ, РЕСПУБЛІКА КОМІ)**

Переклад інформації про знахідки біологічних видів з аналогової в цифрову форму і надання доступу до них через Інтернет є актуальним завданням, що стоїть перед усіма науковими гербаріями і музеями. Один із способів вирішення



цієї проблеми – це створення баз даних, що містять етикеткові відомості та якісні цифрові зображення одиниць зберігання біологічних колекцій. Найбільш складним етапом, що перешкоджає швидкому оцифруванню фонду біологічних колекцій, є процес розшифрування даних, що містяться на етикетках.

У період від 2019 до 2020 рр. в науковому гербарії SYKO Інституту біології Комі наукового центру Уральського відділення Російської академії наук успішно виконана оцифровка 42698 етикеток (94 %) колекції мохів.

Оцифрування етикеток проводилося за допомогою розробленої авторами оригінальної системи введення даних, що дає можливість значно підвищити ефективність монотонної ручної праці.

Отримання цифрових зображень етикетки виконувалося з використанням саморобної скануючої системи на основі цифрового фотоапарата (смартфона), штатива для надійного закріплення фотоапарату на потрібній висоті, і двох джерел освітлення. Етикетки фотографували на контрастному тлі для автоматичного виділення меж етикетки і обрізки зображення за допомогою програм, що реалізують алгоритми машинного зору.

Оброблені зображення завантажувалися в базу даних (рСУБД) з інтерфейсом, що дає можливість працювати з нею за допомогою інтернет-браузера. Структура бази даних і додаток для внесення відомостей у базу були розроблені авторами самостійно. Для спрощення (пришвидшення) процесу розробки використовували каркас (фреймворк) для веб-додатків Django ([djangoproject.com](http://djangoproject.com)).

Для досягнення більш високої продуктивності праці були розроблені спеціальні форми для того щоб окремо вводили дати і каталожні номери етикетки, назви видів, імена

колекторів і детермінаторів, географічні координати, субстрати, на яких були зібрані зразки мохів, описи місцевиростань. Окрім цього виконувався контроль якості введеної інформації за допомогою наступних форм: коректність введення дат і каталожного номера, назв видів мохів, імен колекторів і детермінаторів.

При розробці елементів форм ми намагалися, щоби максимальне число операцій можна було виконувати, не відриваючи руки від клавіатури, оскільки кожне перемикання уваги оператора між клавіатурою й іншим пристроєм введення (мишею, тачпадом) помітно уповільнює його роботу.

Приблизна оцінка показує, що впровадження описаних вище прийомів підвищує швидкість введення етикеткових даних не менше ніж у 2 рази, порівняно з класичною організацією такої роботи.

Вихідні коди інформаційної системи, включаючи опис структури бази даних (файл «labels/models.py»), опубліковані для вільного використання в репозиторії Zenodo (<https://zenodo.org/record/3385382#.XW9Wq6VS9hE>, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3385382>). За результатами виконаної роботи опубліковано препринт «Прийоми підвищення продуктивності праці при оцифруванні етикеточних даних біологічних колекцій. Досвід мобілізації даних колекції мохоподібних гербарію SYKO» DOI: 10.13140/RG.2.2.1925.24803). Демонстрація роботи системи у формі доповіді на вебінарі доступна для перегляду тут: <https://youtu.be/IMs6k8PUrN8>.

Ця робота може бути використана для підготовки технічних завдань на розробку аналогічних інформаційних систем.

**CHADIN I. F., SHUBINA T. P., ZHELEZNOVA G. V.**

## **DIGITIZATION OF THE MOSSES COLLECTION OF THE SCIENTIFIC HERBARIUM SYKO (RUSSIA, KOMI REPUBLIC)**

An original data entry system has been developed that allows significantly increasing the efficiency of monotonous manual labor when digitizing biological collections. An interface to the database for storing digitized mosses labels has been created. Methods of increasing the productivity of manual labor when digitizing labels are proposed. As a result of the optimization of the digitization process, it was possible to increase labor productivity by at least 2 times compared to the traditional process of digitizing labels of biological collections. Using the proposed methods, 42698 mosses labels (94 %) of the scientific herbarium SYKO of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences were digitized. Source codes of the information system, including a description of the database structure (file "labels/models.py"), published for free use in the Zenodo repository (<https://zenodo.org/record/3385382#.XW9Wq6VS9hE>, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3385382>). Algorithms for obtaining and processing label images are described. A demonstration of the system's operation in the form of a report at the webinar is available for viewing here: <https://youtu.be/IMs6k8PUrN8>.

UDC 581.93: 582.32

**BAISHEVA E.Z., VALITOVA L.A.**

Ufa Institute of biology – Subdivision of the UFA Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences  
69 October av., 450054, Ufa  
e-mail:elvbai@mail.ru

## **ON FLORISTIC GRID MAPPING OF THE BRYOPHYTES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (THE SOUTHERN URALS REGION)**

The creation of digital maps and databases on flora and vegetation, as well as the use of special GIS programs with automation of the process of botanical data analysis, are examples of the modern methods using in scientific research and protecting the environment and plant diversity in general. A powerful method of botanical data storing and normalization is grid mapping allowed to identify the patterns in species distribution within study area (Prasad et al., 2015; Seregin, 2021).

The history of bryological investigations within the Republic of Bashkortostan (the Southern Urals region) is not very long. The first data about bryophytes collected on this territory were published at the end of 19 century (Shell', 1883). Nevertheless, the bryological research of the last decades allowed to obtain a large amount of bryological data from numerous protected areas and to reveal bryophyte diversity of the main habitats and vegetation types of study area. Similar to many other Russian Regions, the Bashkortostan has a long record of botanical data (herbarium specimens, geobotanical relevés, scientific reports, BA and PhD thesis, etc.) that are not easily accessible to a broad range of scientists. The project "Electronic Atlas of Bryophytes of the Republic of Bashkortostan" (<http://bryophytes-bashkortostan.ru/>) is aimed to provide all bryological data from the study area to a wide range of specialists in the online portal.

At present, the authors are developing information and analytical web geoinformation system on bryophytes of the republic. Modern web applications are built on service-oriented architecture, web applications are provided as complex interrelated software for managing data – create, post, edit, computing, displaying and distribute. The basis of geoinformation web application is usually the libraries of spatial data visualization like OpenLayers, LeafletJS, Yandex maps and etc. The web application of “Electronic Atlas of Bryophytes of the Republic of

Bashkortostan” uses the LeafletJS library. This library provides fast creating interactive maps and fast refresh images (Biktashev et al., 2019).

Within the framework of the project each site visitor can select the active button "Search for finds by territory", choose a certain area by highlighting the cells of the 10 \* 11 km grid with the left mouse button and use the active button "Request". After then a list of all species records found within the selected area can be seen on the screen. This list includes brief data on the information source, collector’s name, geographical coordinates of the collection site, a brief description of the location and habitat. At the bottom of the screen, site visitors can select the button "Export localities" and upload a CSV file provided more detailed information species full Latin names, ID, altitude, remarks, etc.).

To see information for each species, site visitors can to select the button “Search” and choose the species from the lists of Marchantiophyta or Bryophyta included all species which ever have been reported from the territory of Bashkortostan. Each species page presents a literature source containing information about the first species finding in the republic, data on ecology and conservation status of this species within the study area, etc. For instance, the "Ecology" section contains the description and photo of typical habitats, the number of this species findings within different types of EUNIS habitats, etc.

Currently, 403 mosses and 94 liverwort species are known for the Republic of Bashkortostan. Mosses belong to 59 families, among which the leading ones are Pottiaceae Schimp. (38 species), Grimmiaceae Arn. (34), Mniaceae Schwдgr. (31), Sphagnaceae Dumort. (30) Brachytheciaceae Schimp. (29), Amblystegiaceae G. Roth (28), Bryaceae Schwдgr. (21), Dicranaceae Schimp. (17), Polytrichaceae Schwдgr. (13), Orthotrichaceae Arn. (12). 22

families (37% of the total number of families) are represented by 1 species.

Liverworts belong to 29 families, among which the leading ones are Anastrophyllaceae L. Söderstr., De Roo & Hedd. (11 species), Scapaniaceae Mig (9), Lophoziaceae Cavers (8), Cephaloziaceae Mig. (7), Jungermanniaceae Rchb. (7) Ricciaceae Rchb. (7), Lophocoleaceae Vanden Berghen (4), Aneuraceae H. Klinggr. (4), Calypogeiaceae Arnell (4). 13 families of liverworts (45%) are represented by 1 species.

23 mosses (*Oxyrrhynchium speciosum* (Brid.) Warnst., *Pyramidula tetragona* (Brid.) Brid., *Acaulon triquetrum* (Spruce) Müll.Hal., *Bartramia ithyphylla* Brid., *Drepanocladus capillifolius* R. humnst.) Warnst., Ruthe and others) and 6 liverworts (*Mannia gracilis* (F. Weber) DB Schill et DG Long, *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi, *Riccia glauca* L., etc.) are known by old specimens found 60-100 years ago.

According to grid mapping, bryophyte species were found in 299 grid cells (sized 10 \* 11 km) out of 1332, covering the territory of the Republic of Bashkortostan (143600 km<sup>2</sup>). It means that only about 23% of the republic territory has been more or less bryologically investigated.

More than 1000 bryophyte specimens were collected only in 2 grid cells (within the territories of the Iremel Nature Park and the Ufa Plateau), more than 700 specimens – in 4 grid cells (in the Iremel Nature Park and the South Urals State Nature Reserve), more than 500 specimens – in 29 grid cells, and more than 200 specimens – in 23 grid cells. The proportion of cells in which up to 10 finds were made is approximately 25% of the total number of surveyed cells. The grid mapping allowed to identify of the grid cells with high concentration of rare and endangered species. These data were used in the preparation of the next edition of the regional Red Data book.

The work is supported by governmental contract #075-00326-19-00 theme AAAA-A118022190060-6.

UDK 582:32

<sup>1,2</sup>IGNATOV M.S., <sup>2</sup>IGNATOVA E.A., <sup>2</sup>FEDOSOV V.E.,  
<sup>1</sup>SKURKO A.V., <sup>1</sup>FEDOROVA A.V.

<sup>1</sup>Tsitsin Main Botanical Garden Russian Acad. Sci.  
Botanicheskaya Str., 4, Moscow 127276 Russia,

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology  
Leninskie gory, Moscow, 119234, Russia  
e-mail: misha\_ignatov@list.ru, arctoa@list.ru,  
fedosov\_v@mail.ru,  
shen-ku@bk.ru, alina\_77777@mail.ru

## **CONTRIBUTION OF A.S. LAZARENKO TO THE MOSS FLORA OF THE SOVIET FAR EAST**

Andrey Sozontovich Lazarenko made a great impact to the study of the moss flora of Soviet Far East. He collected bryophytes in Primorsky Territory in 1930, 1933 and 1935, published the “Brief manual of leafy mosses of the Far East” (Lazarenko, 1938) and compiled the first detailed checklist of this area (Lazarenko, 1940, 1941a, 1941b, 1946). Most of his identifications remain valid, some were later questioned and re-identified; however, among the latter there are a number of cases when re-identifications were incorrect, whereas original identification of Lazarenko turned out to be correct. A very confusing taxonomy of the genus *Glyphomitrium* is one of such examples. Lazarenko (1933) was the first who reported this genus for the Soviet Union, under the name *G. humillimum* (Mitt.) Card. Later Abramova & Abramov (1955) revised Russian specimens and referred them to *G. warburgii* (Broth.) Card. Subsequent publications used one of these two

names: *G. warburgii* (e.g. Bardunov & Cherdantseva, 1982), or *G. humillimum* (Ignatov & Afonina, 1992; Ignatov et al., 2006, Cherdantseva et al., 2018), however, without proper explanation. Recent molecular phylogenetic studies (Fedosov et al., in progress) demonstrated that specimen of Lazarenko was collected in one of the few localities where *G. humillimum* occurs in Russia. At the same time, *G. warburgii* remains a dubious species, while there are other species of *Glypomitrium* in Russia, both described and undescribed (Fedosov et al., in progress).

UDK 582.32(4-11)(084.42)

### **MASLOVSKY O.M.**

Institute of Experimental Botany, Belarus NAN  
Akademycheskaya str. 27, 220073, Minsk  
e-mail: oleg.maslovsky@tut.by

### **THE GEOGRAPHICAL ELEMENTS SYSTEM OF EASTERN EUROPE BRYOFLORA**

The system of geographical elements of Eastern Europe bryoflora, which is used at the present time, was proposed by Lazarenko (1944, 1956) and it is based on the determination as the main latitudinal elements with additions to the longitude principle. A similar approach is used in Western Europe, where arctic, taiga, temperate, alpine, and Mediterranean elements are most often distinguished (Düll, Meinunger (1989), Hill, Preston (1998), Frahm (2012), Kučera (2017) and others).

Geographical analysis of the bryofloras and identification of different geoelements of bryophytes in Eastern Europe have been devoted many works: Rykovsky (1980), Kostantinova (2000), Ignatov, Ignatova (2003, 2004) and many others. However, almost



all of the investigations were based on expert analysis and do not use quantitative indicators. This increases the role of subjective evaluation and makes it difficult to study the dynamics of the species and the specific of the geographic structures of the studied bryofloras.

To determination of geographical elements, we mapping of distribution of bryophytes on the territory of Eastern Europe as a whole. This territory was divided on 400 squares around 100 x 100 km. According of Biogeographic... (2011), the territory of Eastern Europe was divided on 5 biogeography regions: arctic, alpine, boreal, nemoral (temperate), arid. We calculated percentage from all number squares of Eastern Europe for each region, where species was presented. In total, more than 40 000 locations (squares) of 1350 bryophytes species were studied and mapped.

We divided 5 base elements of bryophytes in Eastern Europe: arctic, alpine, boreal, nemoral (temperate), arid and also group of cosmopolite. Also we divided some additional intermediate elements: arcto-alpine, boreal-alpine, boreal-arctic, boreal-nemoral, nemoral-alpine. Only latitudinal elements of flora are considered in the present work. Addition investigations on the territory of all Europe and another continents get possibilities to correction of this elements for concrete species.

**Arctic element** includes species whose areal are located in the Far North, in the continental tundra zone and on the Arctic islands. Typical arctic bryophytes are: *Tetraplodon paradoxus*, *Drepanocladus arcticus*, *Hygrohypnum polare* and others.

**Arcto-alpine element** is formed by species distributed in the Arctic and in the high-mountainous regions of Golartic (Lazarenko, 1956). Typical arcto-alpine species in region are: *Andreaea rupestris* v. *papillosa* (ARC+ALP=100%), *Coscinodon cribrosus* (91%), *Scapania obscura* (90%) and others.

**Boreal-arctic element.** Some northern bryophytes distribute mainly in arctic conditions, but often occupier also and north part of boreal zone. Typical boreal-arctic bryophytes in Eastern Europe are: *Andreaea crassinervia* (BOR+ARC=100%), *Encalypta mutica* (100%), *Jungermannia polaris* (100%) and others.

**Alpine (mountain) element.** This element is one of the most difficult and controversial. Some authors (for example, Bardunov, 1974: 81) consider that "mountain species are an ecological group rather than a zonal-geographical one." But mountains are a separate biogeographic region of Europe and presence of a separate geographic element is quite logical. The assignment of bryophytes to the Alpine element is a reflection of their geographical distribution. The ecological preferences of alpine species are reflected in the selection of intermediate elements. Typical alpine bryophytes (distribution in alpine region 100%) are: *Brachydontium trichodes*, *Campylostelium saxicola*, *Cynodontium bruntonii* and others.

**Boreal-alpine element.** Bryophytes of this element are distributed both in the boreal zone and in the mountains (totally more than 75%, with the distribution in one of the zones not less than 30%). Typical boreal-alpine bryophytes are: *Anomobryum julaceum* (ALP=50%+BOR=50%), *Cnestrum schisti* (47%+40%), *Dicranum drummondii* (39%+52%) and others.

**Boreal element** is most numerous. Boreal zone is the largest biogeographic region and occupies a central position. However, the number of boreal bryophytes is not so large when applying our quantitative approach than with traditional bryogeographic studies. Typical boreal bryophytes are: *Aneura maxima*, *Splachnum rubrum*, *Heterogemma laxa*, *Sphagnum affine* and others.

**Boreal-nemoral element.** This element is intermediate and it combines species that grow mainly in the boreal and nemoral (temperate) zones, but at the same time there is no significant shift

in their distribution to any one zone. Typical boreal-nemoral species in Eastern Europe are *Atrichum tenellum*, *A. undulatum*, *Bazzania trilobata*, *Callicladium haldanianum* and others.

