

©ГрГУ им. Я. Купалы, ИЭБ НАН Б

**ЭКОЛОГО-ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ И СОЗОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
МОХОБРАЗНЫХ ФОРТИФИКАЦИЙ ГРОДНЕНСКОЙ КРЕПОСТИ**

А. А. САКОВИЧ, Г.Ф. РЫКОВСКИЙ

A comprehensive analysis of mosses fortifications, enabling adaptability to identify species of mountain bryophytes in a plain, which is a fundamental component of this work. Since these structures are analogous to carbonate rocks in the plains of Belarus

Ключевые слова: бриофлора, фортификации, Гродненская крепость

1. ВВЕДЕНИЕ

Мохообразные играют огромную роль в биосфере, главным образом в регулировании водного баланса континентов; оказывают влияние на природную среду: повышают влажность почвы, влияют на

ее тепловой и газовый режим, физико-химические свойства, являются пионерами в процессе заселения растениями новых территорий, обеспечивают накопление органических веществ в почве и образование первичного гумуса. В последнее время они используются как индикаторы степени загрязнения природной среды [1].

В Беларуси из всех групп высших растений мохообразные остаются относительно наименее изученными. При этом, бриофлора составляет существенную и специфическую часть флоры высших растений – около 25%. Из общего числа – 440 видов мохообразных, 27 занесены в Красную книгу Республики Беларусь, а 35, согласно этому источнику [2], нуждаются в профилактической охране, в связи с их редкостью или недостаточной изученностью. Мохообразные являются интегральным показателем условий экzogенной среды, в том числе редкие и реликтовые виды особенно важны для прослеживания процессов флорогенеза и проведения мониторинга, а также для прогнозной характеристики изменений биоценозов.

Мохообразные в связи с их «двуединостью», специфической реакцией на воздействия внешней среды как гаметофитного направления развития высших растений, пионеров освоения суши привлекают все большее внимание исследователей. Уклоняясь от конкуренции, мохообразные осваивают широкий спектр микрониш, отвечающих их требованиям. К таким местообитаниям относятся, в частности, каменистые образования, а также сходные по своим свойствам с горными породами бетонные и цементно-каменные сооружения. Особый интерес эти местообитания представляют в том отношении, что здесь временной фактор привел к сочетанию в единой системе антропогенных и природных факторов. В сущности здесь возник уникальный рефугиум для произрастания разнообразных бриофитов и, прежде всего, эпилитов, дополняющий спектр природных экотопов [3].

К такого рода рефугиумам, заслуживающим особого внимания, относятся в частности, бетонные сооружения и, прежде всего, их конгломераты, оборонительного характера, времен I Мировой войны, богато представленные в западной половине Беларуси, учитывая ее историю [4]. Со временем бетонные и цементно-каменные сооружения имитируют в известной мере по своим физико-химическим свойствам карбонатные горные породы, благодаря чему реализуются возможности сохранения редких видов мохообразных-кальцефилов.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, *объектом* данного исследования являются мохообразные, произрастающие на бетонных сооружениях.

Цель работы – исследование бриофлоры старых бетонных фортификаций как аналога карбонатных горных пород в равнинных условиях Беларуси.

Задачи:

- 1) провести таксономический анализ бриофлоры фортов;
- 2) установить экологическую приуроченность мохообразных эпилитов;
- 3) выявить биоморфы и жизненные стратегии видов эпилитов;
- 4) рассмотреть фортификационные сооружения как функциональный компонент экологической сети;
- 5) выявить редкие и охраняемые виды мохообразных.

3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые бриологические (флористические) исследования проводили следующими методами: маршрутным методом, детально-маршрутным, методом тотального учета [5,6,7] мохообразных в 2008–2011 гг. на 12 фортах Гродненской крепости в районах деревень: Наумовичи, Ратичи, Каменка, Стрельчики, Гибуличи, Малая Ольшанка, Погораны, Гневенщина, Лабно, Чещевляны, Каменная Русота и санатория «Неман» (Гродненский район Гродненской области Беларуси). Методы топографической съемки с помощью GPS навигатора (*Garmin Venture Cx*).

Для оценки обилия мхов на фортах использовали шкалу Браун-Бланке (баллы) [6]: 1-число особей невелико, проективное покрытие до 5 %; 2-число особей невелико, покрытие от 5 до 25%; 3- число особей любое, покрытие 25–50%; 4-число особей любое, покрытие 50–75%; 5- число особей любое, покрытие более 75%. Встречаемость определялась по [7].

Маркировка фортов согласно [4].

Материалом для работы послужили результаты обработки коллекции бриофитов (более 1000 образцов), собранных нами на бетонных фортах Гродненской крепости. Гербарные сборы хранятся в MSK-B и GRSU.

