

Международная ассоциация бриологов
Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск
Санкт-Петербургский государственный университет
Русское ботаническое общество
Национальный исследовательский Томский государственный университет

**МАТЕРИАЛЫ
VI МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
«БИОЛОГИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ»**

**Санкт-Петербург; Ханты-Мансийск
28 июля – 11 августа 2016 г.**

*Ответственные редакторы:
профессор, доктор биологических наук Е.Д. Лапшина;
кандидат биологических наук О.В. Галанина*

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2016

УДК 582.34+ 581.52+581.92
ББК 28.592я 431
М341

Материалы VI Международного Симпозиума «Биология сфагновых мхов»
М341 (Санкт-Петербург; Ханты-Мансийск, 28 июля – 11 августа 2016 г.) / под ред. проф., д-ра биол. наук Е.Д. Лапшиной, канд. биол. наук О.В. Галаниной. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 74 с.

ISBN 978-5-94621-552-7

Сборник содержит материалы VI Международного симпозиума «Биология сфагновых мхов». Авторы, специалисты по сфагновым мхам из разных стран мира, рассматривают отдельные виды мхов, экологические факторы, влияющие на их развитие, а также способы их практического применения. Материалы охватывают описания сфагновых мхов, распространенных как в разных регионах России, так и в европейских странах.

Для широкого круга специалистов, работающих в области ботаники, экологии и смежных дисциплин, а также студентов и преподавателей вузов.

УДК 582.34+ 581.52+581.92
ББК 28.592я 431

Организационная и финансовая поддержка:

1. Правительство Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.
2. АО «НК «Конданефть».
3. Национальный исследовательский Томский государственный университет.
4. Югорский государственный университет.
5. Санкт-Петербургский государственный университет.
6. Русское ботаническое общество.

ISBN 978-5-94621-552-7

© Авторы (текст), 2016

Сборник включен в систему РИНЦ (www.elibrary.ru)

International Association of Bryologists
Yugra State University, Khanty-Mansiysk
Saint-Petersburg State University
Russian Botanical Society
National Research Tomsk State University

PROCEEDINGS
of the VI International Meeting
on the Biology of *Sphagnum*

Saint Petersburg; Khanty-Mansiysk
July 28 – August 11, 2016

Edited by:
professor, doctor of biological sciences E.D. Lapshina
candidate of biological sciences O.V. Galanina

Tomsk
Publishing House of Tomsk State University
2016

UDK 582.34+ 581.52+581.92
BBK 28.592я 431

Proceedings of the VI International Field Symposium «Biology of *Sphagnum*»
(Saint Petersburg; Khanty-Mansiysk, July 28 – August 11, 2016) / ed. by Prof. E.D. Lapshina,
O.V. Galanina. – Tomsk : Publishing House of Tomsk State University, 2016. – 74 p.

ISBN 978-5-94621-552-7

The book contains the proceedings of the VI International Meeting on the Biology of *Sphagnum*. The authors who are specialists on biology of *Sphagnum* from all over the world consider different species of mosses, environmental factors influencing on them, and their practical application. The materials cover descriptions of *Sphagnum* mosses distributed in different Russian regions and Europe.

The proceedings are of interest for researchers working in botany, ecology and relevant areas, and for students and university teachers.

UDK 582.34+ 581.52+581.92
BBK 28.592я 431

Supported by:

1. The Government of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra.
2. AO “NK “Kondanef”.
3. National Research Tomsk State University.
4. Yugra State University, Khanty-Mansiysk.
5. Saint-Petersburg State University.
6. Russian Botanical Society.

ISBN 978-5-94621-552-7

© Authors (text), 2016

The proceedings are indexed by Russian Science Citation Index (www.elibrary.ru)

Вступительное слово

Международный полевой симпозиум «Биология сфагновых мхов» (*International Meeting on the Biology of Sphagnum*) является особенным событием и объединяет специалистов в области систематики мохообразных, флористов, геоботаников, торфоведов, экологов – всех тех, кто неравнодушен к растениям рода *SPHAGNUM*, изучает их географию, филогению, взаимоотношения с другими растениями, возможности использования и выращивания.

Регулярные встречи специалистов-сфагнологов предоставляют замечательную возможность обменяться опытом, поделиться знаниями, завязать новые контакты не только состоявшимся исследователям, но и молодым ученым, студентам и аспирантам.

Первый международный Симпозиум, посвященный сфагновым мхам (1th International Symposium on the Biology of *Sphagnum*), был организован Британским Бриологическим Обществом (BBS) и Международной Ассоциацией бриологов (IAB) в июле 1991 г. и проходил в Эксетерском Университете в Великобритании. Симпозиум сыграл важную роль в популяризации идеи, о том, что сфагновые мхи можно и нужно уметь определять в полевых условиях. Были опубликованы полевые определители сфагновых мхов – в Норвегии (Flatberg, 2002), Финляндии (Laine et al., 2009, 2011), Эстонии (Vellak et al., 2013), выходит из печати полевой атлас-определитель сфагновых мхов на русском языке (Носкова, 2016).

На нашей памяти состоялись симпозиумы в Норвегии-Швеции (3th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, Uppsala-Trondheim, 2002), на Аляске (4th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, 2008), Латвии-Эстонии (5th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, 2012).

С момента последней встречи в Тарту, Эстония в 2012 г. прошло четыре года, и ученые, интересующиеся сфагновыми мхами, снова собираются вместе. Во время научного путешествия по болотам Латвии и Эстонии, принимавшие в нем участие сфагнологи высказали заинтересованность и пожелание посетить Западную Сибирь, которая, как известно, изобилует заболоченными пространствами. Они обратились к Марии Носковой с вопросом о возможности организовать следующую тематическую встречу в России. Нам пришла в голову счастливая мысль написать д-ру Елене Лапшиной, которая охотно согласилась принять сообщество сфагнологов и предложила провести очередной симпозиум (1-11 августа 2016 г.) на базе Югорского государственного университета, Ханты-Мансийск.

Предваряет шестой полевой симпозиум двухдневная сфагновая экскурсия в Ленинградской области (28-31 июля 2016 г.), где недалеко от Санкт-Петербурга можно обнаружить значительное разнообразие сфагновых мхов и их местообитаний.

Кроме научных полевых экскурсий, запланированы научные сессии с представлением докладов участников. Анализируя присланные материалы, можно сказать, что география тезисов Симпозиума-2016 следующая: Россия (Карелия, Петрозаводск; Санкт-Петербург; Тверь; Борок, Ярославская обл.; Талдом, Московская обл.; Башкортостан, Уфа; Западная Сибирь, Ханты-Мансийск; Тюмень; Южная Сибирь: Новосибирск, Томск; Дальний Восток, Хабаровск), Беларусь, Эстония, Литва, Финляндия, Швеция, Германия, Чехия, Канада. Тематика представленных тезисов достаточно широкая и отражает следующие направления изучения сфагновых мхов:

1. Традиционные исследования: систематика, флора сфагновых мхов, редкие виды сфагновых мхов.

2. Прирост сфагнов

3. Продукция сфагновых мхов, биомасса, деструкция

4. Содержание азота, фосфора, калия в отдельных видах сфагнов

5. Оценка проективного покрытия сфагнов при сукцессионных сменах

6. Взаимоотношения видов в сообществах

7. Выращивание сфагновых мхов и их использование

8. Мало изученные организмы и болотные биотопы

9. Болотное районирование (на примере Германии)

В целом, преобладают экспериментальные работы, связанные с полевыми исследованиями по определению скорости прироста сфагнов, оценке их биомассы, проективного покрытия, скорости разложения, содержания отдельных элементов в сфагновых мхах и т.д. Тем самым подчеркивается биосферная роль сфагновых мхов, устанавливаются особенности их функционирования и важность в круговороте веществ.

Геоботанические аспекты отражены в публикациях, посвященных мониторингу сфагнового покрова при различных видах нарушений, вызванных влиянием таких факторов, как пирогенный и антропогенный (мелиорация, обводнение). Представлены результаты изучения многолетней естественной динамики сфагнового покрова сообществ в условиях заповедного режима.

Интересной и непростой для изучения темой является вопрос о взаимоотношениях отдельных видов при их совместном произрастании, где в качестве исследуемого объекта выступают растения рода *Sphagnum*.

Заметное число работ посвящено рациональному использованию сокровища наших болот – сфагнума. Ученые делятся опытом по его выращиванию в искусственных условиях, производству и применению.

Болота и населяющие их сфагновые мхи являются уникальными биотопами, которые создают особые условия для существования различных видов биоты, в частности представителей макрофауны беспозвоночных и протистов.

Интерес и энтузиазм в отношении изучения этих удивительных растений – сфагновых мхов – не угасает, в стремлении познать их биологию, экологию и географию появляются все новые научные и прикладные аспекты исследований. И это не может не радовать.

Желаем участникам вдохновения, хорошей погоды и новых открытий!

Добро пожаловать в Россию, добро пожаловать в Западную Сибирь.

О. Галанина

Foreword

The International Meeting on the Biology of *Sphagnum* is a particular event which brings together many different scientists: taxonomists, florists, phytosociologists, peat specialists, ecologists – all those who are interested in plants belonging to the genus “*SPHAGNUM*”, who study their geography, phylogenies, interactions with other plant species and utilisation and farming.

Regular meetings of sphagnologists give a good possibility to share their experiences; to exchange knowledge on a field of *Sphagnum* bryology not only for senior scientists but also for young researches and university/college students alike.

The first International Symposium on the Biology of *Sphagnum* was organized by the British Bryological Society (BBS) and International Association of Bryologists (IAB) in July 1991, hosted in Exeter, England.

This Symposium played the important role for the popularisation of the idea that *Sphagnum* mosses can be identified in field conditions. Since then, several field guides for *Sphagnum* moss identification were published in many different countries – for example, Norway (Flatberg, 2002), Finland (Laine et al., 2009, 2011) and Estonia (Vellak et al., 2013). The first Russian field-guide will be put into print this year (Носкова, 2016).

I would like to remind you that previous symposia were hosted in Norway-Sweden (3th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, Uppsala-Trondheim, 2002), in Alaska (4th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, 2008) and Latvia-Estonia (5th International Meeting on the Biology of *Sphagnum*, 2012).

Four years have passed since the last meeting in Tartu, Estonia in 2012, and now scientists from around the world who are interested in *Sphagnum* mosses will meet together again.

During the scientific excursions on Latvian and Estonian mires, the participants showed interest in Russian mires and told us about their wish to visit West Siberia, renowned for its seemingly endless peatlands. Then they asked Maria Noskova about a possibility to organize the next meeting in Russia. We discussed this idea and decided to write to Dr. Elena Lapshina who kindly agreed to host the “*Sphagnum* Society”, from 1st to 11th August 2016 on the base of the Yugra State University, in Khanty-Mansiysk.

A two-day field trip in the vicinity of St. Petersburg comes before the meeting in West Siberia from 28th to 31st July 2016.

Apart from scientific field excursions, the forthcoming 6th meeting will include scientific sessions with presentations from the participants. Looking through the submitted materials, one can say that the global geography of the authors is as follows:

Russia (Karelia, Petrozavodsk; Saint-Petersburg; Tver; Borok, Yaroslavl region; Taldom, Moscow region; Bashkortostan, Ufa; West Siberia, Khanty-Mansiysk; Tyumen; South Siberia, Novosibirsk, Tomsk; Far East, Khabarovsk)

Belarus

Estonia

Latvia

Lithuania

Finland

Sweden

Germany
Canada
and the Czech Republic.

A wide spectrum of theses contains the following research topics:

1. *Sphagnum* taxonomy, floristic studies, rare species of *Sphagnum* mosses
2. *Sphagnum* growth
3. Productivity of *Sphagnum* moss species, biomass, decomposition
4. N, K and P concentrations in some species of *Sphagnum* mosses
5. Estimation of *Sphagnum* coverage in different stages of ecological successions
6. Interrelations of plant species in communities
7. Utilisation of *Sphagnum* mosses and *Sphagnum* farming
8. Poorly studied organisms and mire biotopes
9. Mire regionality (Germany)

In general words, the experimental field observations on *Sphagnum* species' growth, their biomass, coverage and rate of decomposition, etc. prevail. The important biosphere role of *Sphagnum* mosses is emphasized, as well as the peculiarities of their functioning and role in the cycling of matter.

Geobotanical aspects of studies can be found in some theses concerning the monitoring of *Sphagnum* cover under different disturbances (fires, drainage and restoration). The results of long-term monitoring of natural dynamics of sphagnum cover in the Nizhnesvirsky Nature Reserve (Leningrad region, Russia) are also given.

An interesting and complicated theme is the question on interrelations of plant species growing together. *Sphagnum* species are study objects of such researches.

A remarkable number of theses are devoted to the problems of rational use of a "treasure" in our mires – *Sphagnum* mosses. The experiences on *Sphagnum* farming and its usage are presented within the theses.

Mires together with inhabiting *Sphagnum* mosses are unique biotopes which form the specific habitat conditions for living organisms, in particular, the species of invertebrates and protists.

Scientific interest and enthusiasm in relation to these amazing plants – *Sphagnum* mosses – is growing; some new scientific and applied aspects of researches are coming into view. And this is very promising and very exciting times.

Best wishes for good weather and new discoveries to all!
Welcome to Russia, Welcome to Western Siberia.

Dr. Olga Galanina

INTERNATIONAL *SPHAGNUM* MEETINGS - A BRIEF HISTORY

Richard E. Andrus, professor (retired)

USA, NY

1. Great Britain. July 1991.

The concept of an international meeting to discuss *Sphagnum* and have extensive field trips began in Great Britain in 1991. In July of that year bryologists from as far away as Japan gathered in Scotland to begin the field trip that ended up in Exeter, England, where the formal presentations took place. The primary organizers of the meeting were Roger Daniels and Michael Proctor.

The field trip began in Scotland on a blanket mire in a rather cold driving rain. From there we moved to England where we visited a variety of mostly weakly minerotrophic to ombrotrophic mires. Several of these were strongly human influenced, such as the Cranesville valley mire, which had been previously mined for peat but since flooded and recolonized with a mostly Section Subsecunda species. Another site was a planted conifer forest with *Sphagnum* growing throughout.

The Malham Tarn fen in Yorkshire had a mineral rich margin where we saw some minerotrophic rarities for England, such as *Sphagnum squarrosum*, *riparium* and *contortum*.

2. Northeastern USA and Quebec, Canada. July, 1996.

The second meeting moved across the Atlantic where it originated in Quebec and moved from there south into New York State and New Jersey. This itinerary allowed participants to see a wide variety of often unusual mire types in this area. The main organization was done from Quebec at the Universite Laval by Line Roquefort and Robert Gauthier, who set up the Quebec field trip portion as well as the formal presentations. The Quebec field trips focused mainly peatland restoration, as much of this was being done in this region after extensive peat mining.