**Nemoral (temperate) element.** There are few typical nemoral bryophytes in Eastern Europe, because zone of wide broad leaf forests is a relatively narrow triangle, with a wide base on the west and tapering to the east. According this quantitative estimation, the typical nemoral bryophytes are: *Pelekium minutulum*, *Oxyrrhynchium speciosum*, *Riccia huebenerian* and others.

**Nemoral-alpine element.** This element is not often distinguished, but its presence is logical together with the arctic-alpine, boreal-alpine. Nemoral-alpine element unites species that are mainly (more than 60%) distributed in the zone of deciduous forests and mountains. There are few typical bryophytes: *Entosthodon fascicularis*, *Haplocladium microphyllum*, *Hypnum imponens* and others.

**Arid element.** Bryophytes of this elements in its distributions are connected mainly with steppe zone and near desert territories. Typical arid bryophytes in Eastern Europe (more than 50% points in arid zone) are: *Entosthodon hungaricus*, *Acaulon triquetrum*, *Riccia papillosa* and others.

**Arid-alpine element.** Determination of its geographic elements are needed in additional investigations in other part of Europe and in another part of Asia.

**Cosmopolite.** There are also group of very widely distributed bryophytes on the territory of Eastern Europe, that have traditionally distinguished as cosmopolitans: *Ceratodon purpureus*, *Funaria hygrometrica* and others.

**MASLOVSKY O.M.**

**THE GEOGRAPHICAL ELEMENTS SYSTEM OF**

## **EASTERN EUROPE BRYOFLORA**

Based on the analysis of the distribution of 1350 species of Eastern European bryophytes in 400 squares, the possibility of quantitative determination of the geographical latitudinal elements of the bryoflora was substantiated. Six main (arctic, boreal, nemoral, arid, alpine and cosmopolitan) elements and 5 intermediate (arctic-boreal, boreal-nemoral, arcto-alpine, boreal-alpine and nemoral-alpine) were identified.

# СИНТАКСОНОМІЯ МОХОВОЇ РОСЛИННОСТІ

УДК 582.32:581.526.42/45 (477)

**ГАПОН С.В.**

ДВНЗ Полтавський національний педагогічний університет  
імені В.Г. Короленка,  
вул. Остроградського, 2, Полтава 36003, Україна  
e-mail: gaponsv58@gmail.com

## **БРІОУГРУПОВАННЯ УКРАЇНИ: СТАН ТА НАПРЯМКИ ВИВЧЕННЯ**

Дослідження мохових угруповань та бріосинтаксономія є важливим напрямком розвитку сучасної бріології. Бріосинтаксономічний напрямок в Україні бере свій початок ще з початку минулого століття. Піонерною науковою роботою є праця О. Сапегіна (1910), в якій автор розглядав мохові обростання як окремі одиниці рослинного покриву та наводив результати їх класифікації. Спроба детальної поетапної історії становлення бріосинтаксономічного напрямку в Україні була наведена нами раніше (Гапон, 2011). У його розвитку можна виділити два напрямки: перший – становлення різних підходів до розуміння суті мохових угруповань; другий – вибір різних методів щодо їх класифікації.

Велику увагу дослідженню мохових угруповань приділила відомий український бріолог – Купава Остапівна Улична. У низці її праць (1955, 1973, 1980, 1981; Улична та ін., 1989), проаналізовано історичний розвиток суті поняття бріоугруповань, так і підходів до їхньої класифікації.

Спочатку автор розглядає мохові угруповання як синузії, виділяючи їх за екологічними особливостями та субстратною приуроченістю. У своїй кандидатській дисертації (Улична, 1955), автор виділяє мохові синузії району Карпатських та Прикарпатських лісів, Західного Лісостепу (в межах Чернівецької обл.) та наводить класифікацію бріоугруповань. Такого розуміння поняття мохових угруповань як синузії дотримується і відомий український бріолог Лариса Яківна Партика (1966), у вивченні мохових угруповань Криму, схемі класифікації мохових синузій та їх характеристиці. Значно пізніше К.О. Улична змінює підхід до виділення мохових синузій, а саме виділяє їх за відмінностями в формах росту та життєвих формах (Улична, 1973, 1980, 1981).

У роботі «Про синузії мохоподібних» (1978) відомий український бріолог Михайло Федосійович Бойко наводить аналіз літератури щодо поняття мохових угруповань та класифікує мохові синузії Лівобережного Полісся України за відмінами в життєвих формах мохів.

Отже, на цьому етапі бріосинтаксономічного напрямку дослідження мохових угруповань маємо розрізнені дані, які стосуються Карпат, Прикарпаття, Західного Лісостепу, Лівобережного Полісся та Криму. Нами було продовжено цей напрямок вивчення мохових угруповань на прикладі Парасоцького лісу (Полтавська обл., Лівобережний Лісостеп України (Гапон, 1992).

70-80 роки ХХ століття розвитку вітчизняної фітоценології ознаменувалися переходом українських фітоценологів на засади еколого-флористичної класифікації на основі методу Браун-Бланке. Зібраний нами раніше бріофітоценологічний матеріал, підданий обробці за методом Браун-Бланке, дав можливість виділити 9 фітоценонів: одну епіфітну асоціацію та 8 безрангових угруповань (Гапон та ін.,

1998). Подальші дослідження бріоугруповань Лісостепу України та результати їх класифікації відображені у низці наших робіт (Гапон, 2001, 2002, 2004–2006, 2008–2011). Підсумки дослідження мохової рослинності Лісостепу України наведено у «Синтаксономії мохової рослинності» України (Лісостеп), (Гапон, 2014).

Питанню вивчення та класифікації епігейних бріоугруповань півдня України (в межах Степової зони) присвячена низка праць бріологів та ліхенологів Херсонської наукової школи під керівництвом М.Ф. Бойка (Ходосовцев, Бойко, 2011 та ін., 2011 а, б; Ходосовцев, Бойко, 2012).

Результати досліджень бріоугруповань України є в роботах Рабик І.В. та ін. (2010), Барсукова О.О. (2015), Рагуліної М.С. (2015), Лобачевської О.В., Карпінець Л.І. (2017), Карпінець Л.І. (2017). Структурі і динаміці бріофітних угруповань на девастованих землях Львівщини присвячена робота І.В. Рабик зі співавторами (Рабик, Данилків, Щербаченко, 2010). Барсуков О.О. вивчає склад та закономірності поширення епіфітних мохових угруповань у м. Харкові (2015). М.С. Рагуліною (2015), при встановленні участі мохоподібних у процесах самовідновлення техногенно порушених екосистем Волино-Поділля та Передкарпаття, наведено результати класифікації мохових угруповань за еколого-флористичною класифікацією та вибудовано їх екологічні ряди у низці сукцесій бріофітного покриву. Біоморфологічній та екологічній структурі бріофітних угруповань на території породних відвалів Червоноградського гірничо-промислового району присвячена робота Лобачевської О.В., Карпінець Л.І. (2017). Детальна характеристика епігейних бріоугруповань є в роботі Л.І. Карпінець (2017), присвяченій їхній участі в ренатуралізаційних процесах на породних відвалах вугільних

шахт Червоноградського гірничопромислового району (Львівська обл).

Напрямок вивчення бріоугруповань урбоєкосистем був продовжений в роботах Ю.В. Гапона (Гапон Ю., 2017, 2018), а також в роботі відомих українських вчених В.М. Вірченка та В.А. Онищенко (Онищенко, Вірченко, 2020).

Результати вивчення та класифікації бріоугруповань за еколого-флористичною класифікацією в Україні знайшли своє відображення в низці послідуєчих праць: С.В. Гапон (2014–2017; 2021); С.В. Гапон, Ю.В. Гапон (2018, 2020, 2021); Ю. Гапон (2017, 2018, 2021); Продромусі рослинності України (2019), відомого українського геоботаніка Я.П. Дідуха (2019).

У результаті бріосинтаксономічних досліджень встановлено, що виявлені бріоценози України належать до 11 класів, 14 порядків, 20 союзів, 48 асоціацій, 35 субасоціацій та 23 безрангових угруповань мохової рослинності.

Отже, в українській бріології, на сьогодні, виділяються два напрямки дослідження бріоугруповань. Мохові угруповання розглядаються:

1) як самостійні структурні елементи рослинного покриву – бріоценози і класифікуються за еколого-флористичною класифікацією;

2) як бріофітні синузії в складі бріофітного та загального рослинного покриву.

Територіально Україна ще недостатньо охоплена бріосинтаксономічними дослідженнями.

Таким чином, на сьогодні, детальне вивчення бріоугруповань та їх класифікація в Україні є своєчасним та має вагомий науковий цінність.

**GAPON S.V.**

**BRIOCOMMUNITIES OF UKRAINE: STATE AND**



## DIRECTIONS OF STUDY

The results and directions of studying briocommunities of Ukraine are given. The classification scheme of moss vegetation contains 11 classes, 14 orders, 20 unions, 48 associations, 35 sub-associations and 23 rankless groups.

УДК 582.32:581.526.42/45 (477)

<sup>1</sup>ГАПОН Ю.В., <sup>2</sup>ГАПОН С.В., <sup>3</sup>ФЕЛЬБАБА-КЛУШИНА Л.М.

<sup>1</sup>ДНЗ Полтавське вище міжрегіональне професійне училище, вул. Маршала Бірюзова, 64 а, Полтава 36007, Україна

<sup>2</sup>ДВНЗ Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка, вул. Остроградського, 2, Полтава 36003, Україна

<sup>3</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Університетська 14, Ужгород 88000, Україна

## РОЛЬ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДІВ *ORTHOTRICHUM* HEDW. ТА *NYGOLMIELLA* HOLMEN & E. WARNCKE В УТВОРЕННІ МОХОВИХ УГРУПОВАНЬ УРБООКОСИСТЕМ

Моховий покрив в урбоекосистемах є складовою частиною загального рослинного покриву і відіграє помітну роль в його формуванні. Окремі родини бріобіонтів та їх представники демонструють різну фітоценотичну активність при формуванні мохових угруповань. Вони заслуговують на детальне вивчення і є об'єктом сучасних бріологічних досліджень. Тому метою нашої роботи і було вивчення епіфітних мохових угруповань, які сформовані видами мохів родів *Orthotrichum* та *Nygolmiella* на прикладі двох

урбоєкосистем: міста Полтави (Полтавська обл.) та міста Ужгорода (Закарпатська обл.). За останні десятиліття зміни клімату та, особливо, збільшення тривалості посухи в літні місяці на Закарпатській низовині, де розташоване місто Ужгород, посилюють виразність природних умов, що характеризують лісостепову зону, в якій знаходиться м. Полтава.

Матеріалом для написання роботи слугували геоботанічні описи мохових угруповань, виконані під час експедиційних досліджень у 2015-2018 роках у м. Полтава та у 2018 р. – у м. Ужгород. У Полтаві дослідження були здійснені на вулицях Монастирській, Підмонастирській, Г. Сковороди та ін. в санітарних насадженнях дерев по березі р. Ворскла, а також в межах таких парків, як «Полтавський міський», «Перемога», «Корпусний парк», парк «Сонячний». У м. Ужгород були обстежені вулиці Підгірна, Замкова, Карпатська, Іршавська, масив Червениця та парк Боздошський. Оскільки мохи родини *Orthotrichaceae* в Україні є переважно епіфітами, ми обстежували епіфітні угруповання на різних широколистяних породах форофітів. Для складання класифікаційної схеми було залучено 107 геоботанічних описів епіфітних бріогруповань. Опрацювання даних виконані за загальноприйнятою методикою, охарактеризованою С.В. Гапон раніше (Гапон, 2013). При укладанні сучасної класифікаційної схеми мохової рослинності були використані підходи, висвітлені у працях R. Matstaller (2006) та L. Mucina et al. (2016), а також власні попередні напрацювання (Гапон та ін., 2018). Назви мохоподібних наведено за «Чеклістом мохоподібних України (Бойко, 2014). Діагностичні види позначені: d.s. Автор синтаксону та рік його встановлення наведені в синтаксономічній схемі.

Рід *Orthotrichum* налічує від 116 до 156 видів, які

приурочені переважно до неморальної зони (Игнатов, 2003). В Україні рід представлений, за даними М.Ф. Бойка (2014), 16 видами та двома різновидностями роду, рід *Nygmolmiella* – двома видами. Для Лісостепу України за С.В. Гапон (2011) наведено 13 видів роду *Orthotrichum* та два види роду *Nygmolmiella*.

У результаті оригінальних досліджень у складі епіфітних бріоугруповань досліджуваних міст встановлена участь таких видів: *Orthotrichum affine* Schrad. ex Brid., *O. pallens* Bruch ex Brid., *O. pumilum* Sw., *O. striatum* Hedw., *O. speciosum* Nees, *Nygmolmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & Warncke). Обстежені біоценози належать до класу ***Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis*** мохової рослинності, порядку *Orthotrichetalia* та трьох союзів: *Ulotion crispae* (асоціації *Orthotrichetum pallentis*, субасоціації – *typicum* та *pylaisietosum polyantae*; *Orthotrichetum speciosi*, *Pylaisietum polyantae*, *Pylaisielletum-Leskeelletum nervosae*), союзу *Syntrichion laevipilae* (*Orthotrichetum fallacis*), *Leskion polycarpae* (*Leskeetum polycarpae* та три субасоціації: *typicum*, *orthotrichetosum speciosi* та *pylaisielletosum polyanthae*, *Orthotrichetum obtusifolii*). Ценотична участь видів досліджуваних родів у біоценозах урбоекосистем проявляється по-різному: *O. pallens*, *O. pumilum*, *O. striatum*, *O. speciosum*, *Nygmolmiella obtusifolia* є діагностичними видами асоціацій: *Orthotrichetum pallentis*, *Orthotrichetum speciosi*, *Orthotrichetum fallacis*, *Orthotrichetum obtusifolii*. У складі асоціацій *Pylaisietum polyantae*, *Pylaisielletum-Leskeelletum nervosae*, *Leskeetum polycarpae* низка видів досліджуваних родів виступають як діагностичні види порядку *Orthotrichetalia* (*Orthotrichum speciosum*, *Nygmolmiella obtusifolia*) або належать до складу групи «Інші мохи», характеризуючись низькою чи спорадичною частотою трапляння. Перелік та позиція

синтаксонів з участю видів досліджуваних родів наведено в класифікаційній схемі мохової рослинності класу *Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis*:

**Cl. *Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis*** Mohan 1978 em. Marst. 1985

Ord. *Orthotrichetalia* Had. in Kl. et Had. 1944

All. *Ulotion crispae* Barkm. 1958

Ass. *Orthotrichetum pallentis* Ochns. 1928

Ass. *Orthotrichetum speciosi* Barkm. 1958

Ass. *Pylaisietum polyantae* Felf. 1941

Ass. *Pylaisielleto-Leskeelletum nervosae* Baischeva et al. 1993

All. *Syntrichion laevipilae* Ochner 1928

Ass. *Orthotrichetum fallacis* v. Krus. 1945

All. *Leskion polycarpae* Barkm. 1958

Ass. *Leskeetum polycarpae* Horvat ex Pec. 1965

У цілому, досліджувані угруповання є типовими епіфітними, які зрідка трапляються на мертвій деревині, що лише починає руйнуватися. Екологічно ці угруповання є ксеро- та ксеромезофітними, формуються при недостатньому зволоженні, при середньому та надмірному освітленні, приурочені до стовбурової зони форофітів. На вулицях міст частіше трапляються бріоценози асоціацій *Orthotrichetum fallacis*, *Orthotrichetum speciosi*, *Pylaisietum polyantae*, *Leskeetum polycarpae*, а в околицях міст – *Orthotrichetum pallentis*, *Pylaisielleto-Leskeelletum nervosae*, *Orthotrichetum obtusifolii*.

Отже, помітна участь бріоценозів з участю видів родів *Orthotrichum* та *Nygmolmiella* в складі мохового покриву урбоєкосистем свідчить про їхню урботолерантність, а такі бріоугруповання, на нашу думку, можна розглядати як біоіндикатори для моніторингу міських екосистем. Необхідно

зазначити, що усі наведені бріоугруповання були виявлені й ідентифіковані в обох містах, що ще раз підтверджує подібність екологічних умов їх формування.