Определение, таксономический, и экологический анализы мохообразных осуществляли по «Флоре Беларуси, I том» [8], «Флоре Беларуси, II том» [9], анализ жизненных стратегий по [10,11], созоло-

гический анализ по [2]. В зависимости от влагообеспеченности бетонных сооружений бриофиты мы разделяем на 3 по степени гидроморфности ряда: ксерофильный, мезофитный и гигрофильный ряд (по Г.Ф. Рыковскому) [3].

Для оценки видового разнообразия использовали индексы флористического биоразнообразия [12] и пакет Biodiversity program [13].

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований бриофитов фортов нами выявлено и идентифицировано – 85 вида класса *Bryopsida* и 5 видов класса *Hepaticopsida*, относящихся к 11-и порядкам, 23-м семействам и 48-и родам.

Изученная бриофлора оказалась относительно немногочисленной (20,7% видов мхов Беларуси), но преобладание бокоплодных бриофитов над верхоплодными (2,7:1,5), и мхов над печеночниками (17,8:1), что подтверждает специфичность ценофлоры мохообразных аналогов скальных субстратов для равнинной территории.

В видовом отношении выделяются следующие рода *Bryum* (9 видов), *Orthotrichum* (8), *Brachythecium* (7), *Plagiomnium* (5). Из семейств по родовому объему более представительны *Pottiaceae* Schimp. (6), *Amblystegiaceae* G. Roth (5), *Hylocomiaceae* Fleisch. (5), *Brachytheciaceae* Schimp., *Grimmiaceae* Arnott., *Bryaceae* Schwaegr., *Dicranaceae* Schimp. (по 3). Более крупными в видовом аспекте являются семейства *Bryaceae* Schwaegr. (11 видов), *Brachytheciaceae* Schimp. (10), *Amblystegiaceae* G. Roth. (9), *Pottiaceae* Schimp. (8), *Orthotrichaceae* Arnott. (8), *Mniaceae* Schwaegr. и *Hylocomiaceae* Hedw. (по 6).

К доминирующим видам на фортах относятся *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Tortella tortuosa* Hedw. (обилие 5 баллов), *Tortula muralis* Hedw., *Schistidium apocarpum* Hedw., *Plagiomnium cuspidatum* Hedw., *Brachythecium rivulare* Schimp., *Homalothecium lutescens* Hedw. (4 балла), *Plagiomnium undulatum* Hedw., *Climacium dendroides* Hedw., *Abietinella abietina* Hedw., *Thuidium philibertii* Limpr. (3 балла).

Для сравнения видового разнообразия бриофлоры фортификационных сооружений использовали индекс меры фиторазнообразия Бергера-Паркера, индекс флористического разнообразия Шеннона (таблица 1).

Анализ уровня биоразнообразия показал высокую степень разнообразия фортов № 1,8,4,6,7 по Шеннону. Что подтверждается индексом доминирования Бергера-Паркера. Высоким биоразнообразием обладают форты № 1,8, средним – 4,6,7.

В результате проведенного анализа биоразнообразия фортов выделено 3 группы фортов: с высоким, средним и низким уровнем видового разнообразия. К первой группе относятся форты № 1, 8, вторую группы составляют форты № 4, 6, 7, третью – № 2, 3, 5, 9, 11, 12, 13.

Среди гидроморф мохообразных в пределах Гродненской крепости выявлен практически полный их спектр, за исключением гидрофитов. Бриофиты *открытых* фортов представлены 6-ю гидроморфами: ксеромезофиты, мезоксерофиты, мезофиты, мезогигрофиты, гигромезофиты, гигрофиты. Бриофиты *закрытых* фортов представлены следующими 7-ю группами: мезоксерофиты, ксеромезофиты, мезофиты, гигромезофиты, мезогигрофиты, гигрофиты, гигрогидрофиты. На открытых фортах преобладают ксерофильные виды мхов, которые наиболее адаптированы к повышенному уровню освещения и более засухоустойчивы (*Orthotrichum* spp., *Schistidium* spp., *Grimmia* spp. и др.). На закрытых фортах в большинстве доминируют мезофиты, что, вероятно, связано с нахождением этих фортов в увлажненных лесных условиях, за исключением фортов №9 и №13. Форт 9 расположен на склоне в разреженном сосняке орляковом, формирующем мозаичное освещение, что позволяет доминировать ксерофильной группе мхов. На форте №13 доминируют гигрофитные виды, так как это самый разрушенный из исследованных фортов, образующий большое количество эконош с повышенным увлажнением, находясь в сосняке лещиново-орляковом с развитым подлеском и подростом (вязы, ивы, лещина, крушина и др.), где условия благоприятны для произрастания гигрофитов. В целом по отношению к влажности бриофлора сооружений Гродненской крепости характеризуется преобладанием преимущественно мезофитов (34 вида) и ксеромезофитов (27).