From Quebec the group moved across the border into the USA for the portion of the field trip organized by Cyrus McQueen, Eric Karlin and Dick Andrus. The group first stopped in the Adirondack Mountain region of northern New York State where we stopped at poor fens, an ombrotrophic mire and an extensive rich fen. A large diversity of species were seen as a result of the variety of site types. Since most of the participants were not from the US, another surprise was the abundance of

poison ivy and poison sumac, a hazard not encountered in Europe! The group moved again to the Pine Barrens of New Jersey, an extensive sandy area along the eastern seaboard that hosts a large number of the endemic coastal plain Sphagna, including such species as *carolinianum*, *cyclophyllum*, *perichaetiale*, *flavicomans*, *macrophyllum*, and *torreyanum*.

3. Sweden and Norway. August, 2002.

The third meeting was a very well organized exposure to the heartland of *Sphagnum* interest in which the field portion extended many kilometers from Sweden to Norway. The organizing committee consisted of Kjell Ivar Flatberg, Urban Gunnarsson, Hakan Rydin, Sigurd M. Sastad and Karen Thingsgaard. The enormous diversity of habitats and species was well represented as 16 sites were visited in all!

The foray began in Uppsala, Sweden where the emphasis was more on peatland types and dynamics. A raised concentric bog in Ryggmossen and an eccentrically domed bog in Kulflyten were visited. The last stop in Sweden at Visjovalern in Jamtland Province was more minerotrophic than the rest and several rich fen indicators were seen there.

Passing into the North Trondelag in central Norway and from there to South Trondelag we entered into what might be the most diverse place in the world for *Sphagnum* species, with around 50 taxa. The optimum climate and geologic diversity have generated a large variety of mire types that support a great diversity of mire species, *Sphagnum* especially. One mire in this region contains well over 30 species! This trip saw over 40 species.

The 9 sites ranged from blanket mires, medium fens, raised bogs, poor fens and rich fens.

The meeting concluded with presentations at the Norwegian University of Science and Technology in Trondheim, Norway.

4. Alaska. August 2008.

Because of its great climatic diversity within the latitudes most conducive to peatland development, Alaska has greater *Sphagnum* diversity than any US state and indeed any country in the world. In an effort to see

as much of this as possible the meeting field trips were split between the southern coastal region and the central region of Alaska, a distance so great that a plane trip was involved. The meeting was organized by Jon Shaw, Blanka Shaw and Dick Andrus.

The meeting began in Juneau where a variety of maritime peatlands were seen. An extensive complex of ombrotrophic mire and sloping fen had the typical species seen in Southeast Alaska. Much of this area contains blanket mires vegetation and several of these were visited also. Also seen was a forested fen habitat that had a mix of *Sphagnum rubinosum*, *girgensohnii*, *russowii* and *quinquefarium* similar to that seen in Norway on the last international meeting. From Juneau the entire group flew to Anchorage where we had access to the Anchorage area and the Kenai Peninsula. The peatlands here were very different as there were no raised bogs but many kettle hole type fens. More minerotrophic mires also occurred. Around Anchorage were seen several kettle hole poor fens with extensive floating mats and a nice mix of the *Acutifolia* and *Cuspidata* species found here. The last phase of the field trip was the Kenai Peninsula where the fens were all minerotrophic, mostly medium fens. A great diversity was found here that differed radically from what was seen around Juneau.

5. Latvia and Estonia. August 2012¹.

About 10% of Latvian territory and 22% of Estonian territory is covered by peatlands. The meeting was organized by Nele Ingerpuu, Edgar Karofeld, Kai Vellak (Estonian part), Liene Aunina, Anda Medene, Mara Pakalne, Inese Silamikele (Latvian part).

The excursion route started from Riga; went north to the vicinities of Sigulda and Valmiera, and then it turned to the west to the Gulf of Riga. Thus, first two days the participants could get familiar with some beautiful raised bogs in Latvia.

Next days they crossed southern Estonia and arrived to Tartu. The conference has been hold in the University of Tartu (founded in 1632). In the 19th century here worked the botany professor Edmund Russow, who described seven *Sphagnum* species. The participants enjoyed very much the half-day boat trip to the mire system in the delta Emajogi at Lake Peipsi. They could see many eutrophic and mesotrophic sphagnum species, including *Sphagnum subnitens*.

During the excursion days the participants travelled through Eastern and Northeastern Estonia exploring the various mires. Interesting objects to see were the air polluted bogs in NE where the peat mosses are regenerating during nearly twenty years.

The trip route was continued along the Gulf of Finland and ended in Tallinn.

1 Written by Maria Noskova & Olga Galanina

СФАГНОВЫЕ МХИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН (ЮЖНЫЙ УРАЛ)
 SPHAGNA IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (THE SOUTHERN URAL)

Э. З. Баишева

E. Z. Baisheva

Институт биологии Уфимского научного центра РАН

Ufa Institute of Biology of RAS

The study of sphagna in the modern-day Bashkortostan started in the middle of the XIX century. Two species (*Sphagnum capillifolium* and *S. squarrosum*) have been reported by Yulian Shell' (Шелль, 1883) for the Iremel and Yamantau Mountains. Later, Czech botanist Josef Podpěra published information about six species (*Sphagnum squarrosum*, *S. teres*, *S. flexuosum*, *S. fallax*, *S. palustre* and *S. magellanicum*) for the territory of Ufa and interfluvial area between the Kama and Belaya rivers (Podpěra, 1921). Some data were available in the publications devoted to geobotanical investigations (Герасимов, 1926, 1931; Тюлина, 1931; Крашенинников, Кучеровская-Рожанец, 1941, etc.). There are two preliminary lists that include Bashkortostan *Sphagnum* species. The first has been published by Dmitry Zerov – famous Ukrainian botanist who worked in the Southern Ural with E. Bradis, A. Bachurina and other scientists from Institute of Botany of Ukrainian Academy of Sciences at the 1941-1943, during the Second World War. The list reported 27 species for the Bashkir Cis-Ural and the Southern Ural, including 25 species for Bashkortostan (Зеров, 1947). Forty six years later, E. Ignatova and M. Ignatov published the preliminary list of Bashkortostan mosses that includes 26 *Sphagnum* species (Игнатова, Игнатов, 1993). Since then, further information has been obtained on distribution and diversity *Sphagnum* species in the Bashkortostan.

The purpose of this paper is to present the checklist for *Sphagnum* species in Bashkortostan based on literature data, herbarium specimens collected by E. Baisheva, A. Muldashev, V. Martynenko, P. Shirokikh, A. Solomeshch, A. Khusainov and some other colleagues at 1993–2015. The author expresses the appreciation for all collectors.

The Republic of Bashkortostan is situated on the border of Europe and Asia between latitudes 51°34' – 56°31' N and 53°08' – 60°00' E and covers an area 143600 km². The temperate coniferous–broadleaf and hardwood forests, forest steppe and steppe zones replace each other along 500 km from the north to the south. In the mountains of the Southern Ural the

vegetation cover is associated with vertical zoning and includes alpine belt with alpine tundra and bare rocks, subalpine belt with *Betula* shrublands, sparse pine-spruce forests and mesophytic tall-herb meadows, and forest belt with mountain taiga. The climate is continental. The mean annual precipitation is 350-800 mm. The mean temperature of January is –14.5°C - –17°C, the mean temperature of July is +16.5°C - +19.5°C. The frost-free period ranges from 55–120 days depending on the elevation above sea level (Атлас..., 2005).

The different parts of Bashkortostan are characterized by various degrees of bogginess: from 0.1 per cent in the steppe areas to 6–11 per cent in forest and mountain zones. The mires are most concentrated in the interfluvial area between Kama and Belaya rivers and in the Southern Ural mountains. The minerotrophic (nutrient rich) fens predominate and represent more than 85 per cent of the total mires area in republic. The oligo- and mesotrophic raised and transitional bogs are rare and accounted only 5 per cent and 10 per cent of mires area, respectively.

According natural zoning of A. Muldashev (Реев..., 2010) the territory of Bashkortostan is divided into fourteen districts: 1. Kamsko-Tanypskiy district of broad-leaved, mixed broad-leaved-coniferous, dark coniferous and pine forests; 2. Zabel'skiy district of broad-leaved forests; 3. District of mixed broad-leaved-dark coniferous forests of Ufa Plateau; 4. North-Eastern district of forests and forest-steppe; 5. Predbel'skiy district of forest-steppe; 6. District of forests and forest-steppe of Belebey Upland; 7. Cis-Ural district of steppe; 8. Zil'merdak'skiy district of broad-leaved-dark coniferous forests; 9. Yamantauskiy district of dark coniferous forests and high mountainous vegetation; 10. District of broad-leaved forests in the Southern Ural western slope; 11. District of light coniferous forests in the central part of the Southern Ural; 12. District of forest-steppe in the Southern Ural eastern slope; 13. District of forest and forest steppe of Zilair Plateau; 14. District of steppe of the Trans-Ural (fig.).

In the check-list of *Sphagnum* species of Bashkortostan below the nomenclature follows

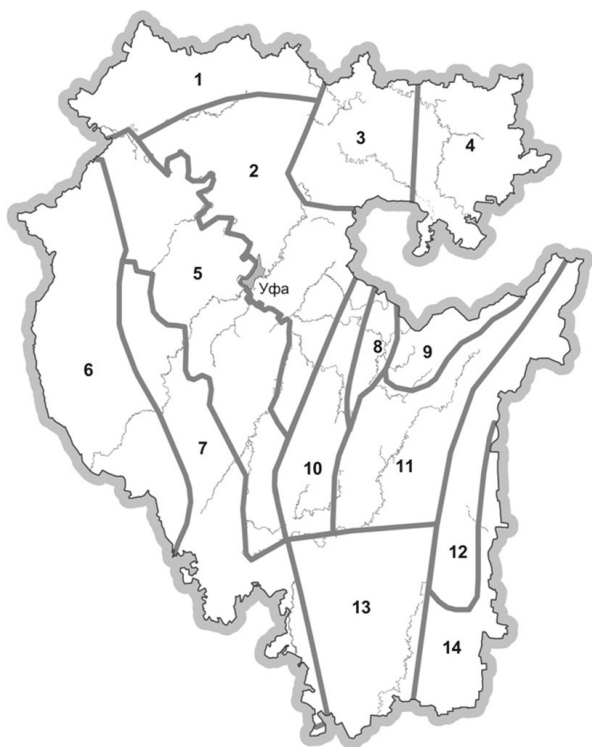


Fig. The scheme of natural zoning of Bashkortostan according A. Muldashev (Ресстр..., 2010).

“Check-list of mosses of East Europe and North Asia (Ignatov, Afonina, Ignatova et al., 2006), Species are annotated with: citing the publication in which the species was mentioned for the first time for the modern-day Bashkortostan; frequency (Un – unique; Rar – rare; Sp – sporadically, Fr – frequent, Com – common); occurrence in 14 districts of zoning (cited above). Specimens are kept in UFA and partly in MHA.

1. *Sphagnum angustifolium* (C.E.O.Jensen ex Russow) C.E.O.Jensen – Gerasimov, 1926. Com. 1–3, 5, 9.

2. *Sphagnum balticum* (Russow) C.E.O.Jensen – Zerov, 1947. Rar. 1, 2, 5, 6, 9.

3. *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. – Shell', 1883. Com. 1–4, 8–10.

4. *Sphagnum centrale* C.E.O. Jensen – Gerasimov, 1926. Sp. 1–3, 5, 9.

5. *Sphagnum compactum* DC in Lam. et DC – Un. 9. New record for the Bashkortostan.

6. *Sphagnum contortum* K.F. Schultz – Baisheva, Ignatova, 2013. Rar. 1, 3.

7. *Sphagnum cuspidatum* Ehrh. ex Hoffm. – Zerov, 1947. Rar. 1.

8. *Sphagnum fallax* (H. Klinggr.) H. Klinggr. – Podpera, 1921. Com. 1–3, 5, 8–10, 12.

9. *Sphagnum fimbriatum* Wilson – Ignatova,

Ignatov, 1993. Rar. 1, 2, 9.

10. *Sphagnum flexuosum* Dozy & Molk. – Podpera, 1921. Fq. 1–3, 5, 9, 12.

11. *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr. – Tyulina, 1931. Fq. 1, 2, 4, 9.

12. *Sphagnum girgensohnii* Russow – Tyulina, 1931. Com. 1, 3, 4, 9, 11.

13. *Sphagnum jensenii* H. Lindb. – Zerov, 1947. Rar. 1, 5, 9.

14. *Sphagnum lindbergii* Schimp. – Ignatova, Ignatov, 1993. Rar. 9. This species is included in Red Data Book of Bashkortostan (Красная книга..., 2011).

15. *Sphagnum magellanicum* Brid. – Podpera, 1921. Com. 1–5, 9, 11.

16. *Sphagnum majus* (Russow) C.E.O. Jensen. – Zerov, 1947. Sp. 1, 5, 9, 12.

17. *Sphagnum obtusum* Warnst. – Zerov, 1947. Sp. 1–3.

18. *Sphagnum palustre* L. – Podpera, 1921. Sp. 1–3, 9.

19. *Sphagnum papillosum* Lindb. – Zerov, 1947. Rar. 1, 9.

20. *Sphagnum platyphyllum* (Lindb. ex Braithw.) Warnst. – Baisheva, 2002. Sp. 1–3, 9, 12. This species is included in Red Data Book of Bashkortostan (Красная книга..., 2011).

21. *Sphagnum quinquefarium* (Lindb. ex Braithw.) Warnst. – Zerov, 1947. Rar. 3.

22. *Sphagnum riparium* Ångstr. – Gerasimov, 1926. Sp. 1–3, 5, 9.

23. *Sphagnum rubellum* Wilson – Zerov, 1947. Rar. 9.

24. *Sphagnum russowii* Warnst. – Tyulina, 1931. Fq. 1, 3, 4, 9.

25. *Sphagnum squarrosum* Crome – Shell', 1883. Com. 1–5, 9, 12.

26. *Sphagnum subnitens* Russow & Warnst. – Zerov, 1947. Rar. 9.

27. *Sphagnum subsecundum* Nees – Genkel', Ostasheva, 1933. Sp. 1–3, 9.

28. *Sphagnum teres* (Schimp.) Ångstr. – Podpera, 1921. Sp. 1–4, 9.

29. *Sphagnum warnstorffii* Russow – Tyulina, 1931. Fq. 2–4, 9, 12.

30. *Sphagnum wulfianum* Girg. – Tyulina, 1931. Sp. 1, 9.

In study area, the highest diversity of *Sphagnum* species have been revealed in the most elevated part of the Southern Ural (district 9 – 26 species), in the interfluvial area between Kama and Belaya rivers (district 1 – 24 species) and in the Ufa Plateau (district 3 – 18 species). These areas are characterized by high degrees

of bogginess and diversity of wetland vegetation. Also, it should be noted, that mire vegetation of some others districts had not been sufficiently studied.