**GAPON Yu.V., GAPON S.V., FELBABA-KLUSHYNA L.M.**

**THE ROLE OF REPRESENTATIVES OF THE GENUS  
*ORTHOTRICHUM* HEDW. AND *NYGOLMIELLA* HOLMEN  
& E. WARNCKE IN THE FORMATION OF MOSS  
COMMUNITIES BY URBOECOSYSTEMS**

The coenotic participation of species of the genus *Orthotrichum* and *Nygmolmiella* in the formation of moss communities of urban ecosystems within the cities Poltava and Uzhhorod is characterized. The Classification Scheme of Moss Vegetation of the Class *Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis* Mohan 1978 em is given. Marst. 1985.

УДК 662.271.4+582.32

**<sup>1</sup>КАРПІНЕЦЬ Л.І., <sup>2</sup>ЛОБАЧЕВСЬКА О.В., <sup>1</sup>БАРАНОВ  
В. І., <sup>2</sup>БЕШЛЕЙ С.В., <sup>2</sup>СОХАНЬЧАК Р.Р.**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна  
e-mail:lyudmyla.vo@gmail.com

<sup>2</sup>Інститут екології Карпат НАН України,  
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна

**ФЛОРИСТИЧНИЙ СКЛАД БРІОСИНУЗІЙ ТА ЇХ  
СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ  
І САМОЗАРОСЛИХ ВІДВАЛАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ  
ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО  
РАЙОНУ**

У ході еволюції мохоподібні виробили альтернативні стратегії для збереження життєдіяльності та ефективного поширення у

навколишньому середовищі, формуючи стійкі угруповання та займаючи окрему екологічну нішу. Специфічність морфологічної будови дернин дає змогу бріофітам заселяти різні типи субстратів: каміння (епіліти), гнилу деревину (епіксили), дерева (епіфіти) та ґрунти (епігеї), а також значний арсенал пристосувань (форма росту, життєві стратегії, спосіб розмноження тощо) робить їх екологічно пластичними, забезпечує їх існування і поширення у досить мінливих та екстремальних умовах середовища.

Об'єктом досліджень були стійкі бріоугруповання, які заселили породні відвали вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району, – незарослий та частково рекультивований відвал Центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ), рекультивований терикон шахти “Надія” та самозарослий відвал шахти “Візейська”.

Мета дослідження – вивчити видовий склад виявлених мохових угруповань, встановити їхній ранг, визначити форми росту та життєві стратегії бріофітів залежно від положення на відвалах та ступеня їх рекультивації.

Систематичне опрацювання флористичних зборів здійснювали за визначниками мохів (Бачурина, Мельничук, 1987, 1988, 1989, 2003; Игнатов, Игнатова, 2003, 2004). Класифікацію та номенклатуру видів мохів встановлювали за М. Гілом та ін. (Hill, Bell, Bruggeman-Nannenga et al., 2006) печіночників – за Р. Гролем, Д. Лонгом (Grolle, Long, 2000) та Б. Крандал-Стотлер, Р. Стотлером (Crandall-Stotler, Stotler, 2009). Аналіз типів життєвих стратегій мохів здійснювали за системою Г. Дюрінга (During, 1992). Проективне покриття кожного виду встановлювали за модифікованим методом Н. Корневої (Улычна, Гапон, Кулык, 1986) та шкалою Ж. Браун-Бланке (Кузярін, 2013). Біоморфну структуру мохів визначали за загальноприйнятою методикою з доповненням (Gimingham,

Robertson, 1950; Magdefrau, 1982; Richards, 1984; Glime, 2007). Стіькі мохові угруповання розглядали у ранзі бріосинузій (Гапон, 2010; Гапон, 2013), класифікуючи їх за доміантними ознаками та життєвими формами діагностичних видів мохів (Бойко, 1978; Улична, 1980; Гапон, 2011; Ходосовцев, Бойко, Надєіна, Ходосовцева, 2015).

На дослідних ділянках відвалів визначено 14 стійких бріофітних угруповань, сформованих з 20-ти видів мохоподібних. Виявлені бріосинузії можуть бути як самостійними виділами, так і невід'ємними компонентами (у ранзі синузій) асоціацій судинних рослин (Гапон, 2010, 2013). Флористичний склад угруповань залежав від мікрорельєфу, положення (вершина, тераса, підніжжя) на відвалі, його віку та приуроченості до умов місцевиростань. Визначені мохи належать до 2 відділів: відділ Bryophyta, який представлений 19-ма видами листкостеблових мохів, що належать до 9 родин, та Marchantiophyta, репрезентований 1 видом печіночника, з родини Cephaloziaceae – *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. Серед мохоподібних відділу Bryophyta провідною є родина Brachytheciaceae (7 видів), дещо меншими за кількістю видів є Polytrichaceae (3) та Bryaceae (3).

На породних відвалах мохи в процесі природного відновлення рослинності формують угруповання, що характеризуються певними закономірностями поєднання видів. Мохові угруповання, що є сталими одноярусними епігейними бріосинузіями, відрізнялися між собою за доміантними видами та їх біоморною структурою.

На проаналізованих ділянках вершини та тераси відвалу ЦЗФ бріосинузії були переважно моновидовими або з незначним видовим різноманіттям, утворених одним або двома видами (*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Polytrichum piliferum* Hedw.). На наймолодшому відвалі ЦЗФ стійкі

бріофітні угруповання здебільшого представлені ксеромезофітними, інцертофільними та олігомезотрофними видами. На відвалі шахти “Візейська” угруповання сформовані з трьох (вершина) та чотирьох (тераса) видів мохоподібних. У його підніжжі в оптимальніших екологічних умовах бріосинузії утворюють 8 представників бріофлори, зокрема *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M. Fleisch., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp., здебільшого мезофіти та мезогірофіти. На відвалі шахти “Надія” в гетерогенних умовах існування угруповання формують від одного до п’яти видів мохів. Найбільш чисельну видову різноманітність бріосинузій на вершині відвалу представляють домінуючі верхоспорогонні мохи – *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum formosum* Hedw., *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., *Sphagnum girgensohnii* Russow.

Встановлено, що значну частку у бріосинузіях на відвалах займають види із біоморфною структурою щільної дернини, які приурочені здебільшого до відкритих та сухих місцевиростань (відвал шахти “Надія” та ЦЗФ). Деяку меншу частку становлять пухкодернинні та плетивні синузії. Здебільшого діагностичним видом щільнодернинних синузій на відвалах шахти “Надія” та ЦЗФ є *Ceratodon purpureus*, а пухкодернинних – *Polytrichum piliferum* та *Polytrichum juniperinum* – відвал шахти “Візейська”. Плетивні синузії з діагностичним видом – *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. характерні для відвалів шахт “Надія” та “Візейська”.

Збільшення частки космополітичних елементів в угрупованнях та значна частота їхнього трапляння зумовлені їх широкою екологічною амплітудою, що дає можливість заселяти техногенні території з екстремальними або з досить



мінливими умовами. На шахтних відвалах види-поселенці (*Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum* Hedw., *Polytrichum piliferum*) трапляються на субстратах бідних на поживні речовини та з екстремальним гідротермічним режимом (вершина та тераса ЦЗФ, тераса відвалу шахти “Надія”). На ділянках зі стабільнішими екологічними умовами та багатшим мінеральним і органічним складом поселяються бокоспорогонні мохи за життєвою стратегією – багаторічні стаєри (*Brachythecium glareosum*, *Rhynchostegium murale* (Hedw.) Schimp. (підніжжя відвалу шахти “Візейська”, вершина відвалу шахти “Надія”).

Отже, неспецифічні мікрокліматичні умови та фізико-хімічні властивості породних відвалів стали передумовою для поширення мохоподібних та формування бріосинузій з різними кількісним та видовим складом, життєвими формами та життєвими стратегіями. Встановлено, що у біоморфологічній структурі мохоподібних переважають види з життєвими формами щільна і пухка дернини та плетиво, серед екоморф – геліофіти, мезофіти й ксеромезофіти, а також епігеї з помітною часткою інцертофілів.

**KARPINETS L.I., LOBACHEVSKA O.V., BARANOV V.I.,  
BESHLEY S.V., SOKHANCHAK R.R.**

#### **FLORISTIC COMPOSITION OF THE BRYOSYNUSIAE AND THEIR STRUCTURAL ORGANIZATION ON THE RECLAMATION AND NATURALLY OVERGROWN ROCK DUMPS OF COAL MINES CHERVONOGRAD INDUSTRIAL MINING REGION**

On the investigated rock dumps of the Chervonograd mining region were detected 14 stable moss communities. Their rank as epigeic bryosynusiae that differentiated by dominant species and life forms was established. The moss species composition and projective coverage of each species of bryosynusiae were

determined. The analysis of life forms and life strategies of each species of bryophytes was made.

УДК 582.32:502.72 (292.451)

**РАГУЛІНА М.Є.**

Державний природознавчий музей НАН України  
вул. Театральна, 18, 79008, Львів  
e-mail: funaria@ukr.net

## **МОХОВА РОСЛИННІСТЬ СКЕЛЬНИХ ВИХОДІВ СКОЛІВСЬКИХ БЕСКИДІВ**

Скельні виходи Сколівських Бескидів (Українські Карпати), утворені пісковиками ямненської свити, є нечисельними та відслонюються кількома ізольованими локалітетами. Вони мають важливе значення як перспективні об'єкти природоохоронної мережі Natura-2000 (силікатні скелі з хазмофітами – 8210). Домінантною групою рослинності є бріобіота, а отже, актуальним є вивчення екологічної та фітосоціологічної структури мохового покриву.

Вивчення мохової рослинності проводили методом флористичного обліку оселищ (Newmaster, 2005) Масиви, утворені силікатними породами, досліджували в околицях населених пунктів Труханів, Тишівниця, Урич, Ямельниця та Розгірче (Стрийський район Львівської області). Враховуючи характер мезорельєфу, на скельних виходах виділяли такі типи мікрооселищ: відслонення силікатних порід – освітлені (А) та затінені (В), скелі з прошарком гумусу – освітлені (С), затінені сухі (D) та вологі (Е). Ідентифікацію синтаксонів проводили за продромусами мохової рослинності (Bardat & Hauguel, 2002; Puglisi & Privitera, 2012).

Встановлено, що мохова рослинність скельних виходів

Сколівських Бескидів відзначається значною гетерогенністю за низкою екологічних преференцій та репрезентована 5 безранговими угрупованнями та 21 асоціацією, приналежними до 13 союзів 6 бріоценотичних класів.

Описи основних синтаксонів мохової рослинності досліджуваних скельних виходів подано за такою схемою: **КЛАС / Союз:** екологічна характеристика / асоціація / угруповання – *сот:* діагностичні та типові види (**ОСЕЛИЩЕ**).

**CERATODONTO-POLYTRICHETEA PILIFERI** Mohan 1978

**Ceratodonto purpurei-Polytrichion piliferi** Waldeim ex v. Hübschmann 1967: піонерна епілітна рослинність освітлених силікатних скель (інцертофільна, аерофільна, ксеро-мезофільна, геліофільна)

• *Polytrichetum juniperini* Krusenstjerna 1945: *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum piliferum* (A)

**GRIMMIETEA ALPESTRIS** Hadác et Vondráček in Jexek et Vondráček 1962

**Grimmion hartmanii** Hertel 1974: піонерна епілітна рослинність затінених силікатних скель (ацидофільна, аерофільна, ксеро-мезофільна, сціофільна)

• *Grimmietum hartmanii* Stormer 1938: *Hedwigia ciliata*, *Paraleucobryum longifolium*, *Grimmia hartmanii*. *Dicranum fulvum* (B)

**CLADONIO DIGITATAE-LEPIDOZIETEA REPTANTIS** Jexek et Vondráček 1962

**Pogonatenion urnigeri** (v. Krusentsjerna 1945) Philippi 1956 em. Marstaller 1984: пост-піонерні гумо-епілітні угруповання освітлених скель з прошарком ґрунту (ацидофільні, ксеро-мезофільні, геліофільні)

• *Pogonato urnigeri-Atrichetum undulati* v. Krusenstjerna 1945:

*Atrichum undulatum*, *Pogonatum urnigerum*, *Polytrichum formosum* (A)

**Diplophyllion albicantis** Philippi 1956: пост-піонерні гумо-епілітні угруповання затінених скель з прошарком ґрунту (ацидофільні, мезофільні, сціофільні).

• *Diplophyllo albicantis-Scapanietum nemorosae* Smarda 1947: *Scapania nemorea*, *Diplophyllum albicans*, *Lophozia wenzelii*, *Tritomaria exsecta*, *Pohlia cruda* (D)

• *Rhabdoweisia crispatae-Diplophylletum albicantis* Philippi 1956: *Rhabdoweisia crispata* (D)

• *Diphyscietum foliosi* (Amman 1928) Philippi 1963: *Diphyscium foliosum* (D)

**Pellion epiphyllae** Marstaller 1984: пост-піонерні гумо-епілітні угруповання затінених вологих скель з прошарком ґрунту (ацидофільні, гігро-мезофільні, сціофільні).

• *Pellietum epiphyllae* Schade ex Ricek 1970: *Pellia epiphylla*, *Mnium hornum*, *Rhizomnium punctatum* (E)

**NECKERETEA COMPLANATAE** Marstaller 1986

**Neckerion complanatae** Smarda & Hadác in Klika & Hadác 1944: клімаксові полісубстратні, гумо-епілітні/-фітні угруповання вертикальних затінених скель з прошарком гумусу (нейтрофільні, ксеро-мезофільні, геліо-сціофільні).

• *Pterigynandretum filiformis* Hiltzer 1925: *Pseudoleskeella nervosa*, *Pterigynandrum filiforme*, *Homalia trichomanoides*, *Anomodon viticulosus*, *Metzgeria conjugata*, *Homalothecium philippeanum* (D).

**Neckerenion complanato-besseri** Marstaller 1992: клімаксові полісубстратні, гумо-епілітні/-фітні угруповання вертикальних помірно затінених скель з прошарком гумусу (нейтрофільні, ксеро-мезофільні, геліо-сціофільні).

• *Anomodonto viticulosi-Leucodontetum sciuroidis* Wisniewski 1930: *Anomodon viticulosus*, *Alleniella complanata*, *Leucodon*

*sciuroides*, *Neckera pennata* (C/D).

- *Homalothecio sericei-Neckeretum besseri* Jezek & Vondráček 1962: *Alleniella besseri*, *Leucodon sciuroides* (C/D).

**HYPNETEA CUPRESSIFORMIS** Jezek & Vondráček 1962

**Dicrano scoparii-Hypnion filiformis** Barkman 1958: пост-піонерні та клімаксові полісубстратні епілітні\кисільні угруповання затінених горизонтальних скель, з добре гумусованим субстратом (мезофільні, геліо-сціофільні).

- *Dicrano scoparii-Hypnetum filiformis* Barkman 1958: *Dicranum montanum*, *Hypnum cupressiforme*, *Dicranum scoparium* (C/D)

- *Bazzanietum trilobatae* Bardat 1993: *Bazzania trilobata* (D).

- *Leucobryum glaucum* + *Dicranum scoparium* – com (C/D).

**RAGULINA M.E.**

**BRYOBIONTA VEGETATION ON ROCK OUTCROPS OF SKOLE BESKYDY**

Bryobionta vegetation on silicate rocks of Skole Beskydy is characterized by significant heterogeneity in a number of ecological preferences and includes 5 communities and 21 associations belonging to 13 alliances and 6 bryosociological classes.

## МЕХАНІЗМИ СТІЙКОСТІ ТА АДАПТИВНОСТІ БРІОФІТІВ

УДК 582.32.575.17

**БАЇК О.Л.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька, 4, Львів, 79026, Україна  
e-mail: baik.oksana@gmail.com

### **РОЛЬ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ АНТИОКСИДАНТІВ МОХУ *BRYUM CAESPITICIUM* HEDW. В АДАПТАЦІЇ ДО ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕСУ НА ТЕРИТОРІЇ ВИДОБУТКУ СІРКИ**

Важливу роль у захисті рослин від окислювального стресу відіграє антиоксидантна система (АОС), до якої належать як високомолекулярні антиоксиданти, так і низькомолекулярні метаболіти, зокрема, речовини фенольної природи (розчинні феноли, антоціани, флавоноїди), а також речовини терпеноїдної природи – каротиноїди. Вважається, що низькомолекулярні антиоксиданти є одним з механізмів конститутивної стійкості рослин до гіпертермії (Обозный и др., 2013). Низькомолекулярні антиоксиданти різні за структурою і хімічними властивостями сполуки, що здатні взаємодіяти з кисневими і органічними радикалами, інгібувати протікання вільнорадикальних процесів в клітинах.

Речовини фенольної природи вважаються найважливішими ендогенними низькомолекулярними органічними антиоксидантами, які є активними метаболітами клітинного обміну. Протекторний ефект рослинних фенолів у судинних рослин доведено у випадках дії екстремально високих та низьких температур, високої інсоляції, засолення

та ін. (Ахмадиева и др., 1993; Макарова, 1994; Rivero et al., 2001; Edreva et al., 2008).