Таблица 1 – Значения индексов биоразнообразия Бергера-Паркера и Шеннона

Индекс	№ форта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
Berger-Parker Dominance (d)	0,048	0,083	0,064	0,063	0,065	0,063	0,074	0,054	0,069	0,143	0,231	0,1
Shannon H' Log Base 10	1,588	1,382	1,348	1,407	1,34	1,473	1,423	1,604	1,422	0,931	0,865	1,181

На всех фортификациях Гродненской крепости преобладают бриофиты приуроченные к субстратам с умеренным содержанием питательных веществ – мезотрофы и мезоэвтрофы. Практически равномерно распределяются эвтрофы, с небольшим преобладанием на форте №13. Напротив, наименьшее количество эвтрофов наблюдается на открытых сооружениях. Олигомезотрофы представлены на всех фортах, хотя их таксономический объем незначителен на 13-м и 8-м форте (по 3 вида). Преобладание мезотрофов (24 видов) или мезоэвтрофов (34 вида) среди видов мохообразных в полной мере отражает трофическую специфику экотопов в системе старых бетонных фортификаций, частичного нарушения их поверхности, наличия на ней в ряде мест дерна, гумуса и пыли, частично проникающих в поры субстрата, обогащенного карбонатами. Все это определяет наличие здесь значительной доли элементов минерального питания для мохообразных. Именно в аридных областях мохообразные зачастую находят местообитания на карбонатных горных породах, аналогом которых в известной мере являются данные фортификаций.

Жизненные формы у мохообразных имеют важное значение в процессе их адаптации к условиям экзогенной среды. Среди бриевых мхов существует два морфотипа: акрокарпные (верхоплодные) и плеврокарпные (бокоплодные). Для каждой из них характерна определенная форма роста. Среди биоморф бриевых мхов обследованных нами фортификаций значительно преобладает настоящая дерновина и ковер, им уступают такие специализированные формы, как сплетение и подушка. Древовидная форма представлена лишь 2%. Преобладание таких форм роста, как настоящая дерновина и ковер (56%), вероятно, связано с расположением большинства фортификаций в лесных условиях, так как такие биоморфы образуются в более богатых по степени трофности местообитаниях. В бедных местообитаниях, на не обеспеченных влагой таких субстратах, как бетонные сооружения и камни, у мхов формируются более плотные биоморфы, такие как подушка и дерновинная подушка (28%).

В зависимости от особенностей заселяемого экотопа одни и те же виды бриофитов могут выступать как виоленты («победители»), и как пациенты («выносливцы»). Бриопациенты разделяют на ценотические и экотопические, первые приурочены к напочвенным условиям, вторые – к иным субстратам (кора деревьев, камни). Роль ценотических бриопациентов в растительных сообществах второстепенная. Среди печеночников Гродненской крепости к бриопациентам относятся три вида: *Lophocolea bidentata*, *Conocephalum conicum*, *Chylosciphus polyanthus*, выступающие как экотопические бриопациенты. Остальные два вида: *Plagiochila porelloides* – бриовиолент, *Marchantia polymorpha* может быть бриовиолентом и бриоэксплерентом.

Среди бриевых мхов к бриовиолентам можно отнести только *Calliergonella cuspidata*, к бриопациентам – 70 видов, среди них бриопациенты экотопические составляют 34%. Бриопациентами ценотическими и экотопическими можно считать 10 видов. Три вида бриевых мхов могут выступать как бриовиоленты, так и ценотические бриоэксплеренты: *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Climacium dendroides*. Группу собственно бриоэксплерентов составляют 10 видов бриевых мхов, которые чаще всего произрастают на свободных, обнаженных участках субстрата вследствие своей неспособности длительно удерживать занимаемые участки, но обладающие высокой генеративной способностью – *Dicranella cerviculata*, *Ceratodon purpureus*, *Tortula ruralis*, *Pohlia nutans* и др. Таким образом, преобладающими на фортификациях являются виды-пациенты – 85%, которые не только способны выносить конкуренцию со стороны более сильной доминирующей стороны – сосудистых растений, но и адаптироваться к таким стрессовым факторам, как недостаточное или избыточное увлажнение, обедненное питание, дефицит тепла и света, которые присущи каменистым субстратам.

В результате соэкологического анализа бриофлоры фортов Гродненской крепости установлено, что 52,3% видов относятся к редким, из них 8 отмечены впервые в Гродненской области, а для 6 видов здесь выявлено второе местонахождение. 4 вида занесены в Красную книгу Республики Беларусь (*Tortella tortuosa* Hedw. (CR), *Bryum klinggraeffii* Schimp. (VU), *Bryum warneum* Roehl. (черный список «А»), *Orthotrichum patens* Bruch ex Brid. (профилактическая охрана). Форт №1 является наиболее репрезентативным биотопом для проведения мониторинга бриокомпонента каменистых субстратов антропогенного происхождения.