At present day the effectiveness of mire conservation is sufficient only in the district 9, where two protected areas have been organized – the Southern Ural Nature Reserve (2528 km²) and “Iremel” Nature Park (493 km²). In Bashkortostan, the most threatened

mire types with respect to bryophytes are mesotrophic and eutrophic calcareous fens, oligotrophic raised bogs and karst mires. Most of them are small sized and play a vital role in the preservation of biodiversity in forest and forest-steppe zones, but theirs protection is not highly efficient. Natural areas preservation efforts should integrate information on mire vegetation and be increased.

Study was partly supported by UNDP/GEF №00072294 “Improving the coverage and management efficiency of protected areas in the steppe biome of Russia”.

Атлас Республики Башкортостан. Уфа, 2005. 420 с. – [Atlas of the Republic of Bashkortostan. Ufa, 2005. 420 pp.]

Генкель А.А., Осташева Е.И. Висячие болота окрестностей горы Яман-Тай на Южном Урале // Известия Пермского биологического научно-исследовательского института. Т. VIII, вып. 6–8. 1933. С. 233–252. – [Genkel’ A.A., Ostasheva E.I. Slope bogs in the vicinity of Yaman-Tau Mountain in the Southern Ural // Izvestiya Permskogo biologicheskogo nauchno-issledovatel’skogo instituta. T.VIII, vyp. 6–8. 1933. S.233-252].

Герасимов Д.А. К флоре сфагновых мхов Урала // Известия биологического научно-исследовательского института при Пермском государственном университете. 1926. Т. IV, вып. 9. С. 391–413. – [Gerasimov D.A. On Sphagna of Ural // Izvestiya biologicheskogo nauchno-issledovatel’skogo instituta pri Permskom gosudarstvennom universitete. 1926. T. IV, vyp. 9. S. 391–413].

Герасимов Д.А. Сфагновые мхи Урала и Западной Сибири // Изв. Пермского биологического научно-исследовательского института. 1931. Т. VII, вып. 10. С. 491–516. – [Gerasimov D.A. *Sphagnum* mosses of Ural and Western Siberia // Izvestiya Permskogo biologicheskogo nauchno-issledovatel’skogo instituta. 1931. T. VII, vyp. 10. С. 491–516].

Зеров Д.К. Сфагновые мохи Південного Уралу і Башкирського Приуралля // Ботанический журнал АН УРСР. 1947. Т. 4. № 1–2. С. 95–106. – [Zerov D.K. Sphagna of the Southern Ural and Bashkir Cis-Ural // Botanicheskii zhurnal AN URSS. 1947. T.4. № 1–2. S. 95–106].

Игнатова Е.А., Игнатов М.С. Мхи Башкирии: предварительный список видов и фитогеографические заметки // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1993. Т. 98. № 1. С. 103–111. – [Ignatova E.A., Ignatov M.S. Mosses of Bashkiria: preliminary checklist and phytogeographical notes // Bull. MOIP. Otd. Biol. 1993. T. 98. № 1. S. 103–111].

Красная книга Республики Башкортостан. Т.1. Растения и грибы /под ред. Б.М. Миркина. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с. – [Red Data Book of the Republic of Bashkortostan. V.1. Plants and mushrooms / B.M. Mirkin (ed.). Ufa: MediaPrint, 2011. 384 s].

Крашенинников И.М., Кучеровская-Рожанец С.Е. Природные ресурсы Башкирской АССР. Т. 1. Растительность Башкирской АССР. М. –Л.: Изд-во АН СССР, 1941. 156 с. – [Krasheninnikov I.M., Kucherovskaya-Rozhanets S.E. Natural resources of the Bashkir ASSR. T. 1. Vegetation of Bashkir ASSR. M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1941. 156 s.].

Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. Изд. 2-е, перераб. Уфа: МедиаПринт, 2010. 414 с. – [Registry of nature protected areas of the Republic of Bashkortostan. 2nd ed. Ufa: MediaPrint, 2010. 414 s].

Тюлина Л. Материалы по высокогорной растительности Южного Урала // Известия государственного географического общества. 1931. Т. 63, вып. 5–6. С. 453–499. – [Tyulina L.N. Materials on high mountain vegetation of the Southern Ural // Izvestiya gosudarstvennogo geograficheskogo obchestva SSSR. 1931. T. 63, vyp. 5–6. S. 455–499].

Шелль Ю.К. Материалы для ботанической географии Уфимской и Оренбургской губерний (Споровые растения) // Труды Общества естествоиспытателей при Императорском Казанском ун-те. Казань, 1883. Т. 12, вып. 1. С. 1–93. – [Shell’ Yu.K. Materials for the botanical geography of Ufa and Orenburg provinces (Cryptogamic plants) // Trudy obshchestva estestvoispytateley pri Imperatorskom Kasanskom universitete. Kasan’, 1883. T.12, vyp.1. S. 1–93].

Baisheva E.Z., Ignatova E.A. New moss records from Bashkortostan Republic. In: Sofronova E.V. (ed.) New bryophyte records. 2. Arctoa 2013. V. 22. P. 247.

Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa 15: 1–130.

Podpěra J. Ad bryophytorum cisuralensium cognitionem additamentum // Publicat. de la Fac. des Sciences de l’Univers. Masaryk. № 5. Brno: Tiskem polygrafie, 1921. 42 p.

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ СФАГНОВЫХ ВИДОВ
МХА В ЗОНАХ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА
INNOVATIVE WAYS TO PROCESS *SPHAGNUM* MOSSES
AT THE ADVANCED DEVELOPMENT ZONES IN THE RUSSIAN FAR EAST

В.В. Чаков

V.V. Chakov

ФГБУН Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia

Chakov@ivep.as.khb.ru

Из шести, (на сегодняшний день) Дальневосточных территорий опережающего развития (ТОР), две расположены в Хабаровском крае. Каждая из них объединяет промзоны агломераций двух крупнейших (Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре) городов этого региона. Для указанных зон уже сегодня «Корпорацией развития Дальнего Востока» создан особый правовой и экономический режимы.

Располагаясь на берегах р. Амур территориально оба города приурочены к Среднеамурской низменности, заболоченность которой составляет порядка 36,6 тыс. км². Сформировавшиеся здесь болотные экосистемы играют важную роль в балансе углерода таежной зоны. В растительном покрове таких экосистем важнейшим продуцентом выступают сфагновые мхи, доля которых кратно превышает продукцию растений кустарничково-травяного, кустарникового и древесного ярусов (Копотева, Косых, 2011; Купцова, Копотева, 2014). Морфологическое строение этих растений и их клеточная структура обеспечивает им известную уникальность, которая выражается в способности накапливать влагу в десятки раз выше собственного веса. При этом прирост биомассы сфагновых мхов на верховых болотах осуществляется исключительно за счет атмосферных осадков и гигроскопической влаги, испаряющейся из верхних, зачастую, переувлажненных торфяных залежей практически лишенных минеральных солей. Кроме того, антисептические свойства сфагновых мхов и их быстрое возобновление после изъятия из экосистемы обеспечивают последним восстановление в короткие сроки, а органическому сырью высокую конъюнктуру на внешнем и отечественном рынках. Сегодня сфагновые виды мха и торфа широко используются для производства целого спектра товаров народного потребления с высотой добавленной стоимостью.

В Дальневосточном регионе традиционно сфагновые мхи используются в садоводстве

и лесоводстве с целью формовки кассет для выращивания саженцев с закрытой корневой системой. Традиционное для Японии и стран Юго-Восточной Азии выращивание орхидей сегодня невозможно без сфагновых субстратов. Кроме того, на территории российских регионов ДВ сфагновый субстрат используется в тепличных хозяйствах для культивирования органических овощей, содержание нитратов в которых в 1.5-2,0 раза ниже показателей Евростандарта (50 мг/г) даже для открытого грунта (Чаков, 2009). Наряду с этим высокие антисептические и сорбционные свойства сфагновых мхов позволяют использовать их для изготовления стелек для спортивной, рабочей и повседневной обуви (Чаков, 2013; Козулин и др., 2013).

Особенно актуальным на сегодняшний день для региона на территории которого проложена целая сеть нефтепроводов из Сахалинской области и Сибири производство высокоэффективных нефтесорбентов на основе сфагнового мха (Чаков, 2008; Онищенко, Чаков, 2012).

Для подключения экономики сырьевого региона к интенсивно развивающимся странам тихоокеанского бассейна, активно осваивающим принципы производства шестого экономического уклада, в соответствии с парадигмой технологической сингулярности, автором в сотрудничестве со специалистами ДВФУ (г. Владивосток) и ЮЗГУ (г. Курск) разработаны и запатентованы такие инновационные продукты как аморфный органический углерод (Чаков, Онищенко, 2011), углеродный волокнистый материал из углеродных нанотрубок (Онищенко и др., 2014) и нанопровода из коллоидного вещества гумусовой природы (Кузменко и др., 2014). Все три продукта производятся из возобновляемых ресурсов болот – сфагновых мхов и жидкой фазы торфа или дренажных болотных вод с определенной концентрацией гуминовых веществ.

Аморфный органический углерод, полученный методом пиролиза *Sphagnum fuscum*, является функциональным материалом и может использоваться в производстве электродов для Li-ion аккумуляторов (Onishchenko, Chakov, 2011). Запатентованный способ синтеза УНТ из сфагнового мха в отличие от традиционной технологии, является энергосберегающим и экологически безопасным. В настоящее время из нанотрубок производятся всевозможные диссипаторы, антикоррозийные покрытия, а также композитные материалы в ≈ 7 раз прочнее стали и на два порядка легче ее. Использование УНТ для синтеза карбидов титана и вольфрама в отечественной авиационной и судостроительной промышленности обеспечивает нашему оборонному комплексу паритет с мировыми лидерами производства вооружений.

Технологический процесс синтеза ультрадисперсных препаратов из сфагнового мха построен по следующей схеме. На первом этапе для удаления посторонних примесей фитодетрита очес олиготрофного мха (*Sphagnum fuscum*) пропускают через сепарационное сито. Очищенный мох сушат, помещая его в сушильный шкаф, оборудованный вентиляционным обдувом теплого воздуха ($t=45-50^{\circ}\text{C}$). При этом его влажность снижается как минимум до 10 % от исходной массы. После просушивания сфагновый мох подвергают измельчению, до крупности менее 1 мм. В качестве узла измельчения могут быть использованы устройства известной конструкции, обеспечивающие измельчение материала до нужной дисперсности, например миксеры как механические, так и вибромиксеры, желательны регулируемые по скорости и размерам измельчения. После этого подготовленную массу дисперсного мха подвергают пиролизу при температуре $850-950^{\circ}\text{C}$, в вакуумной печи типа СНВЭ-2.4.2/16 И2, снабженной камерой равномерного нагрева и оборудованной датчиками защитной атмосферы (инертной среды), а также снабженной функцией отвода газов и конденсата. Интервал времени нагрева соответствует 1-2 ч. Полученный аморфный углерод охлаждают как минимум до 20°C , после чего, подвергают процессу механоактивации на варио-планетарной мельнице Pulverisette - 4 фирмы «Fritsch» (Германия). В отличие от обычных шаровых мельниц в варио-планетарной мельнице Pulverisette - 4 скорости вращения размольных стаканов и опорного диска могут устанавливаться независимо друг от друга.

Для анализа синтезируемых субстанций в обоих случаях используются просвечивающие электронные микроскопы (ПЭМ) типа Libra-120 (фирма Zeiss) и двухмодульные рентгеноструктурные

анализаторы типа дифрактометр STOE STADI (Германия), а также рамановская спектроскопия (спектроскопия комбинационного рассеяния).

Сфера использования жидкой фазы торфа моховых болот чрезвычайно разнообразна от утилитарных шампуней вплоть до косметических препаратов и лекарственных средств (Чаков, Завгородько, 2008). Так, в частности, ее концентрированная форма нашла широкое применение в медицине. Эффект от ее применения оказался настолько высоким, что ученые Дальневосточного государственного университета запатентовали и внедрили в клиниках Хабаровского края целый ряд методик для лечения таких заболеваний как: аллергический дерматоз, синдром гиперлипидемии, гиперкоагуляции, перекисидации (Козулин и др., 2013); дизметаболическая нефропатия у детей (Sidorenko et al., 2008).

Наряду с этим, специалисты МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова также запатентовали несколько методик лечения жидкой фазой торфа: способ иммунореабилитации при лечении воспалений переднего отрезка глаза и способ лечения дистрофических заболеваний глаз.

Положительный эффект средств и препаратов на основе гуминовых веществ, обладающих амфифильными, а также электрохимическими и сорбционными свойствами достигается за счет наличия в них практически полного списка 20-и основных аминокислот, способных активизировать иммунный статус организма (Чаков, Завгородько, 2008).

Помимо прочего, гуминовые кислоты, являясь наиболее реакционноспособной частью этих веществ и благодаря наличию в них карбоксильных, гидроксильных и карбонильных групп, а также ароматических фрагментов, могут вступать в ионные, донорно-акцепторные и гидрофобные взаимодействия с веществами органической и минеральной природы. И, самое главное, как уже упоминалось, гумусовые вещества обладают свойствами самосборки и самоорганизации за счет способности формировать элементы дендроидных структур фрактальных кластеров. Известные на сегодняшний день способы получения нанопроводников для соединения отдельных микро- и наноэлектронных элементов и/или формирования наноконструкций электронной элементной базы обладают целым рядом существенных недостатков. К их числу следует отнести, помимо длительности процесса формирования проводников (Кузменко и др., 2014), еще и сложность создания однородного материала с заданными параметрами структуры (Кузменко и

др, 2013), а также запредельная многостадийность операций их синтеза (Kuzmenko et al., 2014).

Во избежание перечисленных недостатков в процессе наших экспериментов, коллоидный раствор жидкой фазы торфа (КР ЖФТ) методом капли помещался на подложки с разными кристаллическими структурами и качеством обработки поверхности (стекло, керамика, кремний и др). В результате работы было установлено, что на процессы самоорганизации углеродных дендроидных кластеров во время испарения свободной влаги из капель на различных подложках влияют поверхностное натяжение и вязкость, то есть параметры, определяющие капиллярные явления. Исследование влияния температуры подложки с использованием термостатированного столика атомно-силового микроскопа (АСМ) на формирование фрактальных систем в исследуемом КР ЖФТ со 100 % концентрацией указало на зависимость формирования блоков с четко выраженными границами вокруг каждого фрактала

в результате увеличения температуры подложки. Как правило, эти блоки имеют аналогию с ячейками Бенара. Именно в таких условиях капля переходит в неравновесное состояние, при котором выполняется необходимое условие самоорганизации углеродного вещества ЖФТ в линейные структуры из ансамблей наночастиц от 30 нм до 70 нм (Кузменко и др., 2012). Такие ансамбли в течение 3 минут формируют линейно-упорядоченные наноразмерные токопроводящие структуры со строго заданной ориентацией. Обеспечивается данный процесс только под действием электрического постоянного поля с напряженностью не более 5×10^3 .