Недостатньо досліджено питання щодо захисної ролі низькомолекулярних антиоксидантів у розвитку стрес-толерантності до дії аномально високих температур та інсоляції, зокрема у мохів. Тому метою досліджень було вивчення змін кількісного вмісту фенольних сполук, антоціанового та каротиноїдного пігментного комплексу у моху *Bryum caespiticium* Hedw. з дослідних трансект відвалу №1 Державного гірничо-хімічного підприємства „Сірка” за дії гіпертермії та високої інтенсивності освітлення.

Встановлено, що в літній період найвищий вміст фенольних сполук був у зразках *B. caespiticium* з північної вершини –  $0,89 \pm 0,04$  мг/г маси с.р., де температура становила  $35-38^{\circ}\text{C}$ , а інтенсивність освітлення – 10-11 тис. лк; дещо нижчий показник у зразках з плато –  $0,65 \pm 0,03$  мг/г маси с.р. Значно нижчими були показники вмісту фенольних сполук у зразках моху з північного схилу та основи за значно нижчих температур та інтенсивності освітлення 6-7 тис. лк –  $0,59 \pm 0,05$  та  $0,52 \pm 0,03$  мг/г маси с.р. відповідно.

Під впливом гіпертермії в умовах експерименту ( $42^{\circ}\text{C}$  впродовж 2 год) підвищувався вміст фенольних сполук в усіх дослідних зразках. Однак найістотніше цей показник збільшувався у зразках *B. caespiticium* з основи відвалу ( $0,78 \pm 0,04$  мг/г маси с.р.), що майже в 1,5 рази перевищував вміст фенольних сполук у природних умовах. У відповідь на температурний стрес активуються неспецифічні адаптивні механізми у клітинах рослин. Можливо, що саме з індукцією цих механізмів пов'язане збільшення синтезу фенольних сполук, які відіграють роль компонентів антиоксидантної системи рослин (Requejo et al., 2000).

Є літературні дані (Cholker-Shon, 1999; Меньшикова и

др., 2006; Soriano et al., 2019) про зміни вмісту окремих класів фенольних сполук, а також адаптивної ролі антоціанів за дії екстремальних абіотичних чинників. Вміст антоціанів є домінуючим компонентом фенольного комплексу. Вважають, що антоціани беруть участь у захисті мембран тилакоїдів в умовах стресу (Neill et al., 2002). Нами виявлено тенденцію нагромадження антоціанів за умов високих температур та інтенсивності освітлення в літній період, особливо, на вершині відвалу ( $8,83 \pm 0,44$  мг/г с.м) та північному схилі відвалу ( $8,41 \pm 0,40$  мг/г с.м), порівняно з основою ( $6,34 \pm 0,38$  мг/г с.м). Восени вміст антоціанів дещо зменшувався в 1,2–1,3 рази на усіх дослідних трансектах, хоча тенденція зростання їх вмісту від основи до вершини зберігалась. Під впливом гіпертермії в умовах експерименту ( $42^\circ\text{C}$  впродовж 2 год) встановлено незначне (в 1,2 рази) підвищення вмісту антоціанів в усіх дослідних зразках *B. caespitium*.

Високий вміст антоціанів у відповідь на температурний стрес та інсоляцію свідчить про важливу їхню роль у подоланні оксидативного стресу і адаптацію моху. Очевидно, реакцією рослин моху на несприятливі фактори довкілля є підвищення рівня антоціанів, яке спрямоване на знешкодження окисних пошкоджень, викликаних дією стрес-факторів. Оскільки відомо, що існує тісний взаємозв'язок між нагромадженням, якісними та кількісними характеристиками антоціанів в рослинах і факторами природного середовища, зокрема, температурою та інтенсивністю освітлення (Красильникова, 2004).

Дослідження показали сезонну мінливість вмісту каротиноїдів у моху *B. caespitium* із дослідних трансект. Встановлено зростання вмісту каротиноїдів на трансектах з високою інтенсивністю освітлення та температурою (північна вершина та плато відвалу) влітку та восени. Так, вміст



каротиноїдів на вершині відвалу влітку був найвищим і становив  $0,73 \pm 0,02$  мг/г с.м., на плато –  $0,55 \pm 0,03$  мг/г с.м., Найнижчий показник вмісту каротиноїдів був у моху з основи відвалу –  $0,41 \pm 0,05$  мг/г с.м. Таке підвищення вмісту каротиноїдів свідчить про розвиток захисних реакцій, що сприяють розсіюванню надлишкової світлової енергії та знешкоджують АФК. Восени ця тенденція зменшення вмісту каротиноїдів у зразках від вершини до основи відвалу зберігалась. За оптимальних кліматичних умов восени вміст каротиноїдів на вершині відвалу становив  $0,61 \pm 0,02$  мг/г с.м., а в основі зменшувався до  $0,38 \pm 0,05$  мг/г с.м. Очевидно, посилений синтез каротиноїдів у моху *B. caespiticium* є генетично обумовленим і необхідною умовою виживання в умовах абіотичного стресу.

Відомо, що флавоноїди накопичуються під час стресу, підвищуючи стійкість рослин і є індикаторами їхнього фізіологічного стану. Захисна роль флавоноїдів проявляється у підвищенні їхнього біосинтезу як відповідь на дію стресових факторів. Встановлено, що влітку за високих температур, інтенсивності освітлення та різко вираженого дефіциту вологи вміст флавоноїдів зростав від основи до вершини відвалу. Так, на вершині відвалу вміст флавоноїдів становив  $19,56 \pm 0,21$  мг/г с.м., на північному схилі –  $17,61 \pm 0,21$  мг/г с.м., на плато –  $18,21 \pm 0,30$  мг/г с.м., а в основі –  $14,51 \pm 0,21$  мг/г с.м. В осінній період у відповідь на зниження температур також відбувався інтенсивний біосинтез флавоноїдів, зокрема, на вершині та плато =  $17,09 \pm 0,11$  мг/г с.м., та  $17,19 \pm 0,20$  мг/г с.м. відповідно, на північному схилі та в основі відвалу –  $14,23 \pm 0,23$  мг/г с.м.  $12,30 \pm 0,18$  мг/г с.м. відповідно

Очевидно, зростання вмісту флавоноїдів восени

супроводжувалося підвищенням стійкості клітин до зниження температур, оскільки вуглеводні залишки флавоноїдів, аналогічно крохмалю, затримують кристалізацію води, а їхні гідроксильні групи можуть формувати водневі зв'язки з молекулами води. Окрім того, при адаптаційних процесах рослин до стресових факторів посилюється експресія генів, відповідальних за синтез ферментів флавонового метаболізму (Winkel-Shirley, 2001). На основі отриманих даних встановлено сезонну динаміку накопичення флавоноїдів та взаємозв'язок між вмістом флавоноїдів та негативним впливом екстремальних стресових факторів у моху *B. caespiticium*.

Отже, у відповідь на високу інсоляцію влітку та зниження температур в осінній період змінюється вміст речовин фенольної природи та каротиноїдів, що сприяє адаптації рослин.

## **BAIK O.L.**

### **THE ROLE OF LOW MOLECULAR ANTIOXIDANTS OF THE MOSS *BRYUM CAESPITICUM* HEDW. IN ADAPTATION TO TEMPERATURE STRESS IN SULFUR DEPOSIT TERRITORY**

The work aims to investigate the seasonal dynamics of flavonoids accumulation in the shoots of the moss *B. caespiticium* and the relationship between the content of low molecular metabolites and the negative influence of ecological factors at the territory of sulphur mining dump. It was established changes in the content of phenolic substances and carotenoids in response to high insolation in summer and lower temperatures in autumn, that increase the resilience of plants.

УДК 581.1; 581.5; 582.34

**КИЯК Н.Я.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька 4, Львів 79026, Україна  
e-mail:kyuak\_n@i.ua

## **ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АДАПТАЦІЇ МОХІВ ДО ЗАСОЛЕННЯ**

Головним стресовим чинником, що гальмує процеси формування фітоценозів на території хвостосховища Стебницького гірничо-хімічного підприємства «Полімінерал» (Львівська обл.) є засолення субстрату, що зумовлене накопиченням відходів флотаційного збагачення калійних та магнієвих руд. Бріофіти є важливими компонентами первинних рослинних угруповань на субстратах хвостосховища із високим ступенем засолення, тому актуальним є пізнання механізмів їх стійкості до сольового стресу. У впливі засолення на рослинний організм можна виділити 2 компоненти: осмотичний, що пов'язаний зі зниженням осмотичного потенціалу розчину і зменшенням доступності води, та токсичний компонент, зумовлений проникненням солей  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^+$  у цитоплазму клітин.

У мохів одним із найважливіших механізмів адаптації до осмотичного стресу є збільшення концентрації розчинних вуглеводів. У зв'язку з тим, досліджували метаболізм вуглеводів у мохів *Barbula unquiculata* Hedw. і *Didymodon rigidulus* Hedw., які росли в умовах дуже сильного ступеня засолення субстрату хвостосховища (вміст  $\text{SO}_4^{2-}$ -іону становив 23,6 мг-екв/ 100 г ґрунту, а вміст  $\text{Cl}^-$  іону – 12,4 мг-екв /100 г ґрунту) та мохів *Bryum caespiticium* Hedw. і *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Schimp., що заселяли береги хвостосховища за меншого ступеня засолення (10,4 мг-

екв/ 100 г ґрунту  $\text{SO}_4^{2-}$ -іону і 7,6 мг-екв/ 100 г ґрунту  $\text{Cl}^-$ -іону). Контролем були рослини, зібрані за межами хвостосховища в околиці м. Стебник.

Зафіксовано значне нагромадження розчинних цукрів (220,3–380,5 мкг/г с. м.) у пагонах мохів *Barbula unquiculata* та *Didymodon rigidulus* в умовах сильного засолення. На субстраті з нижчим рівнем сольового стресу у пагонах *Brachythecium campestre* визначено найменшу кількість осмолітів (61,71 мкг/г с. м.). Загалом, в умовах засолення у мохів із вищою толерантністю до осмотичного стресу вміст розчинних вуглеводів становив 16–26 % від загального пулу карбогідратів у рослинах та ~12 % – у менш толерантного виду моху *Brachythecium campestre*. У рослинах із фонові території їх кількість була в 1,2–1,5 разів меншою. Тобто, реакцією досліджуваних видів мохів було збільшення концентрації розчинних вуглеводів в умовах сольового стресу, порівняно з рослинами з фонові території.

Наші дослідження показали, що у мохів в умовах сольового стресу у складі розчинних вуглеводів переважають дисахариди, насамперед, сахароза. У пагонах *Barbula unquiculata* та *Didymodon rigidulus*, що росли в умовах сильного засолення субстрату хвостосховища, концентрація сахарози була у межах 178,2–253,5 мкг/г с. м., що в загальному пулі розчинних вуглеводів становило 66,1–79,5 %. Для рослин *Bryum caespitium* та *Brachythecium campestre* із менше забрудненої території вміст дисахариду становив 113,8–136,2 мкг/г с. м., однак його частка у загальній кількості розчинних цукрів також була високою – 59,0–71,4 %. У рослинах з фонові території визначено в 1,6–2,2 рази нижчі концентрації сахарози. Вміст моноцукрів у пагонах досліджуваних мохів з хвостосховища становив 33,8–74,2 мкг/г с. м., а їх частка у сумарному пулі розчинних вуглеводів не перевищувала 20 %.

Порівняно з рослинами з фонової території у пагонах *Didymodon rigidulus* вміст моноцукрів підвищувався найсуттєвіше – майже удвічі, у рослинах *Bryum caespiticium* та *Brachythecium campestre* визначено в 1,3–1,4 рази вищу їх концентрацію, тому можна зробити висновок про участь моноцукрів у захисті клітин бріофітів в умовах засолення. Тобто, адаптація бріофітів до засолення субстрату проявляється у перерозподілі вуглеводного обміну у напрямку гідролізу полісахаридів та накопиченні розчинних вуглеводів.

Одним із головних механізмів, що регулює концентрацію іонів натрію у цитозолі є робота мембранних pomp –  $H^+$ -АТФ-аз, які створюють електрохімічний градієнт, необхідний для видалення надлишку моновалентних іонів  $Na^+$  назовні клітини чи у вакуоль. Виявлено, що АТФазна активність залежала від інтенсивності сольового стресу та видових особливостей мохів. В умовах дуже сильного засолення у рослинах *Barbula unguiculata* та *Didymodon rigidulus* активність ферменту була у межах 0,824–0,911 мкМ  $P_i$ /год/мг білка. Водночас у пагонах цих видів із фонової території активність ферменту була на 30–38 % меншою, що свідчить про участь  $H^+$ -pomp плазматичної мембрани в адаптації бріофітів до сольового стресу.

Підвищення активності  $H^+$ -АТФ-ази в клітинах мохів в умовах засолення сприяло видаленню надлишку іонів  $Na^+$  назовні, що підтверджується результатами досліджень клітинної локалізації натрію у пагонах мохів. У рослинах *Didymodon rigidulus* і *Barbula unguiculata* визначено 133,09 та 151,57 мкг/г сух. маси натрію відповідно і майже 75 % від загального вмісту натрію було локалізовано у клітинній стінці (95,7–112,2 мкг/г сух. маси). У пагонах цих мохів з фонової території сумарний вміст натрію був на 35–38 % меншим, ніж у рослинах із території хвостосховища і його локалізація у

зовнішньоклітинних сайтах і внутрішньоклітинному матриксі була майже однаковою. Тобто, щоби запобігти негативним ефектам сольового стресу у солетолерантних видів мохів сайти клітинної стінки здатні “конденсувати” надлишок іонів натрію, не пропускаючи всередину клітини.

Підтримання високої пропорції  $K^+/Na^+$  у цитозолі також може підвищувати солестійкість рослин. У досліджуваних видів мохів уміст калію у пагонах був на порядок вищим, ніж натрію (2905,94–5097,11 мкг/г сух. маси), причому основний пул цих іонів локалізований у внутрішньоклітинному матриксі (~ 62,3–68,9 %). Внутрішньоклітинне співвідношення  $K^+/Na^+$  також було досить високим в усіх видів мохів. Наприклад, у рослинах *Barbula unguiculata* та *Didymodon rigidulus* з хвостосховища цей показник становив 21,8 та 32,7 відповідно, тоді як у пагонах мохів з фонові території – 12,7–18,0, що свідчило про наявність у клітинах мохів контролю за поглинанням та компартментизацією іонів натрію.

Полімери клітинних стінок є первинним бар'єром, котрий зменшує токсичну дію багатьох іонів в умовах сольового стресу. Ця бар'єрна функція, насамперед, залежить від катіонообмінної ємності клітинних стінок (КОЄ). Оцінено КОЄ клітинних стінок досліджуваних видів мохів і виявлено широкий діапазон цього показника (3,04–11,59 мг-екв/100 г маси сухої реч.), який зумовлений як рівнем засолення субстрату, так й, ще більшою мірою, видовими особливостями мохів. Найвищий показник КОЄ визначено для кальцефільного виду *Didymodon rigidulus*. Очевидно, висока спорідненість катіонообмінних сайтів клітинної стінки рослин цього виду до іонів кальцію створює захисний бар'єр від проникнення у клітину токсичних концентрацій інших

катіонів в умовах засолення. Порівнюючи показники КОЄ мохів з території хвостосховища й околиці м. Стебник варто відзначити, що засолення спричиняло підвищення величини КОЄ в усіх досліджуваних рослин, хоча достовірність різниці встановлена лише для *Barbula unquiculata* і *Didymodon rigidulus*, котрі росли в умовах дуже високого ступеня засолення.

Отже, стійкість бріофітів до засолення досягається завдяки механізмам стабілізації цитоплазматичного осмотичного гомеостазу у клітинах: підвищенням активності  $H^+$ -АТФ-аз, що здійснюють енергетичне забезпечення роботи вторинноактивних  $Na^+/H^+$ -насосів, високою катіонообмінною здатністю клітинних стінок, що забезпечує іммобілізацію надлишку іонів  $Na^+$  у сайтах клітинної стінки та нагромадженням розчинних вуглеводів у клітинах мохів.