Фортификации являются излюбленным местом отдыха и посещения туристами, жителями близлежащих деревень, последними также выпасается скот вблизи фортификаций. Это влечет за собой различную степень антропогенной нагрузки. Популяции редких видов в таких условиях находятся под угрозой. В настоящее время состояние популяций оценивается нами как удовлетворительное. Основными факторами угрозы являются: преднамеренные пожары, рекреация, засорение мусором, биологическое загрязнение, вытаптывание домашними животными, природные сукцессии, специальная очистка от мохового покрова.

В связи с произрастанием на фортификациях видов мохообразных с горной экологией, нами проработаны основные пути миграции мохообразных-эпилитов: 1) воздушными потоками (в Республике преобладают ветра западного направления), формируя форпосты и эксклавы на подходящем искусственном субстрате (оптимально, давно не используемом человеком); 2) со строительным материалом (горные породы), который использовали для строения фортификаций; 3) благодаря орнитогенному фактору; 4) естественная миграция по экологическим коридорам. Вероятнее всего, миграционный вектор широтного формата большинства видов мохообразных горной экологии в Беларусь простирается с Карпат с предгорьями и с ближайших горных систем. Важным элементом в формировании миграционного потока горных видов с Карпат на север (Беларусь, Прибалтика), как мы полагаем, является оборонительная линия Молотова (1940-1941 гг.), которая является принципиально новым миграционным руслом (экологическим коридором на равнинные территории) в распространении видов-эпилитов, в том числе, и мохообразных. Европейские миграционные пути, или экологические коридоры, имеющиеся в настоящее время, в основном природного (естественного) происхождения. Однако, они не являются универсальными, так как для отдельных видов и групп растений при детальном изучении их мест обитания и распространения необходимо выделять специальные системы транзитных территорий (коридоров), которые имеют, в некоторых случаях, и антропогенное происхождение.

Таким образом, в бриофлоре обследованных фортификационных сооружений выявлено 90 видов мохообразных, из них печеночников – 5, бриевых – 85, последние составляет около ¼ флоры бриевых мхов Беларуси. В результате проведенного анализа бриоразнообразия фортов выделено 3 группы фортов: с высоким, средним и низким уровнем видового разнообразия. В целом по отношению к влажности бриофлора сооружений Гродненской крепости характеризуется преобладанием преимущественно мезофитных и ксеромезофитных компонентов. Среди трофоморф на всех фортификациях преобладающими являются мезотрофы и мезоэвтрофы. По жизненным стратегиям в составе бриофлоры бетонных сооружений преобладают бриопатиенты, по формам роста – дерновина и ковер. Выявлено 46 редких и очень редких видов для территории Республики, из которых 2 подлежат государственной охране и 1 очень редкий вид относится к числу представленных в «черном» списке видов Красной книги Республики Беларусь. Определены основные пути миграций мохообразных-эпилитов на территорию Республики Беларусь.

Литература

1. Дударева Н.В. Бриофлора восточного Присяня: автореф. дис....канд. биол. наук: 03.00.05 // Новосибирск. 2006. 17 с.
2. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / редколлегия. Л.И. Хоружик (предс.) и др. Минск. 2005. 456 с.
3. Рыковский Г.Ф. Мохообразные, произрастающие на бетонных сооружениях в условиях Западной окраины русской равнины (Белоруссия) // Ботаника. Минск. 1988. Вып. 29. С.107–116.
4. Пивоварчик, С.А. Белорусские земли в системе фортификационных строений Российской империи и СССР (1772 – 1941 гг.) // Гродно. ГрГУ. 2006. 252 с.
5. Федорук, А.Т. Ботаническая география. Полевая практика // Минск. 1976. 224 с.
6. Жукова, Л.А. Полевой экологический практикум. Учебное пособие. Ч 1. // Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2000. 112 с.
7. Лемеза, Н.А. Геоботаника. Учебное пособие // Минск. 2008. 255 с.
8. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В.И. Парфенова. Минск. 2004. Т. 1. 437 с.
9. Флора Беларуси. Мохообразные. В 2 т. / под ред. В.И. Парфенова. Минск. 2009. Т. 2. 213 с.
10. Рыковский, Г.Ф. Жизненные стратегии бриевых мхов во флоре Беларуси / Г.Ф. Рыковский // Ботаника (исследования): сб. научных трудов. Выпуск 36. Минск. 2008. С.14–26.
11. Рыковский, Г.Ф. Биоморфы бриевых мхов во флоре Беларуси // Ботаника. Минск, 2011. Вып. 40. С.126–137.
12. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение. Москва. 1992. 161 с.
13. Natural history museum [Электронный ресурс]. 2012. Режим доступа: www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro. Дата доступа: 25.05.2012.