Таким образом, описанные технологические приемы переработки возобновляемых ресурсов болот полностью соответствуют современным способам использования ультрадисперсных материалов в свете решения задач технологической сингулярности, особенно при производстве изделий с помощью 3D принтеров.

Козулин Е.А., Козулин Е., Чаков В.В. Корнеотерапия фитоминеральными препаратами в реабилитации больных атипическим дерматитом. Аллергология и иммунология. 2013. Т. 14. № 1. С. 30.

Копотева Т.А., Косых Н.П., Сравнительная оценка структуры фитомассы и продуктивности мезотрофных кустарничково-сфагновых болот зоны тайги // Сибирский экологический журнал. № 2. 2011. С. 307–310

Кузьменко А.П., Чаков В.В., Чан Н.А. Управляемая самосборка микро- и наноструктур // Нанотехника. – 2013. – №4 (36). – С. 30–31.

Кузьменко А.П., Чаков В.В., Чан Н.А., Башкатова В.А. Способ формирования нанопроводов из коллоидного естественно-природного материала. Патент RU 2533330 М. 2014. 13 с.

Кузьменко А.П., Чан Н.А., Чаков В.В. Модельный материал для изучения процессов самосборки // Международная научно-техническая конференция «Нанотехнологии – 2012». — Таганрог, 2012. — С. 96-97.

Купцова В.А., Копотева Т.А. Структура фитомассы и продукция торфяных болот Среднеамурской низменности в разных условиях увлажнения // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее Материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума. Под редакцией А.А. Титляновой и М.И. Дергачёвой. 2014. С. 194-196.

Онищенко Д.В., Рева В.П., Чаков В.В. Способ получения углеродного наноматериала. Патент RU 2509053. 2014. 12 с.

Онищенко Д.В., Чаков В.В. Технология получения нефтесорбентов из возобновляемого растительного сырья, отходов злаковых культур и сфагновых видов мхов. Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85. № 1. С. 103-106.

Чаков В.В. Ресурсы верховых болот Нижнего Приамурья и перспективы их освоения. Хабаровск, 2009. 172 с.

Чаков В.В., Завгорудько В.Н. Торфяные ресурсы Приамурья и их использование в пелоидотерапии. Хабаровск.: 2008. 127 с.

Чаков В.В., Онищенко Д.В. Способ получения модифицированного органического углерода. патент на изобретение RU 2468992. 2011. 8с.

Чаков В.В., Рапопорт В.Л. Разработка и использование нефтесорбентов из сфагновых видов мха и торфа в Приамурье // Регионы нового освоения: экологические проблемы, пути их решения, материалы Межрегиональной научно-практической конференции. 2008. С. 266-270.

Чаков В.В., Сидоренко С.В., Онищенко Д.В., Клименко Е.Н. Сфагновые мхи и торф как основа для разработки эффективных лекарственных средств нового поколения. Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2013. № 1. С. 103-111.

Kuzmenko A.P, Chan Nyein Aung, Chakov V.V., Emelyanov S.G., Chervyakov L.M., Dobromyslov M.B. Synthesis of the carbon nanomaterials based on renewable biore-sources // Journal of Nano- and Electronic Physics. 2014. Vol. 6. No. 3. P. 03026-1 – 03026- 4.

Onishchenko D.V., Chakov V.V. Renewable vegetable raw materials as a base for preparing versatile functional nanocomposites // Russian Journal of Applied Chemistry. 2011. Т. 84. № 9. С. 1611-1615.

Sidorenko S. V., Chakov V. V., Zavgorud'ko T. I., Zavgorud'ko V. N. The method of treatment and prevention of children dysmetabolic nephropathy. Patent (RU) №2328297, 2008. 12 p.

ПРОДУКЦИЯ И ДЕСТРУКЦИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ В ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF *SPHAGNUM* MOSSES IN OLIGOTROPHIC BOGS OF SOUTH TAIGA OF WESTERN SIBERIA

Е.А. Головацкая, Л.Г. Никонова

E.A. Golovatskaya, L.G. Nikonova

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

golovatskayaea@gmail.com

Баланс углерода в биосфере определяется двумя основными процессами: накоплением углерода в процессе фотосинтеза (чистая первичная продукция (NPP – net primary production)) и выделением CO₂ и метана при гетеротрофном дыхании и разложении органического вещества. Особенность болотных экосистем заключается в том, что они характеризуются более низкой, по сравнению с продуктивностью, скоростью минерализации органического вещества растений, за счет чего и происходит постоянное накопление органического вещества в виде торфа. Основная часть ежегодной продукции болот, отмирая, вовлекается в процесс разложения. Процесс минерализации является одним из компонентов круговорота углерода и отражает его расходную часть. От интенсивности процесса минерализации зависит скорость аккумуляции торфа и высвобождения питательных веществ. Изучение процессов трансформации органического вещества растительных остатков и торфа приобретает большое значение в связи с изменением климата и возрастанием уровня антропогенного воздействия на природные экосистемы. Скорость деструкции растительных остатков зависит от индивидуальных особенностей химического состава растений и условий, в которых эти процессы протекают (Козловская и др. 1978). Количественные оценки продуцирования и потерь растительного вещества требуют динамических наблюдений в различных типах болотных экосистем, определяющих режим их функционирования (Паршина, 2009). Сфагновые мхи являются основными торфообразователями олиготрофных болот и характеризуются низкой скоростью деструкции (Козловская и др. 1978, Паршина, 2009, Головацкая Никонова, 2013). Цель работы заключается в исследовании процессов трансформации растительных остатков *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum* и *Sphagnum*

fuscum в торфяной залежи олиготрофного болота.

Объекты исследования расположены на территории стационара «Васюганье» Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Бакчарский район, Томская область 56°58'СШ 82°36'ВД). Выбранный район стационарных наблюдений на северо-восточных отрогах Большого Васюганского болота расположен в междуречье рек Икса-Бакчар и характеризуется закономерной сменой болотных фитоценозов олиготрофного типа. Исследования проводились на ландшафтном профиле р. Ключ, который пересекает следующие основные виды олиготрофных болотных БГЦ: сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз – высокий рям; такой же фитоценоз с угнетенным древостоем – низкий рям; открытую осоково-сфагновую топь. Характеристика растительного покрова, мощность торфяной залежи и среднемноголетние уровни болотных вод (УБВ) исследуемых фитоценозов представлены в табл. 1, подробное описание исследуемых сообществ приведено в (Головацкая, 2009).

Исследовали чистую первичную продукцию и скорость разложения трех видов сфагновых мхов (*Sphagnum angustifolium* (Russ. Ex Russ.) C. Jens, *Sphagnum fuscum* (Schmp.) Klinggr. и *Sphagnum magellanicum* Brid.) каждый из которых является доминантом в мховом покрове исследуемых болотных фитоценозов табл. 1). Чистую первичную продукцию (NPP) определяли методом «индивидуальных меток», являющаяся модификацией метода «перевязок» и позволяющая изучать линейный прирост отдельных экземпляров разных видов мхов (Косых, 2003 Kosykh et al., 2008). Масса годового прироста каждого вида сфагновых мхов равнялась произведению среднего прироста одного растения на количество растений на единице площади. По количеству стеблей на единице площади и среднему приросту одного стебля

Таблица 1. Растительный покров исследуемых болотных фитоценозов

ДЕРЕВЬЯ	КУСТАРНИЧКИ	ТРАВЫ	МХИ
Бакcharское болото			
Сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз – высокий рям (ВР) Мощность торфяной залежи 100см, (УБВ (см) средний: -19, макс: +3, мин: -44)			
<i>Pinus silvestris L. Pinus sibirica Mayr. Betula pubescens Ehrh.</i> (90%)	<i>Ledum palustre L. Chamaedaphne calyculata (L.) Moench Vaccinium vitis-idea L. Vaccinium oxycoccus L.</i> (90%)	<i>Carex globularis L. Eriophorum vaginatum L. Rubus chamaemorus L.</i> (15%)	<i>Sphagnum angustifolium (Russ. Ex Russ.) C. Jens</i> (96%)
Сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз – низкий рям (НР) Мощность торфяной залежи 200см, (УБВ (см) средний: -9,5, макс: +0,5, мин: -13)			
<i>P. silvestris f. Litwinowii</i> (30%)	<i>L. palustre C. calyculata Andromeda polifolia L. Vaccinium uliginosum L.</i> (65%)	<i>E. vaginatum R. chamaemorus Drosera rotundifolia L.</i> (5%)	<i>Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr.</i> (95%)
Открытая осоково-сфагновая топь (ОТ) Мощность торфяной залежи 300 см, (УБВ (см) средний: -5, макс: +0,2, мин: -10)			
-	<i>V. oxycoccus C. calyculata A. polifolia</i> (20%)	<i>E. vaginatum Carex rostrata Stokes. Carex limosa L. Scheuchzeria palustris L.</i> (50%)	<i>S. angustifolium S. magellanicum</i> (100%)

определялась годовичная продукция выбранного вида мха.

Скорость разложения растительных остатков определялась методом закладки растительности в торф (Козловская и др., 1978, Головацкая, Никонова, 2013). В августе–сентябре 2008 г. на болоте были собраны сфагновые мхи. Растительный материал был высушен в лабораторных условиях и развешен в нейлоновые мешочки (масса навески 3–6 г), которые закладывали в торфяную залежь на глубину 10 см от поверхности в конце вегетационного периода (сентябрь 2008 г.). Повторность опыта – 3-х кратная. Образцы извлекались в сентябре 2009г. В исходных образцах и после эксперимента по разложению определяли убыль массы растительного вещества весовым методом, и изменение содержания углерода по общепринятым методикам (Агрохимические методы..., 1975).

Кроме того, проводилось измерение эмиссии CO₂ с поверхности исследуемых торфяных залежей камерным методом проводилось с использованием инфракрасного газоанализатора ОПТОГАЗ-500.4 (ЗАО «ОПТЭК», Санкт-Петербург, Россия).

Результаты. Продукция сфагновых мхов зависит от линейного прироста мхов и от плотности моховой дернины. Согласно полученным данным максимальная чистая первичная продукция получена для *Sph. fuscum* в низком ряме (рис.), где отмечается минимальный линейный прирост ($1,1 \pm 0,3$ см/год), однако за счет большой плотности величина продукции максимальна среди исследуемых видов (240 ± 50 г/м²год). Минимальная продукция получена для *Sph. angustifolium* линейный прирост которого максимален ($2,5 \pm 0,6$ см/г), но из-за рыхлого сложения дерновины продукция минимальна (148 ± 30 г/м²год).

Процессы деструкции органического вещества растений являются неотъемлемой частью биологического круговорота. Накопление торфа происходит за счет более низкой скорости разложения растительных остатков по сравнению с продукцией и отмиранием растений. Поскольку оценить скорость отмирания сфагновых мхов весьма затруднительно, из-за особенностей роста сфагновых мхов, то мы принимали годовичный опад мхов равным 70 % от продукции (Пьявченко, 1967).

Скорость трансформации растительных

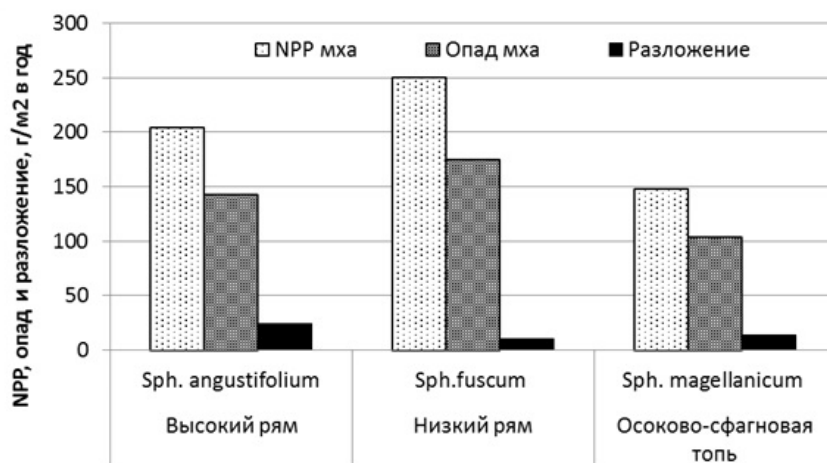


Рис. Продукция, опад и потери органического вещества при разложении сфагновых мхов

остатков также различна. Наиболее медленно разлагается *Sph. fuscum* (потери массы за год составляют 4 % от исходного веса), наиболее быстрые потери массы характерны для *Sph. angustifolium* (17 %). При разложении сфагновых максимальный вынос углерода получен для *Sph. angustifolium*, минимальный для *Sph. fuscum*.

Расчет потерь растительного вещества сфагновых мхов в процессе разложения показал, что скорость разложения сфагновых мхов значительно ниже скорости ежегодного накопления фитомассы мхов и поступления мохового опада. Ежегодные потери органического вещества при разложении растительных остатков сфагновых мхов составляют от 13 г/м² в год для *Sph. fuscum* на низком ряме до 24 г/м² в год для *Sph. angustifolium* на высоком

ряме. Превышение ежегодной продукции сфагновых мхов, в зависимости от вида мха, над скоростью их разложения составляет 2-25 раз. Минимальная разница между продукцией и деструкцией получена для *Sph. angustifolium*, максимальная – для *Sph. fuscum*. Из ежегодного опада мха разложению подвергается лишь 6–17 %, в результате происходит постоянное накопление слабообразованного сфагнового торфа.

Однако следует учитывать, что в торфяной залежи помимо деструкции свежего опада происходит и минерализация самого торфа, особенно в условиях деятельного горизонта. Потери углерода при разложении торфа можно оценить, используя данные по эмиссии углекислого газа и потерям углерода при разложении растительного опада.