**КУЧАК N.Y.**

### **MECHANISMS OF MAINTENANCE OF CYTOPLASMIC OSMOTIC HOMEOSTASIS IN BRIOPHYTES CELLS UNDER SALINITY STRESS**

Increasing the tolerance of bryophytes to salinization achieved through the mechanisms of maintaining of cytoplasmic osmotic homeostasis in cells: by increasing the activity of  $H^+$ -ATPases, which provide energy support for the activity of the secondary active  $Na^+/H^+$ -pumps; high cation exchange capacity of cell walls, which provides immobilization of excess  $Na^+$  ions in the cation exchange sites of the cell wall and accumulation of soluble sugars in moss cells.

**КІТ Н. А.**

Інститут екології Карпат НАН України,  
вул. Козельницька 4; Львів, 79026, Україна  
e-mail:kit\_n@i.ua

## **АНАЛІЗ ТОЛЕРАНТНОСТІ ДО ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ ПРОТОНЕМИ ВЕГЕТАТИВНИХ ТА ГЕНЕРАТИВНИХ КЛОНІВ МОХІВ**

Мохоподібні, особливостями водного режиму яких є пойкилогідричність і високий вміст поверхневої води, на відміну від гомойогідричних рослин, відзначаються високою цитоплазматичною стійкістю як до тривалого водного стресу, так і висушування. Завдяки простоті будови мохи виробили ефективну систему регуляції вмісту води: унікальну поглинальну і водоутримуючу здатність та можливість до швидкої регідратації. Відсутність прорихів та лігнінової кутикули у бріофітів призводить до вільного обміну через клітинні стінки водою, речовинами і газами (Proctor, 2002).

Передумовою розвитку мохів є забезпечення водою, оскільки її джерела – опади, туман і роса – нерегулярні, вони володіють різноманітними механізмами толерантності до висушування. Об'єктом дослідження був мох *Bryum argenteum* Hedw., зразки якого збирали на відвалі № 1 Гірничо-хімічного підприємства “Сірка” і в м. Львів. Для оцінки толерантності вегетативних і генеративних клонів моху до водного дефіциту досліджували проростання спор і регенераційну здатність виводкових бруньок *B. argenteum*. Водний дефіцит створювали додаванням в поживне 0,75% агаризоване середовище Кнопа 1–4% поліетиленгліколя (ПЕГ). Стерильні культури вирощували в люмінестаті в контрольованих умовах освітлення (2500-3000 люкс), температури (20–22° С) і



вологості (85–90%). Контролем були рослини *B. argenteum*, які росли на середовищі Кнопа без ПЕГ. На 7-й день аналізували кількість пророслих спор і прорегенерованих виводкових бруньок. Діаметр дернинок аналізували на 15-й день росту, а кількість пагонів на дернинку – на 30-й день (Демкив, 1985).

Встановлено, що залежно від експозиції і положення на відвалі навіть на низьких (1 і 2%) концентраціях ПЕГ дернинки вегетативних клонів *B. argenteum* відрізнялися за розмірами та кількістю пагонів. Вегетативні клони *B. argenteum* з вершини південного схилу відвалу з екстремальними умовами для росту рослин, були стійкішими до водного дефіциту, ніж з вологіших місцевиростань північного схилу. Так, діаметр дернинок *B. argenteum*, отриманих регенерацією виводкових бруньок з вершини південного схилу відвалу, був більшим на середовищі з 2% ПЕГ у 1,5 разів, порівняно з дернинками з північного схилу, і становив  $2,5 \pm 0,2$  мм. Характерно, що дернинки *B. argenteum* на усіх досліджуваних концентраціях ПЕГ вже на 2–3 день утворювали гаметофори, причому з сухіших місцевиростань південного схилу їх кількість була більшою на середовищі з 2% ПЕГ в 1,6 разів і становила  $12,2 \pm 1,13$  пагонів на дернинку. Дернинки з м. Львів були чутливішими до дефіциту вологи і їх діаметр на середовищі з ПЕГ був меншим в 1,3 рази, а кількість гаметофорів на дернинку в 1,5 разів меншою, ніж дернинок з відвалу.

Генеративні клони, отримані зі спор *B. argenteum*, були чутливішими до водного дефіциту, ніж вегетативні. Навіть на низьких концентраціях ПЕГ ріст і розвиток протонеми сповільнювався. Спори *B. argenteum* на усіх досліджуваних концентраціях ПЕГ проростали пізніше (на 5–7 день), ніж регенерували виводкові бруньки, і спорові дернинки були чутливішими до нестачі вологи, ніж регенеративні. Тоді як на середовищі з 1% ПЕГ проросли 87% спор, то на середовищі з 4%

ПЕГ проростання спор зменшувалось до 47%. Так, діаметр дернинок *B. argenteum* на середовищі з 1% ПЕГ був у 2 рази меншим, порівняно з контролем, а на середвищі з 4% ПЕГ ріст дернинок гальмувався, діаметр був у 3,4 рази меншим, порівняно з контролем. Протонемні клітини дернинок на середовищі з ПЕГ були вкорочені і з потовщеними стінками.

На основі отриманих результатів можна стверджувати, що вегетативні клони моху *B. argenteum* є толерантнішими до водного дефіциту, ніж генеративні, і їх висока регенеративна здатність сприяє пришвидшеному розмноженню виду і заселенню субстратів техногенно порушених територій. Про важливу роль вегетативного розмноження у життєвій стратегії виду та адаптації бріюфітів до екстремальних і нестійких умов середовища вже згадувалось раніше (Лобачевська, 2012; Лобачевська, Рабик, 2012).

Таким чином, вегетативне розмноження є важливим для мохів, так як сприяє їх швидшому розповсюдженню на посттехногенних територіях сірчаного родовища, де в стресових умовах, зокрема нестачі вологи, відсутність розмноження спорами може компенсуватися утворенням спеціалізованих виводкових органів.

## **KIT N.A.**

### **ANALYSIS OF TOLERANCE TO WATER DEFICIENCY OF PROTONEMATA OF VEGETATIVE AND GENERATIVE CLONES OF MOSSES**

It has been established that vegetative clones of *B. argenteum* moss are more tolerant to water deficit than generative ones, and their high regenerative capacity promotes accelerated reproduction of the species and settlement of substrates of technogenic disturbed territories.

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька, 4, Львів 79026, Україна  
e-mail:ecomorphogenesis@gmail.com

## **ВОДНИЙ РЕЖИМ ТА ФОТОСИНТЕТИЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ МОХІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ**

Мохоподібні утворюють шар між атмосферою і ґрунтом, який значно впливає на його температуру, біогеохімічний цикл та швидкість транспірації екосистем (Turetsky, 2003; Shimoyama et al., 2004; Gundale et al., 2011). Відомо, що багато мохів можуть утримувати велику кількість води (приблизно 200–3000% їх сухої маси), що допомагає підтримувати високу вологість у ґрунті та рослинній підстилці протягом тривалого періоду (Lakatos, 2011). Таким чином мохи сприяють колообігу води в лісовій екосистемі, що виконує різноманітні екологічні функції, насамперед джерела постачання води, покращення інфільтрації субстрату, зменшення стоку та ерозії ґрунту, збереження біорізноманіття та стабілізації мікроклімату (Oishi, 2018).

В останні роки існує серйозне занепокоєння з приводу зменшення запасів води в лісах через вплив потепління клімату на рослинність (Creed et al., 2014). Стрімка зміна поширення рослин у глобальному масштабі внаслідок підвищення температури свідчить про збільшення кількості видів, які поширюються на нові, сприятливіші місцевиростання та зменшуються в регіонах з екологічними загрозами. Мохоподібні, особливо ті, що зараз ростуть у природному середовищі з достатнім рівнем зволоження, чутливіші до кліматичного потепління, яке призводить як до

теплого стресу, так і до посухи. Хоча мохоподібні вразливі до потепління клімату, вони відіграють важливу роль у збереженні вологи у лісових екосистемах (Ah-Peng et al., 2017). Здатність мохового покриву сприяти буферизації впливу опадів на лісові екосистеми може бути особливо важливою, оскільки частота сильних опадів у короткостроковій перспективі, як очікується, збільшиться за кліматичних змін (Easterling et al., 2000). Окрім того, бріофітний покрив знижує температуру ґрунту, покращуючи утримання ґрунтової вологи внаслідок зменшення випаровування. Нижча температура ґрунту згодом обмежує розкладання свіжої підстилки, що призводить до накопичення органічного вуглецю.

Досліджуючи екологічні функції мохоподібних лісової підстилки, важливо оцінити їх значення для водоутримання, щоб виявити вплив потепління клімату на гідрологічні процеси лісових екосистем. Хоча здатність мохів утримувати вологу вважається визначальною для контролю ключових екологічних процесів в екосистемах (Lindo, Gonzales, 2010), проте механізми поглинання, утримання і транспортування води залишаються фрагментарними і досі нез'ясованими.

Зазвичай вважають, що мохи, які не мають добре розвиненої ризоїдної системи, повністю залежать від води з атмосфери (Glime, 2007; Lüttge et al., 2011). Однак припущення про те, що це єдине джерело води і водорозчинних мінеральних поживних речовин, піддано сумніву дослідженнями, які показують, що мохи можуть отримувати поживні речовини з ґрунту, а потім переробляти їх у своїх стеблах (Van Tooren et al., 1990; Okland et al., 1999). Швидкості внутрішніх і зовнішніх потоків води в основному визначаються випаровуванням, на яке, у свою чергу, впливає

температура, швидкість вітру та рівень вологості навколишнього середовища (Proctor, 2009).

Метою дослідження було встановити відмінності водного обміну та продуктивності ектогідричних і ендогідричних мохів залежно від екологічних умов лісових екосистем.

Об'єктами дослідження були домінуючі види мохів *Polytrichum formosum* Hedw. і *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv. з життєвою формою висока пухка дернинка та субдомінуючі – *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T.J. Кор. і *P. cuspidatum* (Hedw.) T.J. Кор. з життєвою формою пухкої дернинки з повзучими галузками. Відбирали мохові дернини із локалітетів, які відрізнялися мікрокліматичними й едафічними умовами в лісових екосистемах, а саме на території природного заповідника “Розточчя” у старовікових букових лісах з вологими субстратами; на ділянках з високою інтенсивністю освітлення та підвищеною температурою на поверхні мохового покриву; вирубки і насадження сосни звичайної зі значною площею притоптаних ділянок та слабо вираженою підстилкою і на рекреаційних ділянках поблизу річки Верещиця на території Яворівського НПП, для якої відзначено відсутність підліску і значну кількість порушених ділянок унаслідок витоптування та облаштування відпочинкових зон.

Визначення оводненості гаметофіту мохів та ґрунту під ними здійснювали за загальноприйнятими методиками (Ипатов, Тархова, 1982). Показники коефіцієнтів водоутримання, водовідновлення та посухостійкості визначали ваговими і розрахунковими методами (Минеев, 1989, Польшина, 1991; Нестерова, Григорюк, 2013). Вміст гігроскопічної вологи у субстраті визначали за методикою О. Аринушкіної (Аринушкина, 1970). Біомасу бріофітного

покриву встановлювали за методикою Б. Ван Торена із співавторами (van Toogen et al., 1990). Суху масу зразка визначали після висушування протягом 48 год за 70°C. Концентрацію фотосинтетичних пігментів вимірювали за методом Г. Хольма та Д. Ветштейна (Мусиенко и др., 2001). Інтенсивність фотосинтезу визначали безкамерним способом за методикою В. Ніколайчука (Ніколайчук та ін., 2000). Для визначення хлорофільного індексу (ХІ) було використано величини вмісту хлорофілів *a* і *b* та дані фітомаси усіх компонентів мохових угруповань (Шмакова и др., 2002).

Мікрокліматичні умови на дослідних ділянках у старовікових букових лісах (інтенсивність світла 2–5 тис. лк, температура на поверхні мохових дернин + 20–21,0 °С) були відмінними, ніж на територіях вирубки та рекреаційної зони зі значною мінливістю показників інтенсивності освітлення 70–100 тис. лк та температури на поверхні мохового покриву +19–32,2 °С.

Результати визначення відносного вмісту вологи (в.в.в.) у гаметофіті досліджуваних видів мохів та ґрунті під їх дернинами свідчать про незначну мінливість показників як на території старовікових букових лісів (15,6 – 29,7 % і 6,8 – 15,3 % відповідно), так і на рекреаційних ділянках (16,62 – 21,5 % і 6,3 – 15,5 % відповідно). Найбільша мінливість в.в.в. у мохових рослинах (8,7 – 45,3%) та в ґрунті під ними (3,6 – 39,5 %) встановлена на ділянках вирубки і насадження сосни.

Серед проаналізованих мохів найбільші коефіцієнти водоутримання, водовідновлення і посухостійкості визначені для *Atrichum undulatum* (66,1%; 162,5%; 107,2 % відповідно) на території старовікових букових лісів; для *Plagiomnium cuspidatum* на території рекреації (99,6%; 424,8%; 423,1 % відповідно) та вирубки (77,7%; 251,3%; 195,3 % відповідно). Підвищена вологоємність представників роду *Plagiomnium*

Т.І. Кор. – *P. ellipticum* і *P. cuspidatum*, очевидно, зумовлена наявністю добре розвинутої макронемати (великих, розгалужених ризоїдів в основі пагонів) та мікронемати (ризоїдоподібних утворень, розміщених повздовжніми рядами по всій поверхні стебел).

Результати аналізу динаміки втрати вологи пагонами досліджуваних видів мохів свідчать про те, що найшвидше випаровується, мабуть, зовнішня капілярна волога в ендогідричного моху *Polytrichum formosum* з букового лісу (51,9 – 59,0 %) та території вирубки (60,0 – 61,8 %). У центральному пучку пагонів ендогідричних мохів *Polytrichum Hedw.* наявна система трахеїдоподібних провідних клітин (гідроїдів) і ситоподібних трубок (лептоїдів), по яких переміщуються вода й цукри відповідно (Elumeeva et al., 2011). Показано, що, крім внутрішнього транспортування води, ці види мохів реалізують і ектогідричну провідність, рухаючи воду ззовні уздовж стебел. Так, встановлено, що дернини *Polytrichum commune* Hedw. можуть бути ектогідричними у локалітетах з помірним зволоженням, але переважно є ендогідричними в посушливих умовах, що посилює інтенсивність транспіраційного потоку (Zajaczkowska et al., 2016). На ділянках рекреації найбільші втрати вологи (59,0 – 63,5 %) відзначено для *Plagiomnium ellipticum*, для якого характерна лише зовнішня провідність води. Загалом найбільші показники втрати вологи визначено в абсолютно сухих зразках мохових рослин на антропогенно змінених територіях.

Мохи заселяють дуже широкий спектр екосистем, місць існування та специфічних мікроареалів, включаючи субстрати, на яких не можуть жити судинні рослини. Вміст води в мохоподібних істотно залежить від мікрокліматичних умов їх зовнішнього середовища, швидко зменшується при

підвищенні температури і зниженні вологості. Зменшення вмісту води призводить до скорочення періоду метаболічної активності та пошкодження тканин унаслідок стресової дії посухи (He, 2016). Результати аналізу мінливості вмісту фотосинтетичних пігментів та інтенсивності фотосинтезу свідчать, що мохи пристосовані швидко фізіологічно реагувати на періоди, сприятливі для фотосинтезу. Найбільші показники вмісту пігментів (хл  $a + b$ ) визначено для ендогідричного моху *Polytrichum formosum* ( $7,3 \pm 0,2$  мг/г маси сухої речовини) у старовіковому буковому лісі та для *Plagiomnium cuspidatum* ( $8,7 \pm 0,3$  мг/г маси сухої речовини і  $7,7 \pm 0,3$  мг/г маси сухої речовини) на території рекреації та вирубки відповідно. Високий рівень інтенсивності фотосинтезу відзначено у локалітетах з достатньо зволуженим ґрунтом для *Polytrichum formosum* ( $3,32 \pm 0,1$  мг  $\text{CO}_2$ /мг маси сухої речовини), *Plagiomnium ellipticum* ( $4,10 \pm 0,1$  мг  $\text{CO}_2$ /мг маси сухої речовини) та *P. cuspidatum* ( $4,07 \pm 0,1$  мг  $\text{CO}_2$ /мг маси сухої речовини) з порушених територій. Ендогідричні мохи у здебільшого моновидових мохових синузях менше страждають від посухи через їх здатність поглинати воду з ґрунту та внутрішнє транспортування води провідними тканинами. На відміну від них, ектогідричні види мохів роду *Plagiomnium* без таких провідних тканин розраховують виключно на зовнішню капілярну воду завдяки сформованих в умовах дефіциту вологи пристосуванням життєвої форми та системи поглинання і водоутримання.