Общий поток CO₂ с поверхности торфяной залежи является суммарной величиной, характеризующей потери углерода при разложении растительного опада и самого торфа, а также выделение углерода в виде углекислого газа при дыхании корней и сфагновых мхов. Доля дыхания сфагновых мхов учитывалась согласно (Наумов, 2009); вклад корневого дыхания в поток CO₂ с поверхности

Таблица 2. Потоки углерода в болотных фитоценозах, гС/м² в год

ПОТОКИ УГЛЕРОДА		ВР	НР	ОТ
Эмиссия CO ₂ с поверхности	1	184	140	123
Дыхание сфагновых мхов	2	74	87	54
Дыхание корней	3	75	42	37
Суммарный поток углерода с поверхности торфяной залежи	4=1-2-3	39	11	32
Продукция сфагновых мхов	5	79	97	61
Опад сфагновых мхов	6	41	46	41
Потери углерода при разложении сфагновых мхов	7	10	4	5
Потери углерода при разложении торфа	8=4-7	29	7	27
Остаток опада в системе	9=6-7	31	42	36
Чистая экосистемная продукция сфагновых мхов	10=5-4	40	86	29
Аккумуляция углерода в торфе	11=9-8	2	35	9

почвы составляет около 1/3 от общего потока углекислого газа (Титлянова, Тесаржова, 1991). Таким образом, на основании имеющихся (измеренных) данных можно оценить следующие потоки углерода в исследуемых болотных фитоценозах: потери углерода при разложении торфа; остаток опада в фитоценозе; чистую экосистемную продукцию сфагновых мхов; чистую аккумуляцию углерода в торфе (табл. 2). В исследуемых болотных фитоценозах NEP изменяется от 12 на высоком рьяме до 86 гС/м²год на низком рьяме. Аккумуляции углерода в виде торфа

максимальная на низком рьяме в то время как согласно полученным данным на высоком рьяме в настоящее время аккумуляция торфа за счет сфагновых мхов не происходит. NEP составляет на Бакчарском болоте 30–54 %, на эвтрофном всего лишь 5 %; на Кирсановском – на топяном участке - 31 %, в то время как на рьяме Кирсановского болота накопление торфа в настоящее время не происходит. Таким образом, практически на всех исследуемых болотных фитоценозах основное накопление углерода происходит за счет накопления фитомассы.

Агрохимические методы исследования почв. - М.: Наука, 1975. 656 с.

Головацкая Е.А. Биологическая продуктивность олиготрофных и эвтрофных болот южно-таежной подзоны Западной Сибири // Журнал Сибирского федерального университета. Серия Биология. 2009. том 2. № 1. С. 38-53.

Головацкая Е.А., Никонова Л.Г. Разложение растительных остатков в торфяных почвах олиготрофных болот // Вестник ТГУ. Биология. 2013. № 3 (23). С. 137-151.

Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л.: Наука, 1978. 176 с.

Косых Н. П. (2003) Болотные экосистемы таежной зоны Западной Сибири: фитомасса и продукция: автореф. дис. ...канд. биол. наук – Томск. 2003. 23 с.

Наумов А. В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 207 с.

Паршина Е.К. Деструкция растительного вещества в болотных экосистемах таежной и лесотундровой зон Западной Сибири: автореф. дис. канд. биол. наук. Томск, 2009. 23 с.

Пьявченко Н. И. Биологическая продуктивность и круговорот веществ в болотных лесах Западной Сибири // Лесоведение. 1967. № 3. С. 23–43.

Титлянова А. А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. Новосибирск: Наука СО, 1991. 150 с.

Kosykh N. P., Koronatova N. G., Naumova N. B., Titlyanova A. A. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems // Wetl. Ecol. Manag. 2008. № 16. P. 139–153.

СФАГНОВЫЕ МХИ В ПОСТПИРОГЕННЫХ СУКЦЕССИЯХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

SPHAGNUM MOSSES IN POST-PYROGENIC SUCCESSIONS OF RAISED BOG

Д.Г. Груммо¹, Н.А. Зеленкевич¹, О.В. Созинов²

D. Grummo¹, N. Zeliankevich¹, O. Sozinov²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, zm.hrumo@gmail.com

²Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно, Беларусь, ledum@list.ru

Сфагновые мхи (*Sphagnum spp.*) являются ключевыми эдификаторами верховых болот и соответственно основными индикаторами скорости демутации болотных экосистем после пожаров, которые закономерно возникают на болотах с нарушенным гидрологическим режимом. Одним из таких болот является верховое болото Ельня – самое крупное верховое болото в Беларуси: около 20 тыс. га. Для разработки прогнозов восстановления естественной растительности болотных экосистем болота «Ельня» нами проведен анализ послепожарной динамики фитоценозов.

Полевые и камеральные исследования произведены в соответствии с общепринятыми в геоботанике, лесоведении, почвоведении и математической статистике методами (Полевая геоботаника, 1959–1976, Программа..., 1974).

Для детальных стационарных исследований, предусматривающих инструментальную съемку комплекса эколого-фитоценологических показателей, закладывали серию постоянных пробных площадей (ППП) площадью 0,01 га. Напочвенный покров ППП исследовали на 25 учетных площадках (УП) размером 1 м². На каждой УП определяли видовой состав, проективное покрытие, встречаемость, надземную фитомассу. Учёт надземной фитомассы живого напочвенного покрова производился на учетных площадках размером 50 x 50 см для травяно-кустарничкового и 25 x 25 см для мохово-лишайникового ярусов: срезали надземные части в 5 кратной повторности (метод конверта) на уровне почвы. Укосную фитомассу, разделенную по видам отбирали для последующих лабораторных анализов (определения воздушно-сухого и абсолютно сухого веса, химического состава).

Картирование микрогруппировок напочвенного покрова осуществляли «методам квадратов».

Живой напочвенный покров ППП визуально делили на несколько микрогруппировок, наиболее характерных и часто встречающихся. Каждой микрогруппировке присваивается порядковый номер (код микрогруппировки). Помимо растительных микрогруппировок учитывали: поваленные деревья, оголенные участки почвы и прочее. Далее всю ППП разбивали на квадраты по 1 м² с помощью мерных лент, веревок и колышков. Для регистрации пространственной структуры микрогруппировок использовали бланк с сеткой соответствующего масштаба: 1 м² реальной площадки = 1 см² на бланке. В дальнейшем, анализируя каждый из образованных квадратов на местности, присваивали ему номер характерной микрогруппировки и заносили его код в бланк на соответствующий квадрат. В случае сложности структуры напочвенного покрова разбиение квадрата на более мелкие (50×50 см) с присвоением соответствующего кода каждому. В дальнейшем рядом стоящие номера на бланке объединяли в кластеры, рисунок оцифровывали, с использованием стандартных модулей ГИС рассчитывали площади микрогруппировок. Эколого-ценотические данные по растительному покрову на ППП получены в 2006, 2010 и 2015 гг.

Для сравнительного анализа скорости постпирогенной демутации мы использовали данные с двух ППП: 241 и 242, находящихся на расстоянии 350 м друг от друга (относительное превышение ППП 242 относительно ППП 241 ~ 1,3 м). Исходный (допожарный) фитоценологический облик на ППП № 241 формировала комплексная кочковато-мочажинная растительность (асс. *Andromedopolifoliae-Sphagnetum magellanici* (кочки) + асс. *Drepanocladofluitantis-Caricetum limosae* (мочажины); на ППП № 242 – сосново-пушицево-кустарничково-сфагновое редколесье (асс. *Sphagno-Pinetum sylvestris*). Анализ

Таблица 1. Показатели видового разнообразия и флористического сходства растительных сообществ на постоянных пробных площадях

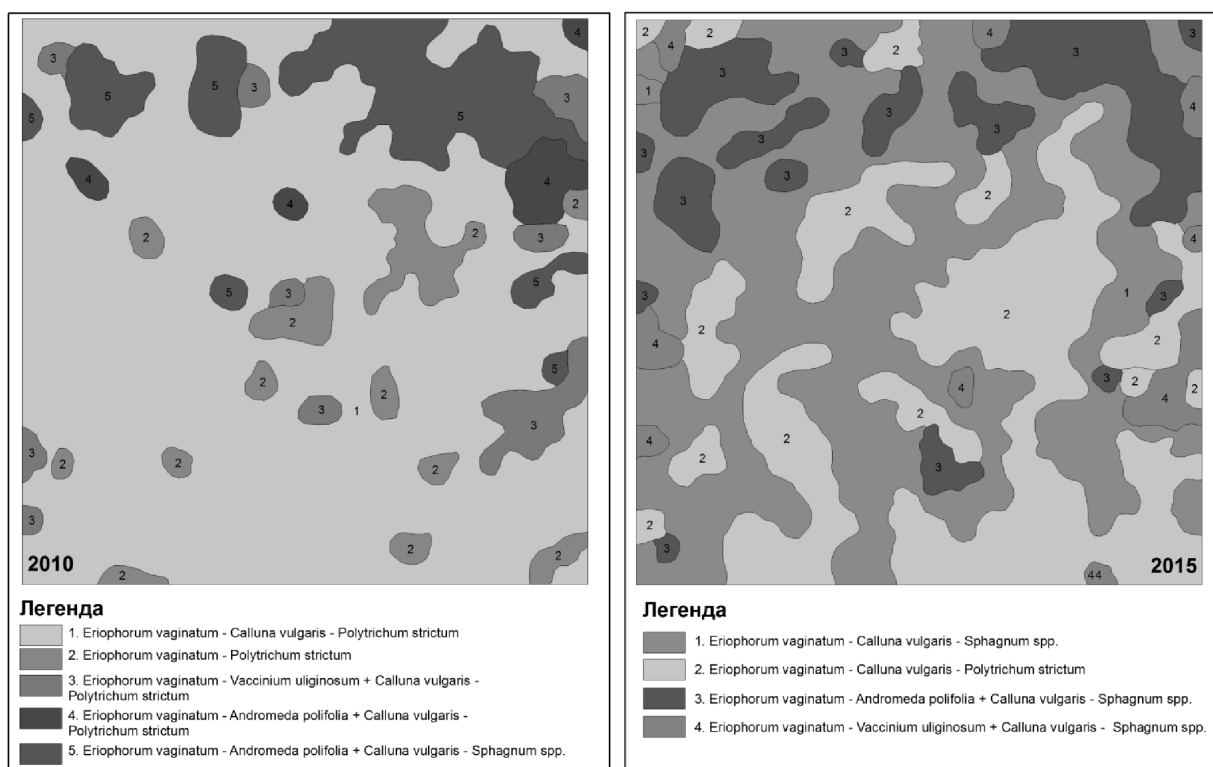
ПОКАЗАТЕЛЬ	ППП № 241			ППП № 242		
	2006 г.	2010 г.	2015 г.	2006 г.	2010 г.	2015 г.
Число лет после пожара	4	9	14	4	9	14
Общее число видов ($R_s/100 \text{ м}^2$)	12	19	20	12	18	22
Индекс Шеннона (H')	1,74	2,02	2,19	2,02	1,81	2,12
Мера выравненности обилий видов (E)	0,48	0,40	0,44	0,63	0,34	0,38
Индекс Бергера-Паркера (d)	0,32	0,29	0,21	0,27	0,41	0,29
Коэффициент общности (K_s):						
▪ Сьеренсена (K_{S1})	.	0,77	0,75	.	0,53	0,70
▪ Чекановского (K_{S2})	.	0,40	0,38	.	0,29	0,25

эколого-фитоценологических данных двух ППП (№№ 241 и 242), находящихся в эпицентре пожара 2002 г., показал существенные различия по скорости восстановления естественных болотных сообществ. На ППП № 241 на протяжении 10 лет мониторинга сохраняется монодоминантность растительного сообщества (табл. 1); на ППП № 242 скорость демутиационных процессов существенно выше, отмечается переход от моно- к полидоминантному сообществу.

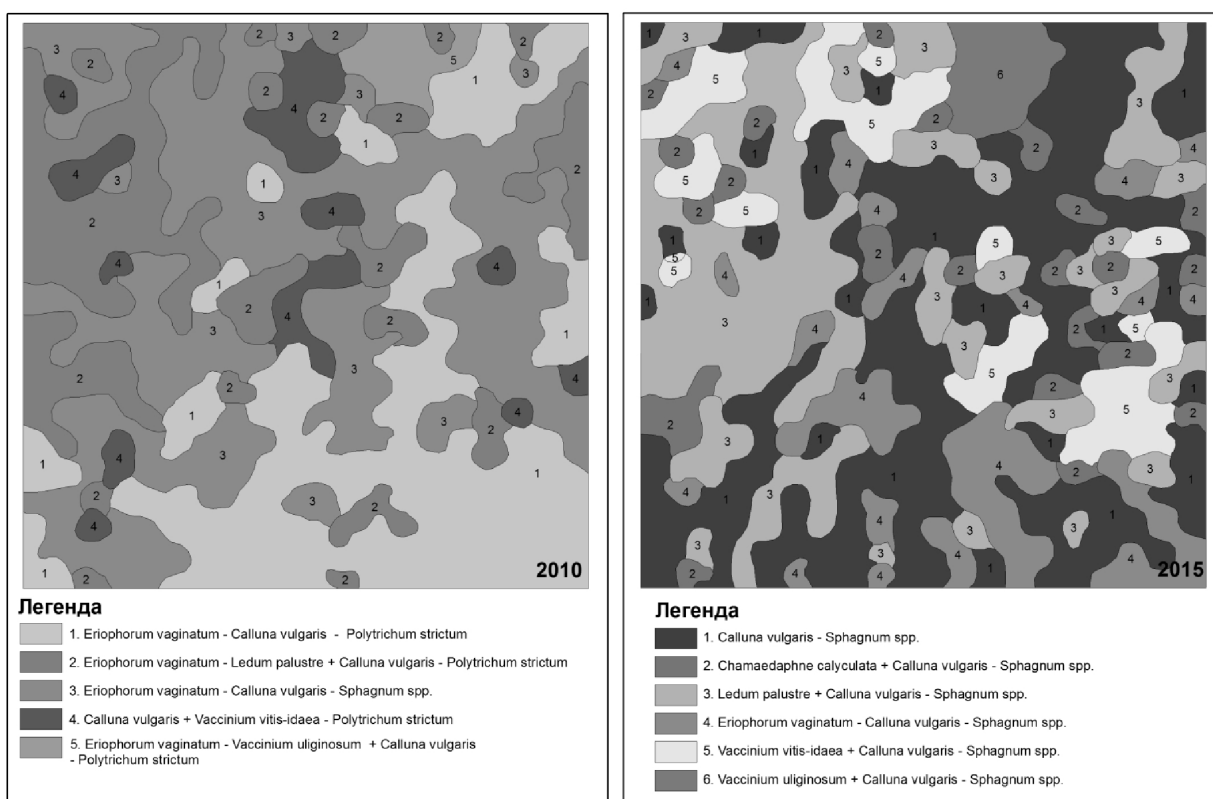
Процесс восстановления болотной растительности, в первую очередь, маркируются появлением и формированием сфагнового покрова (рис.). Наиболее выраженная экспансия сфагновых мхов в растительные сообщества наблюдается через 9-12 лет после пожара. Доля в структуре надземной фитомассы сфагнов на ППП № 241 поступательно увеличилась с 1,9 % (2006 г.) до 11,9 % (2010 г.) и 44,1 % (2015 г.); ППП № 242: 15,2 % (2006 г.) < 17,5 % (2010 г.) < 43,5 % (2015 г.). Соответственно фитомасса сфагновых мхов выросла за 10 лет на ППП № 241 с 16,3 до 290,1 г/м² (возд.-сух. вес) и на ППП № 242 с 79,7 до 369,1 г/м² (возд.-сух. вес). Проективное покрытие сфагнов также существенно увеличилось: сумма частных проективных покрытий сфагновых мхов на ППП № 241 составила 1,2 % (2006 г.) < 10,7 % (2010 г.) < 48,5 % (2015 г.); ППП № 242 – 1,4 % (2006 г.) < 32,9 % (2010 г.) < 95,0 % (2015 г.). Наблюдается рост доли участия сфагнов-«пионеров» мохового покрова (*Sphagnum capillifolium*, *Sph. molle*), а затем и смена доминантов константными видами мохового покрова естественных болот региона: *Sph. rubellum*, *Sph. angustifolium*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. magellanicum* (табл. 2).

Различия в скорости демутации выявлены и на уровне динамических микрогруппировок (см. рисунок): на ППП № 242 формирование растительного сообщества к 2015 г. вступило в фазу устойчивой демутации, в то время как на ППП № 241 еще преобладают дигрессивные тенденции. В 2015 г. общая площадь, занимаемая производными «демутирующими» микрогруппировками на ППП № 241, составила 33,8 % (в 2010 – 12,5%); на ППП № 242 – «дигрессивные» микрогруппировки полностью (100 %) сменились микрогруппировками для которых характерен демутиационный тренд развития (со *Sphagnum spp.*). Различный сукцессионный статус двух сравниваемых фитоценозов связан с комплексом факторов: степенью повреждения пожарами (в первую очередь корнеобитаемого слоя), состоянием банка диаспор растений, характером обводненности субстрата. Демутиационная динамика растительных сообществ также сопряжена и с изменением экологических условий: увеличения увлажнения (за счет восстановления сфагнового покрова), усиления кислотности субстрата (как следствия наращивания фитомассы, активного развития сфагнов).

Результаты исследований пирогенных сукцессий на сфагновых болотах Беларуси и анализ литературных источников позволили разработать схему послепожарной демутации растительности (Груммо и др., 2015). Согласно этой модели полное восстановление растительности после пожара 2002 г. на значительной территории болотного массива «Ельня», на наш взгляд, может составить 30-35 лет при стабильном развитии сфагнового покрова на фоне высокого уровня болотных вод, что гарантирует система каскадных перемычек, построенная в 2015 г. на канале в ~150 м от ППП.



А – постоянная пробная площадь № 241



Б – постоянная пробная площадь № 242

Рис. Флуктуации растительных микрогруппировок в сложении живого напочвенного покрова на постоянных пробных площадях

Таблица 2. Разногодичная изменчивость ценотических показателей *Sphagnum spp.* на постоянных пробных площадях

ВИД	ГОДЫ МОНИТОРИНГА											
	2006 г.				2010 г.				2015 г.			
	Проек- тивное по- кры- тие (n=25), %	Встре- чае- мость, %	ИФЗ		Проек- тивное по- кры- тие (n=25), %	Встре- чае- мость, %	ИФЗ		Проек- тивное по- кры- тие (n=25), %	Встре- чае- мость, %	ИФЗ	
			М	±m			М	±m			М	±m
241												
<i>Sphagnum magellanicum</i>	1,2	1,2	4	0,1	0,8	0,8	4	<0,1	4,0	1,2	20	0,8
<i>Sphagnum angustifolium</i>	-	-	-	-					1,0	1,0	24	0,2
<i>Sphagnum rubellum</i>	-	-	-	-	0,6	0,4	16	0,1	4,0	2,1	40	1,6
<i>Sphagnum capillifolium</i>	-	-	-	-	0,1	0,1	4	0,0	+		4	<0,1
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	-	-	-	-	9,2	3,0	72	6,6	26,1	6,5	72	18,8
<i>Sphagnum molle</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	13,4	5,3	52	6,9
<i>Sphagnum fuscum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+		8	<0,1
242												
<i>Sphagnum angustifolium</i>	0,2		4	<0,1	-	-	-	-	11,0	1,3	96	10,6
<i>Sphagnum magellanicum</i>	-	-	-	-	2,8	1,0	56	1,6	16,3	2,8	72	11,7
<i>Sphagnum rubellum</i>	1,2	0,7	16	0,2	-	-	-	-	49,0	4,4	100	49,0
<i>Sphagnum capillifolium</i>	-	-	-	-	30,1	3,3	96	28,9	14,4	2,0	32	4,6
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,3	28	0,4
<i>Sphagnum fuscum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1		4	<0,1
<i>Sphagnum fallax</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1		4	<0,1
<i>Sphagnum russowii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6	0,7	8	0,2

Примечание: М – среднее значение, ± m – ошибка среднего, ИФЗ – индекс фитоценотической значимости: = (среднее значение проективного покрытия*встречаемость)/100%).

Полевая геоботаника: в 5 т. М.–Л.: 1959-1976.

Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 403 с.

Груммо, Д.Г. Послепожарная динамика растительных сообществ верхового болота Ельня / Д.Г. Груммо, О.В. Созинов, Н.А. Зеленкевич, О.В. Галанина, Е.В. Мойсейчик, Д.Ю. Жилинский, Р.В. Цвирко // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: материалы II Международного научного семинара (Минск, 24–25 сентября 2015 г.) / ИЭБ НАН Беларуси. Минск: Колоград, 2015. С. 31–37.

INFLUENCE OF GRAMINOID PLANTS ON THE DEVELOPMENT OF THE MOSS LAYER (*SPHAGNUM SPP.*)

Mélina Guêné-Nanchen*, Rémy Pouliot, Sandrine Hugron and Line Rochefort

Peatland Ecology Research Group, Centre for Northern Studies, Université Laval, Quebec City, Québec, Canada

*melina.guene-nanchen.1@ulaval.ca

Introduction. *Sphagnum* fibers could be used as an alternative horticultural substrate (Caron and Rochefort, 2013). To minimize human pressure on natural peatlands where *Sphagnum* fibers are usually harvested, many researchers are looking at the possibility to produce non-decomposed *Sphagnum* fibers on a cyclic and renewable basis, namely *Sphagnum* farming. Despite these numerous benefits, research on *Sphagnum* farming is still at an early stage. Pouliot et al. 2015 suggested that optimization of growing conditions is primordial to maximize productivity, but more research is needed about other factors influencing *Sphagnum* productivity, including biotic interactions. In natural peatlands, graminoid plants have either a positive effect by facilitating *Sphagnum* growth (Malmer et al., 1994; Pouliot et al., 2011) or a negative effect by competition (Murray et al., 1993), depending on the graminoid plant species and its density. Previous *Sphagnum* farming trials have shown that colonisation by graminoids plants is inevitable. In the context of large-scale *Sphagnum* biomass production, it is important to know to what extent graminoid plants affect the development of *Sphagnum* carpets and may need to be controlled. The general aim for this project is to evaluate the effects of graminoid plants on the development of *Sphagnum* moss carpets. More specifically, we have conducted two experiments, one at small-scale and another one at large-scale.

2. Material and methods.

(1) Small-scale experiment. The first experiment was conducted in a cutover peatland in Quebec, Canada (48°19'N, 68°50'W). The remnant peat was characterized by minerotrophic conditions and rewetted (Malloy et al., 2014). The experiment was conducted in an area where *Sphagnum warnstorffii* and *Carex aquatilis* were reintroduced by hand in 2009 at different densities. In 2015, *S. warnstorffii*, *C. aquatilis* cover, litter cover, biomass accumulation, thickness and density, were evaluated in quadrats of 30 cm x 60 cm (n=105) placed systematically in the area. Linear regressions were done with R Studio and regression significance were verified afterward ($\alpha=0.05$). *Sphagnum* variables were analyzed

according to *C. aquatilis* and litter variables.

(2) Large-scale experiment. The second experiment was conducted in three *Sphagnum* farming basins established in 2006 in a large cutover bog located in New Brunswick, Canada (47°40'N, 64°43'W). On one side of each basin (115 m x 15 m), graminoid plants (mainly *Eriophorum angustifolium*) were mowed with a weed trimmer (Weed-Eater®) three times per summer from 2013 to 2015. After 3 years of mowing, graminoid plants and litter covers were respectively 70 % and 60 % lower on the mowed (M) side when compared to the unmowed (UM) side (respectively: $t_5=5.8$ and 13.8 , $p=0.002$ and <0.0001). At the end of the 2015 growing season, four transect were disposed lengthwise of basins (two in M side and two in UM side). Along these transects, covers of *Sphagnum*, graminoid plants and litter (n=18) was evaluated in 1 m x 5 m quadrats, *Sphagnum* biomass was collected in ten 25 cm x 25 cm quadrats (n=10) and *Sphagnum* carpet thickness was measured at every 2 meters (n=46). ANOVAs were performed to evaluate the effect of mowing on *Sphagnum* cover, thickness and biomass (MIXED procedure in SAS), followed with protected LSDs ($\alpha=0.05$).

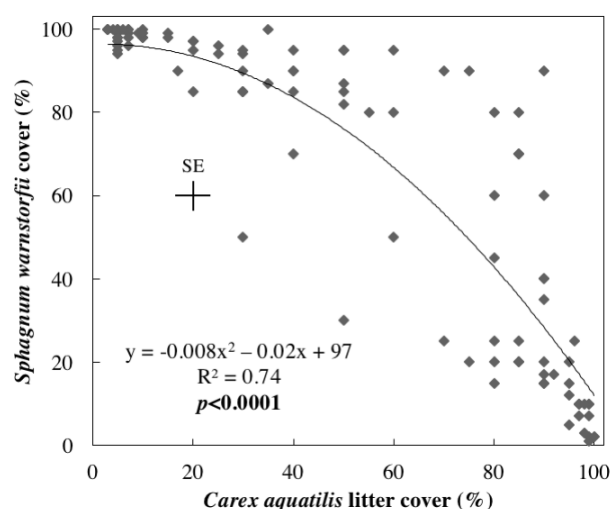


Fig. Negative polynomial regression between *Sphagnum warnstorffii* and *Carex aquatilis* litter cover (%) \pm standard error (SE)

3. Results and discussion

(1) Small-scale experiment. The presence of *C. aquatilis* and its litter affected negatively *Sphagnum warnstorffii* for all the variables measured (R^2 between 0.02 and 0.74). Among variables measured for *C. aquatilis*, litter cover was the most influential parameter in explaining *Sphagnum* cover ($R^2=0.74$, $p<0.0001$). The negative effect of graminoid litter began to be observable from 20-25 % and *Sphagnum* cover decreases rapidly thereafter (Fig.). It was not possible to observe the effect of scaffolding, or any effect of facilitation. This might be because litter was really abundant since it was accumulating since 2009 (up to 600 g m⁻²). If this graminoid plant or a similar species with the same rate of litter accumulation was to colonize a *Sphagnum* farming station, mowing will probably be recommended.

(2) Large-scale experiment. Mowing did not affect *Sphagnum* cover ($F_{1,11}=0.82$, $p=0.417$), nor biomass ($F_{1,11}=0.75$, $p=0.455$). However, *Sphagnum* thickness was 15% higher in the un-mowed treatment ($F_{1,11}=9.16$, $p=0.023$). In this experiment, the dominant

graminoid plant (*Eriophorum angustifolium*) had no effect on *Sphagnum* cover and biomass, because its litter cover was always lower than 10 % and its growth form is unique stems. Therefore, this graminoid plant seems not to compete with *Sphagnum* mosses for space. The effect of scaffolding has been observed, but the increase of *Sphagnum* thickness does not translate on *Sphagnum* biomass, because the thickest carpets are fluffier, they grow in height without necessarily accumulating more biomass. In this context with this graminoid plant, mowing is not necessary.

4. Conclusion. This project demonstrated that the effect of graminoid plants on *Sphagnum* mosses is dependent on the species characteristics, more specifically its litter accumulation. These experiments suggested that *Sphagnum* moss could tolerate graminoid cover under 35 % and litter cover under 20-25 %. So in the context of *Sphagnum* farming, different recommendations could be made, but more studies need to be done with different graminoid species.

Financial support was provided by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, the Canadian Sphagnum Peat Moss Association and its members. We thank all the field assistants, as well as all members of the Peatland Ecology Research Group.

Caron, J., & L. Rochefort. 2013. Use of peat in growing media: State of the art on industrial and scientific efforts envisioning sustainability. *Acta Horticulturae* 982:15-22.

Malmer, N., B. M. Svensson, & B. Wallén. 1994. Interactions between *Sphagnum* mosses and field layer vascular plants in the development of peat-forming systems. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 29:483-496.

Malloy, S., & J. S. Price. 2014. Fen restoration on a bog harvested down to sedge peat: A hydrological assessment. *Ecological Engineering* 64:151-160.

Murray, K. J., J. D. Tenhunen, & R. S. Nowak. 1993. Photoinhibition as a control on photosynthesis and production of *Sphagnum* mosses. *Oecologia* 96:200-207.

Pouliot, R., L. Rochefort, E. Karofeld, & C. Mercier. 2011. Initiation of *Sphagnum* moss hummocks in bogs and the presence of vascular plants: Is there a link? *Acta Oecologica* 37:346-354.

Pouliot, R., S. Hugron, & L. Rochefort. 2015. *Sphagnum* farming: A long-term study on producing peat moss biomass sustainably. *Ecological Engineering* 74:135-147.

CHALLENGES OF UTILIZING LIVING *SPHAGNUM* MOSSES AS A GROWING MEDIA CONSTITUENT

Jan Felix Köbbing, Gerald Schmilewski

Klasmann-Deilmann GmbH, Germany

jan.koebbing@klasmann-deilmann.com, gerald.schmilewski@klasmann-deilmann.com

Introduction. For decades now, the substitution of peat in growing media has been receiving a lot of attention in public debate, in particular in Central and Western Europe. In the past, the reasons for this were rooted primarily in the loss of natural habitat (pristine peatland) and its specific biodiversity, caused by state-driven peatland drainage measures and the creation of cultivated agricultural land and space for settlement. Today, the discussion is centred on greenhouse gas emissions. Moreover, the peat and growing media sector is confronted with a massive decline in available peat extraction sites in Western and Central Europe.

The harvesting of peat mosses (*Sphagnum spp.*) from living bogs or the cultivation of peat mosses on degraded bogs are seen as possible ways of replacing peat as a growing media constituent. As peat origins from decomposed *Sphagnum* mosses, harvested living mosses bear comparable quality properties. However, as it is a living material it must be processed to obtain the required properties.

Project. To investigate the above mentioned topics Klasmann-Deilmann GmbH launched in 2015 a 10 ha *Sphagnum*-farming project entitled: ‘Large-scale cultivation of peat moss in Lower Saxony as an after-use following black peat extraction and its potential for the sustainable production of an alternative growing media constituent’. The research project involves different *Sphagnum* species being assessed as to their productivity and suitability. The impact on biodiversity and climate change is being investigated by the University of Hannover and the Thünen Institute, Braunschweig. A particular challenge is optimizing the hydro management of peat moss cultivation areas. An unusual aspect is that this project, unlike previous field trials, is being implemented on sites where the residual peat layer following depletion consists of strongly decomposed peat. Due to their low water conductivity, such areas are less suitable, but in Germany – owing to the scarcity of sites where the residual layer is weakly decomposed peat – only areas with residual strongly decomposed peat are the realistic option.