Найбільші показники фітомаси, вмісту хлорофілів і відповідно хлорофільного індексу (XI) визначено для домінантних видів родини Polytrichaceae (*Atrichum undulatum*, *Polytrichum formosum*, *P. commune*, *P. juniperinum*), які переважно утворюють моновидові синузії. У Верещицькому лісництві фітомаса цих видів залежно від мікроумов



міцевиростань досягала 279,55–1422,62 г/м<sup>2</sup>, показники вмісту хлорофілів  $a+b$  змінювалися в межах 7,5–9,1 мг/г маси сухої речовини, ХІ становив 3,26–9,97 г/м<sup>2</sup>. Дещо менші показники фітомаси визначено для субдомінантних синузоутворюючих видів мохів роду *Plagiomnium ellipticum*, *P. rostratum*, *P. affine*, *P. medium*, *P. cuspidatum* 247,15–374,87 г/м<sup>2</sup>, показники вмісту хлорофілів  $a+b$  змінювалися в межах 6,3–7,4 мг/г маси сухої речовини, ХІ становив 1,34–7,87 г/м<sup>2</sup>. Невеликі показники продуктивності у мохових синузях за участю мохів роду *Plagiomnium* можна пояснити їх слабкою здатністю утворювати тісні взаємозв'язки з сусідніми видами *Ceratodon purpureus*, *Herzogiella seligeri*, *Atrichum undulatum* чи *Dicranum montanum* для транспортування вологи через відмінності в характеристиках життєвих форм (пухкі і щільні, високі та щільні дернинки верхньо- і бокоспорогонних мохів) та системи поглинання води (ендо- та ектогідричних видів мохів).

Таким чином, домінантні й субдомінантні види мохів залежно від типу життєвих форм та їх взаємодії покращують вологість ґрунту і продуктивність мохових синузій, що надалі спричиняє зміни в біологічній активності та колообігу поживних речовин в лісових екосистемах.

**LOBACHEVSKA O.V.**

### **WATER REGIME AND PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY OF MOSS DEPENDING ON ECOLOGICAL CONDITIONS OF FOREST ECOSYSTEMS**

The differences of water exchange and photosynthetic productivity of ectohydric and endohydric mosses depending on ecological conditions of forest ecosystems are established. The influence of dominant and subdominant species of mosses on soil moisture and productivity of moss synusium depends on the type of life forms

and their interaction, which further causes changes in water balance, biological activity and nutrient cycle in forest ecosystems.

УДК582.32: 581.527.7

**СОХАНЬЧАК Р.Р., БЕШЛЕЙ С.В.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька 4, Львів, 79026, Україна  
e-mail:stentor62@gmail.com

### **ХЛОРОФІЛЬНИЙ ІНДЕКС УГРУПОВАНЬ БРІОФІТІВ З ДОМІНУВАННЯМ *CAMPYLOPUS INTROFLEXUS* (HEDW.) BRID. НА ПОСТТЕХНОГЕННИХ ТЕРИТОРІЯХ**

Основною проблемою самозаселення рослинами техногенно порушених ландшафтів є чужорідність і здебільшого висока токсичність субстратів. Абіогенні фактори, такі як дефіцит вологи, інтенсивність освітлення, температура, фізико-хімічні властивості субстратів (гранулометричний склад, реакція середовища, засоленість, концентрація токсичних сполук, зокрема важких металів) впливають на інтенсивність заростання та ростові параметри рослин (Ясар та ін., 2008; Баранов та ін., 2011). Мохоподібні – важливі компоненти рослинного покриву антропогенно змінених територій, оскільки представлені піонерними видами, що їх заселяють (Раби́к, 2010). Дослідження особливостей пристосування бріофітів до умов девастрованих територій та їх участі у продукційному процесі, який пов'язаний із перетворенням енергії й утворення органічних речовин у процесі фотосинтезу, є актуальним. Метою роботи було оцінити внесок бріофітів з домінуванням *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid. у первинну продуктивність рослинного покриву на території відвалів вугільних шахт, колишніх торфокар'єрів

та підземної виплавки сірки. Як показник продуктивності застосовували хлорофільний індекс. Для його визначення було використано величини вмісту хлорофілів  $a$  і  $b$  і показники фітомаси усіх бріофітів угруповання.

Вміст пігментів фотосинтезу визначали за методом Д. Арнона (Arnon, 1949). Фітомасу бріофітного покриву встановлювали за методикою Б. ван Торена із співавторами (Van Tooren et al., 1990). Хлорофільний індекс (ХІ) розраховували за формулою:  $XI = (x_l a + x_l b) \times \text{фітомаса}$  і виражали у  $г/м^2$  (Шмакова и др., 2006).

На відвалах вугільних шахт найбільший запас фітомаси  $427,3 г/м^2$  та хлорофільний індекс  $0,222 г/м^2$  зафіксовано на вершині відвалу шахти “Надія”. Видовий склад тут представлений лише 3 переважаючими видами мохів (*C. introflexus*, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Polytrichum piliferum* Hedw.). Найбільша фітомаса і величина ХІ у локалітеті визначена у щільнодернинного виду *C. introflexus* завдяки більшій кількості особин на одиницю площі, і, відповідно, більшій площі асиміляційної поверхні.

На відвалах ЦЗФ та шахти “Візейська” показники фітомаси та величини ХІ були значно меншими, порівняно із показниками на відвалі шахти “Надія”. Такі відмінності спричинені більш несприятливими мікрокліматичними умовами у весняно-літній період. Проте у бріофітному покриві, у якому домінантом був *C. introflexus*, запас фітомаси та величина ХІ були більшими, порівняно із *C. purpureus*.

Хлорофільний індекс мохового покриву на торфокар’єрі поблизу смт Лопатин був досить значним –  $0,218 г/м^2$ . Тут у мохових угрупованнях домінував *C. introflexus*, частка якого становила близько 55% від усієї фітомаси бріофітів. У локалітеті на території підземної виплавки сірки поблизу смт Немирів встановлено найбільше різноманіття мохів в

угрупованні, яке представлено 4 видами (*C. introflexus*, *C. purpureus*, *P. piliferum* та *Funaria hygrometrica* Hedw.). Досить високі показники сумарного вмісту хлорофілів визначені для мохів *C. purpureus*, *P. piliferum*, *F. hygrometrica*, однак проєктивне покриття та фітомаса цих видів на відвалі є незначними, що суттєво вплинуло і на величину їхнього хлорофільного індексу.

Варто також відзначити, що величина хлорофільного індексу мохового покриву у досліджуваних локалітетах була цілком співставною з величинами ХІ, визначеними для рослинних угруповань із домінуванням судинних рослин (наприклад, для чагарничково-мохових угруповань ХІ становив 0,4-0,6 г/м<sup>2</sup>) (Шмакова и др., 2006).

Отримані результати свідчать, що хлорофільний індекс може бути вагомим критерієм для оцінки ролі бріофітів, зокрема *C. introflexus*, у продукційному процесі рослинного покриву на посттехногенних територіях. Його величина істотно залежить від екологічних умов середовища. У досліджуваних бріофітних угрупованнях із домінуванням *C. introflexus* ХІ змінювався від 0,152 до 0,222 г/м<sup>2</sup>, що свідчить про досить вагомий вплив асиміляційної поверхні бріофітного покриву як на початкових, так і на подальших стадіях заростання посттехногенних територій гірничодобувних підприємств Львівської області. Встановлено, що сумарний вміст фотосинтетичних пігментів залежав від видових особливостей мохів в угрупованні та умов їх місць існування. Висока інсоляція, кислотність та нестабільний режим зволоження на відвалах вугільних шахт та територіях підземної виплавки сірки були основними причинами змін у фотосинтетичному апараті моху *C. introflexus*.

**SOKHANCHAK R. R., BESHLEY S. V.**

**CHLOROPHYLL INDEX OF BRYOPHYTE GROUPS  
DOMINATED BY *CAMPILOPUS INTROFLEXUS* (HEDW.)  
BRID. IN POSTTECHNOGENIC TERRITORIES**

The chlorophyll index can be an important criterion for assessing the role of bryophytes, in particular *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid., in the production process of vegetation in post-technogenic areas. It was established, that chlorophyll index significantly depends on the ecological conditions of the environment.

УДК 581.1; 581.5; 582.34

**ЩЕРБАЧЕНКО О.І., РАБИК І.В.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька, 4, 79026, Львів  
e-mail:scherbachenko@ukr.net

**АДАПТАЦІЯ БРІОФІТІВ ДО МІКРОКЛІМАТИЧНИХ  
УМОВ ТЕХНОГЕННИХ СУБСТРАТІВ ВІДВАЛУ  
ФОСФОГІПСУ НОВОРОЗДІЛЬСЬКОГО ДГХП «СІРКА»**

Основною проблемою заселення техногенних субстратів є їхня токсичність для біоти. Зокрема для фосфогіпсів характерна підвищена кислотність субстрату і висока концентрація хімічних елементів, що істотно лімітує швидкість природного відновлення техногенних субстратів (Яхненко та ін., 2015).

Проведені нами спостереження на території Новороздільського ДГХП «Сірка» засвідчили, що на ділянках відкритого фосфогіпсу практично відсутня рослинність. У результаті природних ґрунтовірних і сукцесійних процесів на

поверхні насипів формується тонкий шар мохового покриву. Тоді як на схилах відвалів фосфогіпсу засипаних суглинковим субстратом, спостерігається мозаїчність рослинного покриву – від поодиноких особин до заростання однієї третини проективного покриття площі ділянок. Поступово відмираючи, піонерні види бріофітів створюють субстрат для заселення інших мохів та судинних рослин. На рекультивованих терасах і схилах відвалу відбувається інтенсивніше, порівняно з ділянками відкритого фосфогіпсу, заселення субстрату світлолюбними, у першу чергу рудеральними, рослинами. Домінантними видами серед бріофітів за проективним покриттям та частотою трапляння є *Bryum caespiticium* Hedw. і *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. За життєвою стратегією ці мохи належать до видів–поселенців (During, 1976) з широкою екологічною амплітудою до різноманітних кліматичних і едафічних умов, заселяють субстрати, які іноді зовсім непридатні для життя інших рослин (Раби́к та ін., 2008, Мамчур, Савицька, 2006).

Відомо, що несприятливі умови техногенно зміненого середовища зумовлюють морфо-фізіологічні зміни у рослин. Так, у рослин обох видів мохів на території відвалу фосфогіпсу встановлено зменшення висоти пагонів і довжини листків у 1,20 і 1,30 рази, порівняно з рослинами із фонові території. Частка відмерлої речовини мохових дернин обох видів, була більшою, ніж частка живої речовини. Середнє співвідношення між фотосинтезуючою (зеленою) та відмерлою (бурою) частинами у дернинах мохів *B. caespiticium* і *C. purpureus* становило 1:2,5 і 1:2,9 відповідно.

Найвищий ступінь розкладу дернин було виявлено у зразках мохів, які росли на ділянках відкритого фосфогіпсу в підніжжі відвалу (вологість 27,39 %, інтенсивність освітлення 80,5 тис. лк, температура субстрату +12<sup>0</sup>С, рН 4,67). У рослин

з дослідних ділянок вершини відвалу фосфогіпсу (вологість 15,93 %, інтенсивність освітлення 90,5 тис. лк, температура субстрату +14<sup>0</sup>С, рН 5,87) вміст відмерлої частини дернин був найнижчим. У верхніх шарах мохових дернин середнє значення рН становило 6,56, тоді як у прошарку відмерлої речовини під дернинами – рН 6,70. Отже, мохи *B. caespiticium* і *S. purpureus* сприяють зменшенню кислотності субстрату на території відвалу фосфогіпсу внаслідок інтенсивного розкладу відмерлих частин їх дернин, окрім того волога разом із асимілятами мохів проникає у глибші шари субстрату, збільшуючи його рН.

Пігментна система рослин є чутливою до змін мікрокліматичних умов техногенних субстратів та вмісту у них токсичних речовин, а кількісні й якісні зміни пігментів вважають інформативними біоіндикаційними показниками рівня забруднення територій (Бессонова, 1999). Проаналізовано інтенсивність фотосинтезу *S. purpureus* і *B. caespiticium* залежно від рівня оводненості їх дернин на території відвалу фосфогіпсу Новороздільського ДГХП “Сірка”. Визначено, що у *S. purpureus* середнє значення інтенсивності фотосинтезу становило  $2,47 \pm 0,4$  мг·СО<sub>2</sub>/г маси с.р./год, тоді як у *B. caespiticium* –  $3,12 \pm 0,2$  мг СО<sub>2</sub>/г маси с.р./год, що було у 1,3 і 1,5 рази нижчими, ніж у рослин із фонові території. Встановлено діапазон мінливості показників асиміляції вуглекислого газу досліджуваних мохів – 1,74-3,56 мг·СО<sub>2</sub>/г маси с.р. /год, що, очевидно, зумовлено мікрокліматичними та едафічними умовами техногенних субстратів.

Для мохів як пойкилогідричних рослин лімітаційним чинником фотосинтетичних процесів є вологість. Так, інтенсивність фотосинтезу мохів на зволоженіших ділянках субстрату (вологість 29 %, інтенсивність освітлення 70 тис. лк,

температура субстрату +27°C) була вищою, порівняно зі зразками сухих відкритих ділянок (вологість 15,8%, інтенсивність освітлення 90 тис. лк, температура субстрату +29°C). Оводненість пагонів *C. purpureus* і *B. caespitium* мохів на вологіших ділянках становила 41,2 % та 47,3 %, тоді як на сухіших – 24,12 та 36,01% відповідно. Ймовірно, вища інтенсивність освітлення призводила до порушення водного й температурного режиму рослин, а відтак і до зниження їхньої фотосинтетичної активності. Встановлено пряму залежність інтенсивності фотосинтезу мохів на території відвалу фосфогіпсу від рівня оводненості їх дернин.

Отже, мінливість морфо-фізіологічних показників дернин мохів, інтенсивності фотосинтезу зумовлена змінами мікрокліматичних умов техногенних субстратів відвалу фосфогіпсу.

**SHCHERBACHENKO O.I., RABYK I.V.**

### **ADAPTATION OF BRYOPHYTES TO MICROCLIMATE CONDITIONS OF TECHNOGENIC SUBSTRATES OF PHOSPHOGYPS DUMP OF NOVOROZDILSKY DGHP “SULFUR”**

It is established that unfavourable conditions of technogenic changed environment cause adaptive reactions in plants. The adaptation of bryophytes to the microclimatic conditions of habitats is manifested in the morpho-physiological changes of moss turf, which is an important ecological indicator.

UDK 582:32

<sup>1,2</sup>IGNATOV M.S., <sup>1,3</sup>SPIRINA U.N., <sup>1</sup>VORONKOVA T.V.

<sup>1</sup>Tsitsin Main Botanical Garden Russian Acad. Sci.,  
Botanicheskaya 4, Moscow, 127276 Russia



<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology,  
Leninskie gory, Moscow, 119234 Russia

<sup>3</sup>Tver State University, Faculty of Biology,  
Zhelyabova 33, Tver 170100 Russia, and Tsitsin Main Botanical  
Garden Russian Acad. Sci., Botanicheskaya 4, Moscow 127276 Russia  
e-mail: misha\_ignatov@list.ru, ulayspirina@mail.ru,  
winterness@yandex.ru

## **MOSS LEAVES AND THEIR MODIFICATIONS AS A TESTING SYSTEM**

Moss leaves that originated from the stem apical cells are rather similar to each other. Likewise the leaves of branches and types are only moderately variable. However, the juvenile branch leaves around branch initial comprise an enormous variety in their shape. In addition to entire leaves, some juvenile branch leaves from one merophyte consist of several leaf-like structures, sometimes at considerable distance from each other, despite they are originated from a single cell (Spirina & Ignatov, 2008). Characteristic phyllotaxis usually disclose their homology to a single leaf. Some types of paraphyllia can also be understood as a leaf modifications (Ignatov & Hedenäs, 2007; Spirina et al., 2020). The abundance and arrangement of these leaf modifications can be changed in the course of cultivation with exogenous Abscisic Acid (Spirina et al., 2020). Paraphyllia of *Leskea*-type are also correlated in number with some environmental parameters, including air pollution. The variability of paraphyllia characters resulted in their overestimation for moss taxonomy.