The inoculation material as well as the farmed mosses will be processed and used in horticultural growth trials.

Requirements for horticulture. For most growing media constituent peat is the benchmark as it has outstanding physical, chemical, biological and economical properties. Schmilewski (2008, 2015) outlines the main advantages of raised bog peat:

- Low pH-value, allowing easy pH adjustment
- Low nutrient, enabling easy adjustment of plant nutrients
- High water capacity and high air capacity
- Good structure stability
- Low microbial activity
- Free from human and plant pathogens, pollutants and heavy metals.

Challenges. Difficulties to cultivate peat mosses, finding available bog areas and proving the profitability of *Sphagnum* farming are the most challenging efforts (Schmilewski, Köbbing, & Rammes, 2016). Hereafter the focus is on the use of peat mosses as a growing media constituent.

When harvesting the mosses the presence of weeds and viable weed propagules (e.g. seeds) is not tolerable. Various plant species can present a problem when farming *Sphagnum*. Experience has shown that associated living plants such as cross-leaved heath (*Erica tetralix*), ling heather (*Calluna vulgaris*), purple moor-grass (*Molinia caerulea*), grasses and other plant species can invade cultivation areas via the inoculation material. It can also be expected that seeds or spores carried on the wind and in irrigation water will enter the site. Some vascular plants may promote the growth of peat mosses by serving as growth support for the peat mosses or improving the microclimate; however, if they progressively spread they will compete strongly with the mosses. They also make harvesting more difficult and considerably affect the quality of the growing medium. As the use of herbicides on peatland is prohibited, the only weed control currently possible is that by mechanical means, which is very costly. So starting from collecting the mosses, the presence of

weeds must be avoided or weeds associated with the collected mosses must be manually separated later on. We tried to reduce the growth of weeds by covering the mosses with a shading fleece which at the same time improves the micro-climate.

To ensure the absence of weeds, weed seeds and pathogens in the peat moss the Dutch foundation for quality assurance of growing media, R.H.P. requires the hygienization of *Sphagnum spp.* by means of gamma radiation or steam treatment when used in growing media.

Furthermore, the mosses must be dried and most likely cut/chopped and sieved in order to obtain particle sizes suitable for the different areas of application. How

the mosses have to be processed is under research in our project as well. Hygienization and dry ensures long term storage.

Conclusion. *Sphagnum* mosses offer great potential as a growing media constituent as they have chemical, physical and biological properties comparable to peat. However, first trials show that, apart from the problems to cultivate *Sphagnum* mosses, the further processing requires a lot of work and energy, even if industrial moss processing can be improved. As long as peat is still available and accepted by society *Sphagnum* mosses will remain a niche product.

The authors are grateful for the project funding provided by the Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection of Lower-Saxony, Germany. We also thank our project partners at the University of Hannover and the Thünen Institute in Braunschweig for very fruitful cooperation.

Schmilewski, G. (2008). The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*, 3, 1–8.

Schmilewski, G. (2015). Kultursubstrate auf Torfbasis. Notwendige Produktionsmittel für die nachhaltige Entwicklung des Gartenbaus. *TELMA*, 45, 71–92.

Schmilewski, G., Köbbing, J. F., & Rammes, D. (2016). Opportunities and challenges surrounding the farming of *Sphagnum* as a growing media constituent in Germany (submitted). In *15th International Peat Congress 2016, 15-19 August 2016, Malaysia*.

ЛИНЕЙНЫЙ ПРИРОСТ СФАГНОВЫХ МХОВ НА ТЕРРИТОРИИ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ
LINEAR INCREASE OF *SPHAGNUM* SPECIES IN WESTERN SIBERIA
IN CONNECTION WITH WEATHER CONDITIONS

Н.Г. Коронатова*, Н.П. Косых, В.А. Степанова

N.G. Koronatova, N.P. Kosykh, V.A. Stepanova

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

Institute of Soil Science and Agrochemisrty SB RAS, Novosibirsk

*coronat@mail.ru

Западно-Сибирские торфяники занимают площадь около 600 000 км² и содержат 70.2 Пг углерода, что составляет до 26 % всей наземной аккумуляции углерода с времени последнего оледенения (Smith et al., 2004). Рост основных продуцентов верховых болот, сфагновых мхов, в значительной мере контролируется абиотическими факторами. Актуальность исследования обусловлена необходимостью изучать изменение продукционных характеристик сфагновых мхов в ответ на воздействие физических параметров окружающей среды, таких как температура, условия увлажнения и другие при изменении климата.

В Западной Сибири было заложено 11 ключевых участков с расстоянием между ними в 1-3 градуса широты, которые располагались в следующих биоклиматических зонах и подзонах: лесостепи, подтайге, южной, средней и северной тайге, лесотундре. На каждом ключевом участке исследование проводилось в повышенных и пониженных элементах болотного микроландшафта. К повышенным относились сосново-кустарничково-сфагновые рямы и гряды, которые входят в комплексные грядово-мочажинные или грядово-озерково-мочажинные массивы, и мёрзлые плоскобугристые торфяники. К пониженным ландшафтам относились травяно-сфагновые мочажины и топи. В повышенных экосистемах в моховом покрове доминировал *S. fuscum*, около 10 % площади занимал *S. magellanicum*, а также встречались *S. angustifolium* и *S. capillifolium*. В топях и мочажинах отмечено большее разнообразие сфагновых мхов, проективное покрытие которых менялось на разных ключевых участках. Мы изучали прирост мочажинных видов *S. balticum*, *S. fallax*, *S. riparium*, *S. lindbergii*, *S. jensenii*, *S. papillosum* и *S. majus*. Линейный

прирост мхов в повышенных экосистемах определяли методом «ёршиков» (Mitchell et al., 2002; Robroek et al., 2007; Breeuwer et al., 2010; Siegenthaler et al., 2014; Bengtsson et al., 2016), а в пониженных экосистемах – методом индивидуальных меток (Kosykh et al., 2008). Метки устанавливали в конце мая – начале июня и снимали показания прироста в конце августа – начале сентября. Число повторностей измерения для каждого вида мха было от 3 до 13. Прирост изучали на протяжении трёх вегетационных сезонов 2013-2015 гг. Использовали погодные данные с ближайших метеостанций, размещённые на сайте gr5.ru.

Среднегодовые линейные приросты видов повышенных ландшафтов были следующие: *S. fuscum* 1.3 ± 0.1 см, *S. magellanicum* 1.6 ± 0.1 см, *S. angustifolium* 3.2 ± 0.4 см, *S. capillifolium* 2.2 ± 0.5 см. Прирост мочажинных видов был: *S. balticum* 2.9 ± 0.2 см, *S. fallax* 7.6 ± 1.2 см, *S. riparium* 11.0 ± 1.3 см, *S. lindbergii* 3.7 ± 0.3 см, *S. jensenii* 5.5 ± 0.9 см, *S. papillosum* 1.8 ± 0.1 см и *S. majus* 4.8 ± 0.4 см.

Прирост *S. fuscum* коррелировал со среднегодовой температурой воздуха ($K = 0.81$, $P = 0.00002$) и в меньшей степени – со средней температурой лета ($K = 0.71$, $P = 0.0007$). Для *S. magellanicum* корреляция со среднегодовой температурой воздуха была слабее ($K = 0.60$, $P = 0.0078$), а корреляции со средней температурой лета не обнаружено. Корреляция прироста обоих видов с суммой осадков не выявлена. Прирост *S. capillifolium* зависел от среднегодовой температуры воздуха ($K = 0.67$, $P = 0.0178$), среднелетней температуры воздуха ($K = -0.60$, $P = 0.0160$) и отрицательная корреляция установлена с суммой осадков за зиму и весну ($K = -0.35$, $P = 0.0290$). Прирост вида *S. angustifolium* не зависел от температуры и осадков.

Приросты мочажинных видов, кроме *S. lindbergii* и *S. papillosum*, значимо коррелировали со средней годовой температурой воздуха: коэффициент корреляции был от 0.27 ($P = 0.0244$) у *S. balticum* до 0.79 ($P = 0.0001$) у *S. fallax* и *S. majus*. Сумма осадков за год не значительно влияла на прирост мочажинных сфагновых мхов на всём протяжении Западно-Сибирской низменности. Однако, на уровне отдельно взятых регионов – юга Западной Сибири, среднетаёжной подзоны или северного региона распространения мёрзлых плоскобугристых торфяников, – в условиях относительного однообразия температурного режима, фактор осадков становится статистически более значимым, чем фактор температуры. Так, на юге Западной Сибири (лесостепная, подтаёжная зоны и южная тайга) прирост *S. fuscum* проявил слабую зависимость от годовой суммы осадков ($K = 0.22$, $P = 0.0355$), и чуть большую – от осадков за зимне-весенний период ($K = 0.26$, $P = 0.0132$). В этом же регионе прирост *S. magellanicum* был связан с годовыми осадками

($K = 0.45$, $P = 0.00005$), а прирост мочажинного *S. balticum*, напротив, отрицательно коррелировал с годовыми осадками и суммой осадков в зимне-весенний период ($K = -0.60$, $P = 0.0370$).

Таким образом, температура – это значимый фактор, определяющий величину линейного прироста большинства сфагновых мхов на протяжении Западно-Сибирской низменности: чем выше средняя годовая температура, тем выше прирост. На региональном уровне, включающем одну или несколько болотных зон, существенное значение приобретают осадки, причём значимость имеют годовые осадки и/или осадки, выпавшие в зимне-весенний период. При их возрастании, мхи повышенных ландшафтов реагируют увеличением прироста, а мхи обводнённых мочажин страдают от обводнения и снижают его. Не обнаружено влияние летних осадков на прирост сфагновых мхов. Средняя для всей Сибири величина линейного прироста мхов видоспецифична и максимальна для мочажинных видов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-05-00775

Расписание погоды [Электронный ресурс]: банк данных содержит гидрометеорологические данные наблюдений, выполненных на 13600 метеостанциях и поступающих с сервера данных международного обмена (NOAA), США, и автоматической системы передачи данных (АСПД) Росгидромета, Россия. СПб, 2004. URL: <http://tp5.ru>

Bengtsson F., Granath G., Rydin H. Photosynthesis, growth, and decay traits in *Sphagnum* – a multispecies comparison // Ecology and Evolution. 2016. doi: 10.1002/ece3.2119

Breeuwer A., Heijmans M.M.P.D., Robroek B.J.M., Berendse F. Field simulation of global change: Transplanting northern bog mesocosms southward // Ecosystems. 2010. V. 13. P. 712-726. doi: 10.1007/s10021-010-9349-y

Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Peregona A.M., and E.K. Parshina Net primary production in peatlands of middle taiga region in western Siberia // Russian Journal of Ecology, 2008.

Mitchell E.A.D., Buttler A., Grosvernier P., Rydin H., Siegenthaler A., Gobat J.-M. Contrasted effects of increased N and CO₂ supply on two keystone species in peatland restoration and implications for global change // Journal of Ecology. 2002. V. 90. P. 529-533.

Robroek B.J.M., Limpens J., Breeuwer A., Crushell P.H., Schouten M.G.C. Interspecific competition between *Sphagnum* mosses at different water tables // Functional Ecology. 2007. V. 21. P. 805-812.

Siegenthaler A., Buttler A., Grosvernier P., Gobat J.-M., Mitchell E. Discrepancies in growth measurement methods of mosses: an example from two keystone species grown under increased CO₂ and N supply in a restored peatland // American Journal of Plant Sciences. 2014. V. 5. P. 2354-2371. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.515249>.

Smith L.C., MacDonald G.M., Velichko A.A., Beilman D.W., Borisova O.K., Frey K.E., Kremenetski K.V., Sheng Y. Siberian peatlands a net carbon sink and global methane source since the Early Holocene // Science. 2004. V. 33. P. 353-356.

THE VARIATION IN STANDING BIOMASS AND BIOMASS PRODUCTION BETWEEN VEGETATION COMMUNITIES OF AN OMBROTROPHIC BOREAL BOG

A. Korrensalo^a, L. Kettunen^a, R. Laiho^b, P. Alekseychik^c, J. Rinne^d,
T. Vesala^{c,e}, E-S. Tuittila^a

^a School of Forest Sciences, University of Eastern Finland, Joensuu, Finland, aino.korrensalo@uef.fi

^b Natural Resources Institute, Parkano, Finland

^c Dept. of Physics, University of Helsinki, Finland

^d Dept. of Physical Geography and Ecosystem Science, University of Lund, Sweden

^e Dept. of Forest Sciences, University of Helsinki, Finland

Due to the imbalance between organic matter production and decomposition, peatlands are a globally important carbon storage. Biomass distribution and production is known to be dependent on water table (WT) distance from the peat surface (Laine et al. 2012), but differences in biomass production, especially belowground, between vegetation communities of peatlands with spatially varying WT are poorly known.

Our aim was to quantify the standing biomass and biomass production of different species and vegetation communities along the WT gradient. We also estimated the ecosystem-level standing biomass and biomass production to find out the proportions of species, plant communities and above- and belowground compartment of the total ecosystem biomass. The ecosystem-level biomass production estimate was compared with cumulative ecosystem net primary productivity (NPP) derived from eddy covariance measurements.

The study site was an ombrotrophic bog (61°50' N, 24°12' E) located within Siikaneva peatland complex in Central Finland. The large variation in vegetation in relation to WT depth was divided into six classes based on the species composition. To define the coverage of the vegetation types and species, a systematic vegetation inventory was conducted within the study site.

Standing biomass of the vascular plants was estimated by converting the maximum growing season vascular green area (VGA) of each species to a standing biomass estimate. The difference between seasonal maximum and minimum VGA was converted to biomass production estimate. Belowground vascular plant standing biomass was estimated from peat samples. Root biomass production was derived from peat-filled root ingrowth socks. *Sphagnum* moss standing biomass was estimated by converting the area covered by each species to biomass of the capitula. Biomass increment of *Sphagnum* species was measured using the cranked wire method (Clymo

1970). NPP was derived from the eddy covariance measurement data as the difference of net ecosystem exchange (NEE) and ecosystem respiration (R_e).

Standing biomass was concentrated on dry vegetation communities with a gradual decrease towards wet surface types. Both above- and belowground, shrub biomass was concentrated on the driest surface types and sedge biomass to the wet end of the WT gradient (Fig. 1a). Belowground standing biomass comprised on average 75 % of the total vascular biomass. *Sphagnum* biomass was the highest at hummocks and high lawns (Fig. 1a).