# **БРІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК НАПРЯМ МОНІТОРИНГУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ**

УДК 582.32:581.526.53(477)

**ЗАГОРОДНІЮК Н.В.**

Херсонський державний університет  
вул. Університетська, 27, 73000, м.Херсон  
e-mail:natalybriolog@gmail.com

## **МОХОПОДІБНІ У ФЛОРИ СТЕПОВИХ ПЕРЕЛОГІВ ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я**

За останні кілька десятиліть сотні мільйонів гектарів ріллі в степовій зоні були занедбані, як в Центральній та Східній Європі, так і в країнах пострадянського простору, в першу чергу через соціально-економічні потрясіння та зміни в суспільному устрої (Dengler & Tischew, 2018). Для природної степової та сухолучної рослинності це є шансом на відновлення, особливо якщо на покинутій ділянці зможуть закріпитись рослини, що становлять ядро природного степового фітоценозу (Dembicz I., Zachwatowicz V., Moysiyeenko I. et all, 2020). Для ділянок перелогів характерне відновлення не тільки угруповань природних квіткових рослин, але і мохоподібних. Спостерігається поступове розростання мохового покриву, який на орних ділянках, як правило, відсутній (Бойко, 2013). Даний процес досліджений нами на прикладі вивчення рослинного та ґрунтового покриву різновікових перелогів, покинутих у 1920, 1967, 1996, 2002, 2011 роках, які знаходяться в буферній зоні Біосферного заповідника «Асканія-Нова» ім. Ф.Е.Фальц-Фейна. Для порівняння використані гербарні збори мохоподібних з

нерозораних типчаково-ковилових степів охоронної зони заповідника.

Загалом на ділянках перелогів було виявлено 26 видів справжніх мохів та 1 вид печіночника; 16 видів в попередній дослідженнях наводились як компоненти степової бріофлори заповідника (Бойко, 1998). Спільними для всіх ділянок з відновлюваною степовою рослинністю є *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum dichotomum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. та *Weissia longifolia* Mitt. На колишніх оранках, покинутих в 2011 році, ці види становлять основу мохового покриву, разом з *Tortula acaulon* (With.) R.H. Zander. Моховий покрив перелогів, покинутих 2002 року, відзначається деяким збільшенням видового різноманіття мохів за рахунок появи таких аридних представників родини *Pottiaceae*, як *Barbula unguiculata* Hedw., *Phascum piliferum* Hedw., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mort, *S. ruraliformis* (Bersch.) Cardot, *Tortula lindbergii* Broth., *T. truncata* (Hedw.) Mitt., типових для запустелених степів *Brachythecium albicans* (Hedw.) Schimp. і *Bryum argenteum* Hedw., та рідкісного *Ptychostomum pallens* (Sw.) J.R.Spence. Переважають в структурі покриву *Bryum caespiticium*, *Syntrichia ruraliformis* та *Weissia longifolia*, що подібне до структури мохового покриву різнотравно-злакових степів регіону, тобто вже за 20 років відновлення моховий покрив починає набувати рис, типових для бріопокриву природних степів.

На перелогах, покинутих 1996 року, домінантами серед мохів є *Bryum caespiticium* та *B.°dichotomum*, при збереженні високої участі *Ceratodon purpureus*. Видове різноманіття бріїд збільшується за рахунок появи в складі покриву *Bryum pallescens* Schleich. ex Schwдgr, *Ptychostomum capillare* (Hedw.) D.T.Holyoak & N.Pedersen, *Brachythecium campestre* (C.Müll.) Schimp., *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske.

На ґрунтах перелогів, виведених з господарювання у 1960-х або раніше, бріорізноманіття зростає. Крім фонових *Bryum caespiticium*, *B.°dichotomum*, *Ceratodon purpureus*, *Weissia longifolia*, та типових для місцевих степів *Tortula acaulon*, *T.°lindbergii*, *T.°truncata*, *Phascum piliferum*, *Bryum argenteum*, виявлені мохи, що в степовій зоні трапляються спорадично: *Ptychostomum rubens* (Mitt.) Holyoak & N. Pedersen, *Pleuridium acuminatum* Lindb., *Pseudocrossidium hornschuchianum* (K. Schultz.) Zander, *Tortula caucasica* Lindb. ex Broth, *Weissia brachicarpa* (Nees et hornsch.) Jur., *W. condensa* (Voit) Lindb., *W. levierii* (Limp.) Kindb. Також на найстарших перелогах з'являється *Cephaloziella divaricata* (Sm.) Schiffn.

Порівняння складу та структури бріокомплексів досліджених різновікових перелогів та цілинних степів виявило зростання участі мохового компонента в складі рослинного покриву зі зростанням часу недоторканості. На перелогах, покинутих 2011 року, покрив криптогамних рослин розвинений слабо (1-5%, в середньому по досліджених ділянках 0,75%). На перелогах, покинутих 2002 року, площа мохів в окремих дернинках зростає аж до 80%, в середньому ж величина становить 32,08%. Тобто чим довше ділянки були занедбані, тим більшою була площа мохового покриву. Різним виявився розподіл мохоподібних по групам синантропних та несинантропних видів. На цілинних степових ділянках та найстаріших занедбаних полях несинантропні (індигенофітні) мохи становили половину видів, на полях, покинутих 2002, 2011 рр. ця частка була приблизно 1/3 бріофлори. Суттєвою відмінністю була відсутність на ділянках перелогів «індикаторних» видів епігейних печіночників *Riccia ciliata* Hoffm., *R.°ciliifera* Link ex Lindenb., *R.°lamellosa* Raddi, *R. sorocarpa* Bisch. Вони відзначені для цілини (0,38%), при

антропогенному навантаженні (розоренні, випасі тварин) зникають першими. Одночасно на найбільш старих покинутих перелогах, занедбаних у 1920 та 1960 р., відзначається поява іншого епігейного – *Cephaloziella divaricata* (0,17%), тому цей вид можна вважати індикатором відновлення степових екосистем.

## **ZAGORODNIUK N.**

### **MOSSES IN THE FLORA OF ABANDONED STEPPE FIELDS OF THE NORTHERN BLACK SEA COAST**

The article presents the results of a study of abandoned fields mosses in the Askania-Nova Biosphere Reserve surroundings. The fields were abandoned at various times, from 1920 to 2011. We found 26 species of mosses and 1 species of liverworts in the structure of the abandoned fields vegetation. When we compared of the bryocomplexes composition and structure that formed in different deposits, we found that the steppe moss cover recovers over time. Moss communities gradually acquired the features of steppe epigeoid bryocomplexes, but with poorer species diversity. In particular, epigeoid liverworts *Riccia ciliata*, *R. ciliifera*, *R. lamellosa*, *R. Sorocarpa* are absent in the vegetation cover of old steppe deposits. These species were previously found on the soil in the virgin grass steppes of the Askania-Nova Biosphere Reserve, and are considered an indicator of intact steppe ecosystems. The place of these species in the bryocomplexes of old steppe abandoned fields is occupied by a *Cephaloziella divaricata*.

УДК 582.32:581.527.

**ЛОБАЧЕВСЬКА О.В., РАБИК І.В., КИЯК Н.Я.**

Інститут екології Карпат НАН України  
вул. Козельницька 4, Львів 79026, Україна  
irenerw2022@gmail.com

## АНАЛІЗ ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОХОПОДІБНИХ БОЛОТНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ЗМІН ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ УР. ЗАЛИВКИ, ПЗ “РОЗТОЧЧЯ”)

Формування заповідних об'єктів здійснюється з метою збереження біорізноманіття певних ландшафтів, їх рослинного і тваринного світу. У 1984 р. на основі державного заказника “Страдчанський ліс”, заказника “Горбки та Ставки” і пам'ятки природи “Королева гора” було створено Природний заповідник “Розточчя”. На сьогодні до складу заповідника належать чотири урочища: Верещиця, Горбки, Ставки і Заливки. Урочище Заливки (площа 161 га) вважається найбільшим болотним масивом Українського Розточчя. У ландшафтному відношенні урочище є заплавою річок Верещиці та Ставчанки. Заплава, утворена алювіальними відкладами і торфовищами, була повністю вкрита лучно-болотною та лісовою рослинністю. Річка Верещиця впадала почергово у Майданський, Малюшевський та Янівський стави. Долина р. Верещиці є основою водного стоку для навколишніх ландшафтів, тож їхній режим зволоження прямо залежить від гідродинамічного стану долини. У 40-х – 60-х роках русло Верещиці було змінено, оскільки для розведення риби спорудили каскад нових ставів, проклали магістральні та обвідні канали, реконструювали старі стави. На цій території переважала лучно-болотна рослинність. Сучасна деградація болотних ценозів, зокрема в ур. Заливки, свідчить про незадовільний стан річкової системи.

Луки зосереджені в північній частині урочища (заплава р. Ставчанки), а також тягнуться вузькою смугою уздовж обвідного магістрального каналу. Тут можна виділити торф'яністі, справжні та пустищні луки. Справжні луки з домінуванням *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Festuca*

*pratensis* Huds., *F. rubra* L., *Poa pratensis* L., *Anthoxanthum odoratum* L. поширені на підвищених ділянках урочища. Болотна рослинність поширена на мікропониженнях уздовж меліоративних та обвідних каналів. Лісові ценози панують у південній та частково центральній і східній частинах.

Донедавна, дотримання режиму заповідання, зокрема заборони випасу та сінокосіння, спричинило процеси сильватизації на Заливках, що призвело до майже повного зникнення болотних видів, задерніння та заростання деревами і чагарниками.

Мохи та печіночники є чутливими індикаторами стану екосистем (Бойко, 2001, Рабик, 2018), які відображають зміни умов місцевиростань, непомітні на рівні судинних рослин. Проаналізовано зміни видового складу бріофітів протягом більш ніж 30 років (Данилків, Сорока, 1989; Данилків та ін., 2002; Рабик, Данилків, 2005; Рабик, 2021).

Систематичне опрацювання бріофітів здійснювали за Г. Бачуриною, В. Мельничуком (1987, 1988, 1989, 2003), М. Ігнатовим, Є. Ігнатовою (Ігнатов, Ігнатова, 2003, Ігнатов, 2004). Класифікація та номенклатура видів мохів подана за “The Second Checklist of Bryobionta of Ukraine” (Воіко, 2014). Для встановлення життєвих форм мохоподібних використовували класифікацію Д. Гляйм (Glime, 2006), екологічних груп – Г. Риковського, О. Масловського (2004).

На території урочища Заливки виявлено 22 види, які належать до 1 відділу, 3 класів, 7 порядків, 11 родин, 18 родів. Родини за кількістю видів розміщуються так: Brachytheciaceae – 4 види; Mniaceae – 4; Polytrichaceae – 4; Amblystegiaceae – 2; Bryaceae – 2; Sphagnaceae, Ditrichaceae, Pottiaceae, Aulacomniaceae, Climaciaceae, Нурпасеae – по 1 виду. До родів *Brachythecium* і *Polytrichum* належать 3 види, *Bryum* – 2 види, решта родів представлені 1 видом.

На перезволожених ділянках трапляються: *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw., *Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber. et D. Mohr, *Warnstorfia sarmentosa* (Wahlenb.) Hedenäs, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske; на берегах меліоративного каналу: *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., на сухих ділянках: *Polytrichum juniperinum* Hedw., *P. piliferum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw.

Більшість видів мохоподібних утворюють життєву форму пухкого плетива і низької щільної дернинки. Життєву форму низької щільної дернини утворюють 6 видів з 4-х родин. З них 2 види є представниками родини Bryaceae, 2 – Mniaceae та по 1 виду з родин Ditrichaceae і Pottiaceae. Пухке плетиво формують 31,8 % видів, це переважно бокоспорогонні мохи з родин Brachytheciaceae (4 види), Amblystegiaceae (2 види), Нурпасеae (1 вид).

Одним із найважливіших чинників поширення мохів є вологість середовища, за яким виділено такі групи: мезофіти (36%), гідрофіти (27%), ксеромезофіти (17%), гігомезофіти (5%), гігрогідрофіти (5%), мезогідрофіти (5%), мезоксерофіти (5%). Поява ксеромезофітів та мезоксерофітів, очевидно, пов'язана з поширенням мохів, які більш залежні від вологості субстрату, ніж від вологості повітря і трапляються на сухих та помірно зволжених субстратах. Кількісне переважання вологолюбних видів (мезофітів, гідрофітів, гігрогідрофітів, мезогідрофітів, гігомезофітів) зумовлене наявністю великої кількості помірно та перезволожених ділянок. На незадернованих ділянках осушених боліт, які, очевидно, стають пористими і швидко, насичуються киснем, добре прогріваються, починають заселятися піонерні види мохів



(ксеромезофіти: *Bryum caespiticium*, *Atrichum undulatum*; оліготрофи та олігомезотрофи: *Polytrichum juniperinum*, *Ceratodon purpureus*) з високою репродуктивною здатністю. Значною мірою збільшилася частка мезофітних видів, а гігомезофітних та мезогігрофітних видів мохів, навпаки, зменшилася.

За трофністю субстрату, як одним із важливіших чинників поширення мохів, виділено такі групи бріофітів: мезоевтрофи (32%), евтрофи (27%), олігомезотрофи (13%), мезотрофи (18%), мезооліготрофи (5%), оліготрофи (5%). Виявлені нами групи оліготрофів і мезооліготрофів свідчать про появу мохів, які ростуть на дуже бідних на елементи живлення субстратах (болота, сухі піщані ґрунти). Домінантними групами залишаються мезоевтрофи й евтрофи – мохи характерні для заболочених лук. Збільшилася кількість олігомезотрофів, які заселяють збіднені зволожені субстрати.

Виділено основні статеві типи мохів та печіночників: дводомні (одностатеві), однодомні (двостатеві) та багатодомні (з дво- й одностатевими гаметангіями). Загалом, кількість дводомних видів (63%) переважає над однодомними (32%). Виявлено лише один багатодомний вид сфагнуму – *Sphagnum capillifolium*. Майже усі дводомні види-поселенці (*Polytrichum piliferum*, *Ceratodon purpureus*, *Bryum caespiticium*, *Orthodicranum montanum* Hedw.) мають низьку конкурентну здатність, але швидко захоплюють порушені субстрати, їх поширення пов'язане з відносно високою швидкістю росту завдяки ефективному використанню ресурсів середовища, а не з гідротермічними умовами їх місцевиростань. Здебільшого для цих видів мохів характерне високе репродуктивне зусилля (утворення великої кількості спорогонів з коробочками). На території ур. Заливки в дернинах *Ceratodon purpureus* переважно (до 98%) траплялися жіночі особини зі

спорогонами. Чоловічих особин не було виявлено, проте визначені стерильні особини (2%), які, очевидно, за потреби зможуть утворювати у майбутньому чоловічі гаметангії. У гінецеях визначено від 10 до 14 архегоніїв. Поодинокі спорогони виявляли в одностатевих жіночих дернинках *Bryum caespiticium* (27%) та *Orthodicranum montanum* (18%), у гінецеях яких визначено від 8 до 12 архегоніїв та від 4 до 8 архегоніїв відповідно.

Двodomні види мохів виявилися життєздатнішими завдяки різноманітним способам розмноження: окрім високої регенеративної здатності та фрагментації гаметофіту, вони утворюють органи безстатевого розмноження – *Didymodon rigidulus* Hedw. (виводкові тільця), *Ptychostomum capillare* (виводкові нитки), які повністю замінюють статеве розмноження. Види роду *Plagiomnium* T.J.Kop.: *P. cuspidatum* (Hedw.) T.J.Kop. та *P. rostratum* (Schrad.) T.J. Kop. розмножуються, утворюючи “крокуючі пагони” – довгі вегетативні дугоподібні стебла, які завдяки активному розвитку та прикріпленню до ґрунту ризоїдами, продовжують рости і заселяти значні площі. На верхівках пагонів *Orthodicranum montanum* утворює короткі ламки виводкові гілочки.

Однодомні види мохів переважно належать до багаторічних стаєрів з повільним темпом росту, низьким вегетативним зусиллям, які дуже рідко утворюють спори. Лише для однодомних мохів-поселенців *Pohlia nutans* Hedw. та *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum* (Screb.) Holyoak & N. Pedersen відзначено високе статеве зусилля: у дернинах встановлено до 100% статевих особин. Зокрема, в гаметангіях однодомного моху *P. pseudotriquetrum* var. *bimum* визначено від 4 до 6 антеридіїв та від 6 до 10 архегоніїв.

На території ур. Заливки коефіцієнт співвідношення

видів мохоподібних, які утворюють спорогони (5), до кількості видів без коробочок (19), становить 0,26, що вказує про нестабільність умов на території ур. Заливки. Однак, треба відзначити, що за 30 років спостережень загальна кількість видів мохів, які часто утворюють спорогони, зросла в 2,5 разів, що може свідчити про сповільнені темпи трансформації екологічних умов.

Оцінено пластичність фотосинтетичного апарату різних видів бріюфітів та їх роль у фотосинтетичній продуктивності на сухих та перезволожених ділянках урочища. Відібрано 7 видів з різних екоотопів (із неоднаковим рівнем освітлення та вологості). Сумарний уміст хлорофілів у пагонах досліджуваних мохів був у досить широкому діапазоні – 0,93 – 1,91 мг/г маси с. р., каротиноїдів – 0,17 – 1,12 мг/г маси с. р. У *Brachythecium mildeanum*, *Brachythecium salebrosum* та *Climacium dendroides* визначено найбільший уміст хлорофілів 1,42 – 1,98 мг/г маси с.р. та найменше каротиноїдів 0,24 – 0,32 мг/г маси с.р. Ці види ростуть у затінених мезофітних місцевиростаннях з інтенсивністю світла до 55 тис. лк та вологістю субстрату 42 – 48%, що значно впливало на кількісний і якісний склад їх пігментного апарату. Рослини пристосувалися до низької інтенсивності освітлення унаслідок зростання частки хлорофілу *b* до 60 – 65% у загальній сумі хлорофілів асимілюючих органів, що підвищило світлозбиральну здатність пігментного апарату в ділянці далекого червоного світла. Співвідношення хлорофілів *a/b* становило в середньому 0,6, що є типовим для показників рослин тіньового типу. Дещо меншу кількість хлорофілів (0,93 – 1,22 мг/г маси с.р.) визначено у *Calliergonella cuspidata*, яка приурочена до перезволожених ділянок у пониженнях мікрорельєфу.

У видів затінених місцевиростань визначено високий показник Хл/К (5,6–7,2), водночас у видів сухих місцевиростань *Ceratodon purpureus*, *Ptychostomum capillare* та *Didymodon rigidulus*, які ростуть на відкритих ділянках в умовах значної інсоляції (100 – 110 тис. лк) співвідношення Хл/К зменшувалося до 0,9 – 2,2, що зумовлено збільшенням кількості каротиноїдів до 0,62 – 1,12 мг/г маси с. р., які забезпечують у таких умовах захист апарату фотосинтезу від фотоінгібування. У цих видів також виявлено збільшення частки хлорофілу *a* до 65%, порівняно з видами затінених місцевиростань, що свідчить про широку норму реакції мохів до зміни інтенсивності світла.

Отже, на території урочища Заливки (природний заповідник “Розточя”, Львівська обл.) за період 1990–2020 рр. підвищення середньорічних температур та падіння рівня ґрунтових вод у регіоні спричинили істотні зміни видового складу мохів: кількість типових представників болотних біотопів зменшилася удвічі, майже зникли печіночники та сфагнові мохи, зросла частка представників рудеральної бріофлори мезофітної та мезоксерофітної груп до 60% видового складу. Ефективними маркерами прогнозування кліматичних змін природних біосистем є видовий склад мохів, проективне покриття, репродуктивна структура, активність домінантних і субдомінантних видів.

**LOBACHEVSKA O.V., RABYK I.V., KYIAK N.Y.**

**ANALYSIS OF ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PECULIARITIES OF BRYOPHYTES WETLAND ECOSYSTEMS FOR CHANGES OF ENVIRONMENTAL FACTORS (ON THE EXAMPLE OF THE LOCAL LANDSCAPE ZALYVKY)**

In the the local landscape Zalyvky (Roztochchya Nature Reserve, Lviv region) during the period 1990–2020, the increase in average annual temperatures and the fall of the groundwater level in the region caused significant changes in the species composition of mosses: the number of typical wetland habitats halved and disappeared liverworts and sphagnum mosses, the share of ruderal bryoflora of mesophytic and mesoxerophytic groups increased to 60% of the species composition. Effective markers for predicting climate change in natural biosystems are the species composition of mosses, projective cover, reproductive structure, activity of dominant and subdominant species.

УДК: 582.32: 574.21

**ПОЛІЩУК О.І., АНТОНЯК Г.Л.**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Грушевського, 4, Львів 79000, Україна  
e-mail:oleksandr.polishchuk@lnu.edu.ua  
e-mail:halyna.antonyak@lnu.edu.ua

### **АКУМУЛЯЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГАМЕТОФІТАХ МОХУ BRACHYTNESCIUM RUTABULUM НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА**

Важкі метали належать до найрозповсюдженіших забрудників атмосферного повітря, особливо в індустріальних містах. В атмосферу промислових міст ці полютанти потрапляють з різноманітних джерел (промислові та паливно-енергетичні підприємства, різні види транспорту) і можуть переноситись з атмосферними потоками на віддалені території. Забруднення атмосферного повітря має екологічні та медичні наслідки, найбільш відчутні в густонаселених районах. Тому аналіз забруднення атмосфери важкими металами – необхідна

складова моніторингу екологічного стану довкілля в урбоекосистемах.

Важливе значення у процесах екологічного моніторингу має використання рослин-біоіндикаторів, зокрема бріофітів, які впродовж останніх десятиріч успішно застосовують під час біоіндикації стану навколишнього середовища. Проте значення окремих видів бріофлори у процесах біоіндикації забруднення атмосфери важкими металами з'ясоване недостатньою мірою. Метою роботи було дослідити рівень акумуляції металів (Cr, Mn, Ni, Pb, Zn) у тканинах моху *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp., зібраного на території міста Львова.

Відбір гаметофітів моху *B. rutabulum* для аналітичних досліджень здійснювали на трьох ділянках із різним рівнем антропогенного впливу у південній частині міста. Ділянку №1, яку використовували як умовно контрольну, обрали в центральній частині Стрийського парку, що фактично не зазнає впливу техногенних чинників; ділянки №2 і №3 обрали відповідно в середній і кінцевій частині вулиці Стрийської, що характеризується інтенсивним транспортним та індустріальним навантаженням. Відбір зразків та підготовку рослинного матеріалу до аналізу здійснювали з використанням стандартних методів. Концентрацію важких металів (Cr, Mn, Ni, Pb, Zn) у відібраних зразках аналізували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Інтенсивність транспортного руху на вул. Стрийській визначали за допомогою загальноприйнятої методики. Результати досліджень опрацьовували методами варіаційної статистики.

Отримані результати свідчать, що за рівнем акумуляції в тканинах моху *B. rutabulum* аналізовані метали можна розгашувати в такому порядку: Mn > Zn > Pb > Cr > Ni. Відповідно, рівень накопичення Mn і Zn у гаметофітах

*B. rutabulum* значно більший, порівняно з трьома іншими елементами. Однак інтенсивність акумуляції окремих металів у гаметофітах моху, зібраного на досліджуваних ділянках, неоднакова. Зразки рослинного матеріалу, відібрані на ділянці № 1 (територія парку), характеризуються меншою концентрацією металів, порівняно з двома іншими ділянками, а статистично вірогідні різниці між зразками, отриманими з аналізованих ділянок, виявлені щодо концентрації Mn, Zn і Pb. На основі результатів порівняльного аналізу встановлено, що середні значення концентрації Mn, Zn і Pb у гаметофітах *B. rutabulum*, зібраних на ділянках № 2 і № 3 більші відповідно в 1,7 ( $p < 0,05$ ), 3,5 ( $p < 0,01$ ) і 2,2 рази ( $p < 0,01$ ), ніж у зразках, зібраних на умовно контрольній ділянці № 1.

Оскільки бріофіти абсорбують метали головно з атмосферного повітря, а не з субстрату, який колонізують, результати щодо інтенсивної акумуляції металів у тканинах моху *B. rutabulum*, зібраного на ділянках № 2 і № 3, свідчать про забруднення атмосферного повітря металами в районах з високим рівнем антропогенного впливу. Зокрема, це стосується Zn і Pb, надходження яких в атмосферу найбільшою мірою пов'язане з транспортним навантаженням. У наших дослідженнях встановлено, що ділянки Д2 і Д3, вибрані на вул. Стрийській, характеризуються високою інтенсивністю транспортного руху ( $726 \pm 95$  і  $993 \pm 126$  транспортні засоби за 1 годину). Як відомо, метали вивільняються в атмосферне повітря з викидами під час руху автомобілів, внаслідок стирання тормозних пристроїв, автомобільних шин і дорожнього полотна. Підвищення вмісту важких металів у повітрі становить ризик здоров'ю населення, спричиняє збільшення частоти алергічних, пульмонологічних, серцево-судинних та інших захворювань.

Загалом, отримані результати вказують на зв'язок між рівнем антропогенного навантаження на досліджуваній території та рівнем акумуляції важких металів у гаметофітах моху *B. rutabulum*. Водночас результати дослідження підтверджують біоіндикаційне значення бріофітів і обґрунтовують використання моху *B. rutabulum* як біоіндикатора під час біомоніторингу екологічного стану навколишнього середовища.

**POLISHCHUK A.I., ANTONYAK H.L.**

**ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN GAMETOPHYTES OF *BRACHYTHECIUM RUTABULUM* MOSS IN THE TERRITORY OF THE CITY OF LVIV**

Bryophytes are often used as bioindicators of metal pollution in urban areas. The aim of this study was to analyze the content of heavy metals (Cr, Mn, Ni, Pb, and Zn) in the tissues of *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. moss collected in the territory of the city of Lviv. The results obtained demonstrate the direct relationship between the influences of anthropogenic factors, in particular, the transport load, and the levels of metal accumulation in *B. rutabulum* gametophytes in the studied areas of the city. In general, the results of the study indicate the suitability of using *B. rutabulum* moss as a bioindicator in biomonitoring studies of the environment.

UDK 581.1; 581.5; 582.34

**KYYAK N.Y., LOBACHEVSKA O.V., RABYK I.V.**

Institute of Ecology of the Carpathians of National Academy  
of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine  
Kozelnytska St., 4, Lviv, 79026, Ukraine  
e-mail:kyyak\_n@i.ua



## **ROLE OF THE BRYOPHYTE COVER IN RENEWAL OF SUBSTRATES ON THE POST-TECHNOGENIC SALINIZED TERRITORY**

Bryophytes play a significant role in the revitalization of posttechnogenic ecosystems (Gao et al., 2018; Cheng et al., 2019; Ćosić et al., 2020). Mosses promote the soil formation by accumulation organic carbon, organic acids and organogenic elements (Kyyak & Baik, 2016). They maintain balance of the subsoil alkalinity and acidity and improve its physical and chemical properties, create conditions for settlement of other plant species and promote the development of microbial communities (Bueno de Mesquita et al., 2017; Cao et al., 2020).

The technogenic substrate of the tailings storage of Stebnyk Mining and Chemical Enterprise “Polyminerall” is relatively poor in nutrients and characterized by a high degree of moisture and salinity, low redox potential, which determines its low potential fertility and suitability for plant growth (Kyyak & Bunio, 2017; Fetsiukh et al., 2018). Bryophytes are one of the pioneers of overgrowing of the tailings storage saline substrates. They colonize areas with a very high and high degree of salinity, which is unsuitable for other plants (Kyyak & Kyyak, 2019). Species of mosses *Didymodon rigidulus* Hedw., *Funaria hygrometrica* Hedw. and *Barbula unguiculata* Hedw. play an important role in the initial stage of the overgrowing of the strongly saline areas of the tailings storage.

The work aims to investigate the role of the bryophyte cover in substrate revitalization on the post-technogenic salinized territory. The influence of the moss cover on the organic carbon content, actual acidity, redox potential, and the content of the main ecological and trophic groups of microorganisms in the substrate of the tailings storage was investigated.

It was indicated that pioneer moss species promote the

accumulation of the organic matter in saline substrates of the tailings storage. Under moss turfs, the amount of organic carbon increased 2.2–5.0 times, compared with its content in the uncovered substrate. The species characteristics of mosses, primarily their life form significantly influenced the content of organic carbon. The dense-turf species *Didymodon rigidulus* and *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum* (Schreb.) Turner. accumulated the most organic matter. The thickness of the litter under the moss turf of these species was much bigger than in *Barbula unguiculata* and *Funaria hygrometrica*, which form loose turf. It assessed the specificity of the accumulation of the organic carbon in the turfs of the studied mosses. It was founded that most organic matter accumulated in the dead parts of the moss turf. In the green parts of the shoots of these moss species the amount of organic carbon was 3–4 times less, which indicates a relationship between litter capacity and content of carbon in the substrate under moss turfs. the influence of mosses on the actual acidity of the tailings storage substrate was investigated.

The effect of moss turfs on the actual acidity of the tailings storage substrate was investigated. A neutral pH value (7.1–7.3) was determined for the uncovered substrate of strongly saline areas. Moss turfs of all studied species promoted the increase of acidity of the aqueous soil solution of the upper layer of the tailings substrate by 0.2–0.5 units, thus providing increases of the metabolic processes activity in the substrate. The most significant increase of the acidity under moss turf *Barbula unguiculata* and *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum* was found.

In the alkaline environment of the tailings storage substrate metabolic processes occurred at low values of redox potential. In the bare tailings storage substrate, the redox potential rate was low, indicating significant anaerobiosis and the recovery regime of the tailings substrate. Under the moss cover, the redox potential of the

substrate increased 1.2–1.4 times. It was indicated that the redox potential significantly depended on the species characteristics of mosses. The highest rates were determined for dense turf species of *Didymodon rigidulus* and *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum*, which form a quite thick layer of bedding (2–3 cm), compared with other investigated moss species. Under the moss cover formed by plants of these species, the substrate loosens and acquires a coarse-grained structure due to the secretions of moss turfs. Its porosity increases, which contributes to the enrichment of the substrate with oxygen and eliminate the effect of substrate anaerobiosis. It is one of the causes of the technogenic substrate recovery.

The influence of the moss cover on microbial biomass and the quantity of some ecological and trophic groups of microorganisms in the substrates of the tailings storage was investigated. In the uncovered substrate with a very high degree of salinity the lowest biomass indexes ( $3.19 \text{ mg C}\cdot\text{g}^{-1}$  dry weight soil) were fixed. The degree of the substrate salinization and the species characteristics of mosses significantly affected the amount of microbial biomass under moss turfs. The microbial biomass index increased to  $5.09\text{--}6.10 \text{ mg C}\cdot\text{g}^{-1}$  dry weight soil in areas with a very high degree of salinization under the moss turfs of *Didymodon rigidulus* and *Funaria hygrometrica*. It was recorded higher values ( $11.27 \text{ mg C}\cdot\text{g}^{-1}$  dry weight soil) under perennial turfs of *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum*, which grew furthest from the liquid phase of the tailings storage, with twice as small the degree of the substrate salinity.

It was showed a significant increase in the quantity of the main ecological and trophic groups of microorganisms (saprophytes, cellulose-destroying bacteria, oligonitrophils and nitrogen fixers) in the substrate under the moss cover. For example, the number of nitrogen-fixing bacteria in the substrate under the

moss turfs was almost ten times larger than their quantity in the substrate without plants.

The influence of moss cover on the quantity of cellulose-degrading bacteria, which are the main indicators of soil fertility, was studied. Colonies of these microorganisms were absent in conditions of very high salinity, so the degree of salinity of the substrate is also important. It was shown that their quantity was 24.5–32.2 % of fouling in conditions of slightly lower substrate salinity under the turfs of *Funaria hygrometrica* and *Barbula unguiculata*. The highest quantity of cellulose-degrading bacteria (56.4%) we determined at the less salinity of the substrate under *Ptychostomum pseudotriquetrum* var. *bimum* turfs.

Oligonitrophilic microorganisms complete the organic substances mineralization, their development depends on the aeration and redox potential of the substrate and the presence of easily accessible organic substances. The number of oligonitrophils in the non-covered substrate was  $2.2 \cdot 10^3$  colony-forming units·g<sup>-1</sup> dry weight soil. Under the moss cover their number was in the range of  $3.1 \cdot 10^4$ – $6.4 \cdot 10^4$  colony-forming units·g<sup>-1</sup> dry weight soil.

Thus, pioneer moss species have a complex effect on the saline substrate of tailings storage. They accumulate organic matter, increase the acidity of the upper layer, improves the redox regime of the substrate and promote the development of soil microbiota.

Наукове видання

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЇ ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВИ

Матеріали міжнародної наукової конференції,  
присвяченої 120-річчю від дня народження члена-  
кореспондента АН УРСР, професора Андрія Созонтовича  
Лазаренка

Редактори: О.В. Лобачевська, Н.Я. Кияк, І.В. Рабик  
Комп'ютерний набір і верстка: Н.Я. Кияк, І.В. Рабик  
Технічна редакція: Н.Я. Кияк, І.В. Рабик, Н.А. Кіт

Оригінал-макет виготовлено в Інституті екології Карпат  
НАН України  
79026, Львів, вул. Козельницька, 4  
тел./факс 032 270-74-30