Biomass production was rather similar between vegetation communities with an exception of mud bottoms almost without vegetation (Fig. 1b). The even production along the WT gradient was a result of different optima of the vegetation components. Vascular above- and belowground biomass production was concentrated on the drier surfaces whereas *Sphagnum* produced the most biomass at intermediate WT levels (Fig. 1b). On average 53 % of the vascular biomass was produced belowground. Total ecosystem biomass production estimate, 132 g m⁻² growing season⁻¹, corresponds to 59-66 g C m⁻² growing season⁻¹. The estimate is slightly lower than the ecosystem NPP, 154 g CO₂ m⁻² growing season⁻¹, which converted to carbon is 80 g C m⁻² growing season⁻¹.

Due to the higher biomass production of species growing on the wet end of the WT gradient, standing biomass and biomass production did not show the same water table level optimum. Although our estimates of standing biomass and biomass production are mostly lower than previously measured at other ombrotrophic sites (Vasander 1982, Moore et al. 2002, Murphy et al. 2009), the results are supported by the similarity of ecosystem NPP and biomass production estimates. This suggests that even sites of similar nutrient status may vary widely in their biomass production.

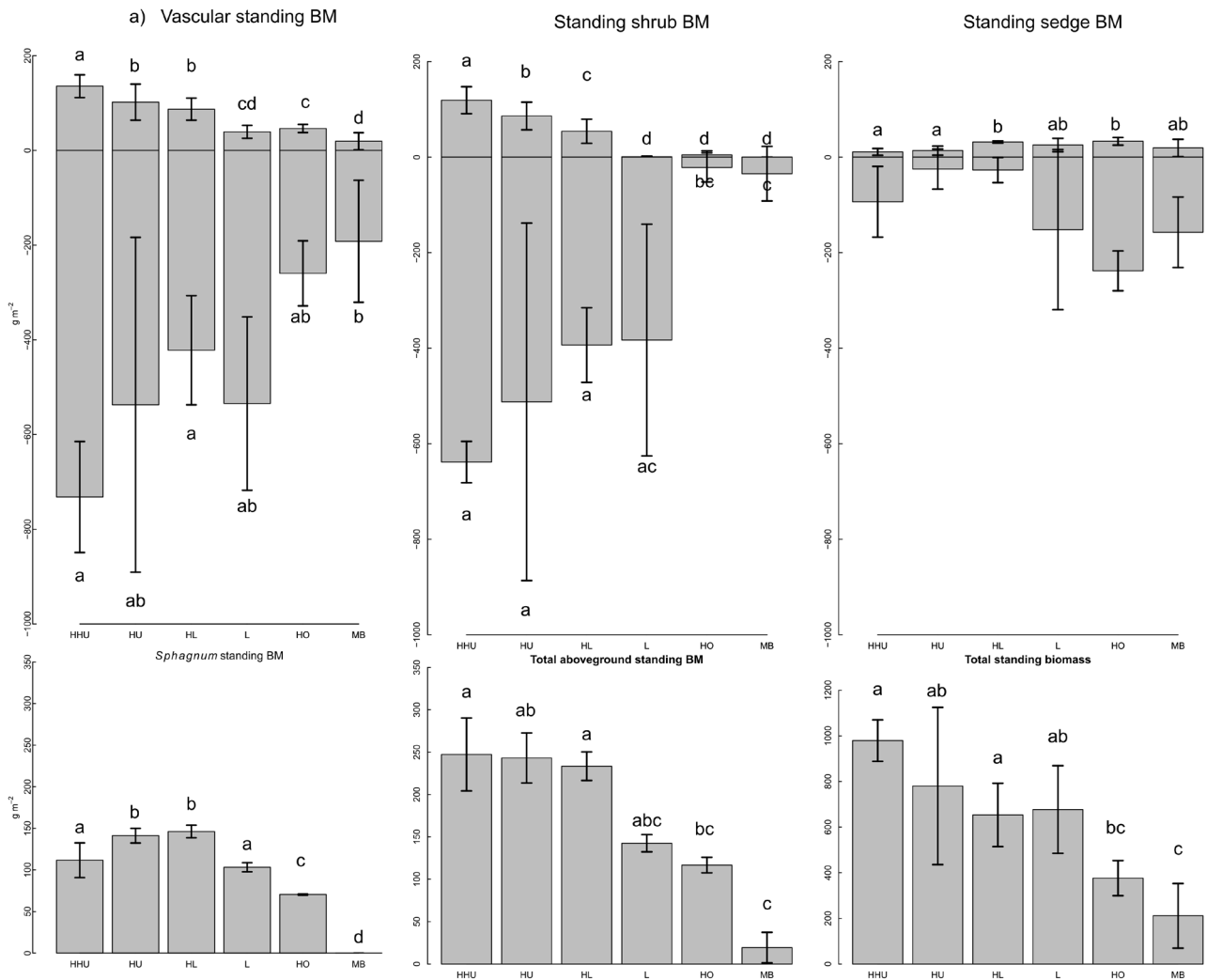
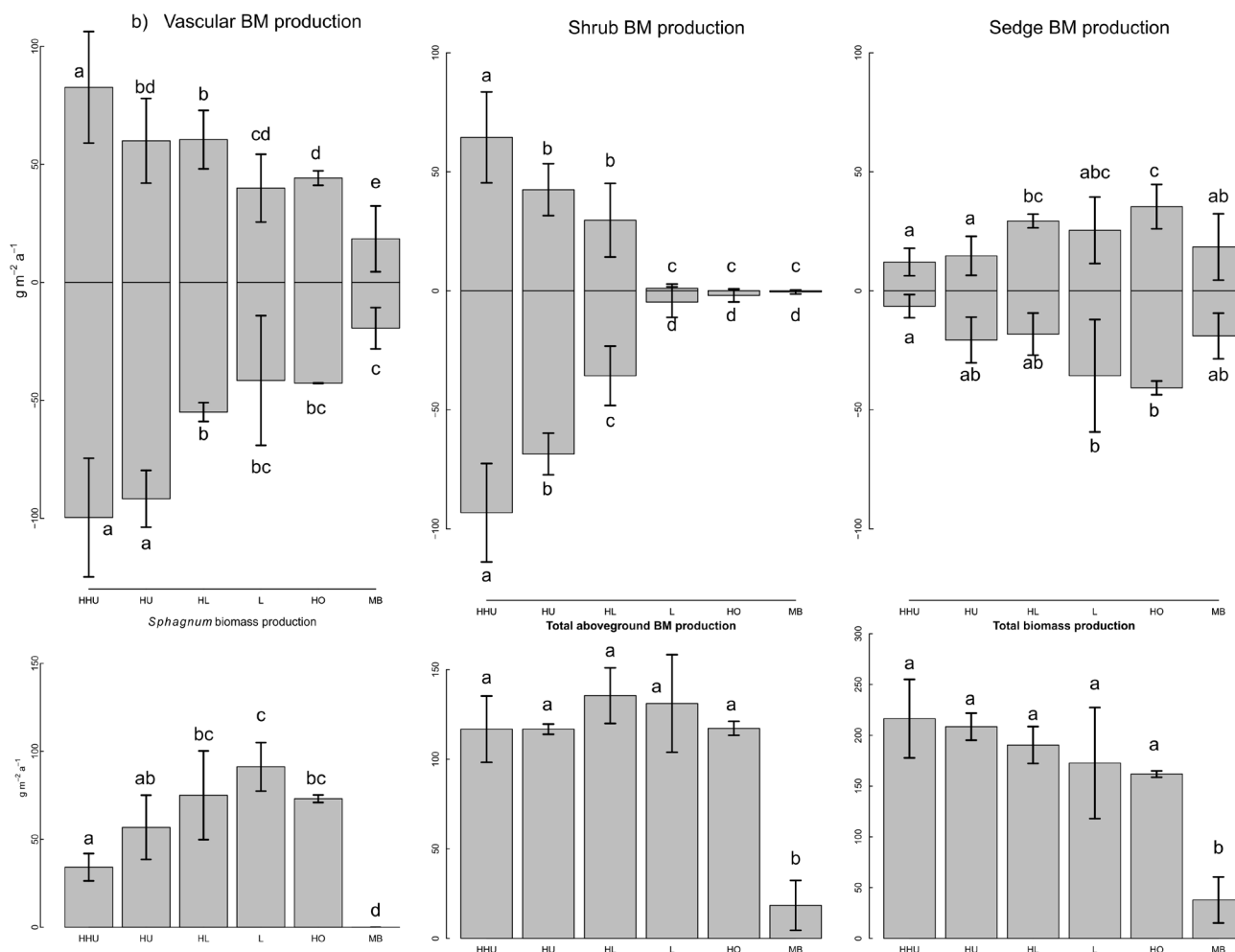


Fig. a) Standing biomass and b) biomass production of species groups and above- and belowground compartment at six vegetation communities along the WT gradient. Letters above bars mark homogenous subsets according to the linear mixed-effects models.



Clymo, R.S. (1970) The growth of *Sphagnum*: methods of measurement. *J Ecol* **58**: 13-49.

Laine, A.M., Bubier, J., Riutta, T., Nilsson, M.B., Moore, T.R., Vasander, H., and Tuittila, E.-S. (2012) Abundance and composition of plant biomass as potential controls for mire net ecosystem CO₂ exchange. *Botany* **90** (1): 63-74. doi:10.1139/b11-068.

Moore, T.R., Bubier, J.L., Frohling, S.E., Lafleur, P.M., and Roulet, N.T. 2002. Plant biomass and production and CO₂ exchange in an ombrotrophic bog. *J Ecol* **90** (1): 25-36. doi:10.1046/j.0022-0477.2001.00633.x.

Murphy, M.T., McKinley, A., and Moore, T.R. (2009) Variations in above- and below-ground vascular plant biomass and water table on a temperate ombrotrophic peatland. *Botany* **87** (9): 845-853. doi:10.1139/B09-052.

Vasander, H. (1982) Plant biomass and production in virgin, drained and fertilized sites in a raised bog in southern Finland. *Ann Bot Fennici* **19**:103-125.

ДИНАМИКА И СКОРОСТЬ РОСТА СФАГНОВЫХ МХОВ

DYNAMICS AND INCREASE RATE OF *SPHAGNUM* SPECIES

Н.П. Косых*, Н.Г. Коронатова, В.А. Степанова

N.P. Kosykh*, N.G. Koronatova, V.A. Stepanova

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

Institute of Soil Science and Agrochemisrty SB RAS, Novosibirsk

*npkosykh@mail.ru

Сфагновые мхи, являются основными продуцентами болотных экосистем, и выявление динамика и скорости их роста в зависимости от факторов среды является актуальной задачей исследований в связи с их большой ролью в образовании биологической продукции. Несмотря на огромную территорию болот в Западной Сибири, имеется очень мало данных о линейном приросте сфагновых мхов этого региона и особенностей динамики и скорости роста в течение сезона. Цель работы заключается в выявлении хода роста сфагновых мхов и оценки скорости линейного прироста в течение вегетационного сезона наиболее широко распространенных видов сфагновых мхов Западной Сибири. Ключевые участки заложены по широтному градиенту в репрезентативных типах болот территории Западной Сибири. Приросты мхов определяли на повышенных элементах микрорельефа верховых болот, к которым относятся рямы, гряды, бугры и в обводненных мочажинах. Растительность рямов и гряд представлена сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами с доминированием *S. fuscum* в моховом ярусе. Основу растительности бугров составляет кустарничково-сфагново-лишайниковые сообщества с доминированием лишайников и многолетних вечнозеленых кустарников, в приземном слое до 10% ПП приходится на мхи. В мочажинах развиты осоково-сфагновые сообщества с участием *Carex limosa*, *Scheuchzeria palustre*, *Eriophorum russeolum* в травяном ярусе и господством *Sphagnum balticum* моховом покрове. В местах стока болотных вод встречаются небольшие участки открытые осоково-сфагновые мезотрофные топи. Моховой покров этого сообщества очень разнообразен и представлен олиготрофными и мезотрофными высокопродуктивными сфагновыми видами *Sphagnum fallax*, *S. riparium*, из трав встречается *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Carex lasiocarpa*, *Eriophorum vaginatum*. На каждом

ключевом участке в типичных растительных сообществах устанавливались метки в начале сезона, в конце вегетационного сезона измерялся линейный прирост. Измерения проводились в течение последних трех лет. Для мхов, растущих на грядках, применялся метод «ёршиков» (Clymo, 1970; Bengtsson et al., 2016). Рост мочажинных мхов сильно зависит от уровня болотной воды, и часто имеет наклонный рост при высоком его стоянии, поэтому для мочажинных мхов применялся метод «индивидуальных» меток (Kosykh et al., 2008). Для выявления динамики линейного прироста мхов в зоне лесостепи прирост отмечался 5 раз в течение вегетационного сезона. Скорость определялась как отношение линейного прироста (мм) к количеству дней, и выражается в мм/день.

Как показали исследования, скорость прироста зависит от вида сфагнового мха. Минимальный прирост отмечен на повышенных элементах рельефа на грядках, рямах и буграх мха *S. fuscum*, средняя скорость его меняется от 0,01 до 0,26, уменьшаясь с продвижением на север, в зоне лесотундры отмечен минимальный прирост. Динамика скорости роста *S. fuscum*, прослеженная в течение 3 лет в лесостепи, показала изменение скорости прироста от 0,04 мм/день в период покоя до 0,32 мм/день в период максимального роста весной. В горах Чехии, скорость роста мха *S. fuscum* изменялась от 0,02 до 0,1 мм/день (Hajek, 2009). Схожие значения были получены для *S. fuscum* на болотах Канады - до 0,2 мм в день (Asada et al., 2003).

Мочажинные мхи растут сильнее, линейный прирост их в 2-3 раза выше. В среднем величина скорости линейного прироста для *S. balticum* отмечена в пределах 0,23 мм/день. В течение сезона она сильно отклоняется от средней величины. Бывают периоды с максимальным приростом. В периоды максимального роста скорость достигает значительной величины 0,4 – 0,5 мм в день, в период покоя скорость снижается до 0,1 - 0,18 мм в день, осенью скорость роста

становиться минимальной, опускаясь до 0,01 мм в день. В условиях олиготрофных мочажин средней тайги отмечены 2 пика роста весной и летом.

Мхи, обитающие в мезотрофных топях (*S. riparium*, *S. fallax*), имеют высокие темпы роста. Для этих видов отмечены максимальные скорости роста, скорость их колеблется от 0,4 до 1,0 мм/день, причем не зависит от зоны или ключевого участка. Hájek (2009) приводит данные колебания скорости прироста мочажинных мхов в течение сезона, когда весной рост мха идет с максимальной скоростью до 0,6 мм в день, а в период покоя осенью рост снижается до 0,25 мм в день.

Таким образом, средняя скорость линейного прироста мхов в течение сезона меняется от 0.02 до 1,0 мм/день в зависимости от вида и периода наблюдения. Минимальная скорость прироста отмечена у сфагнового мха *S. fuscum*. Средняя скорость прироста отмечена у мочажинных мхов, растущих в олиготрофных условиях. Максимальная скорость характерна для мхов, растущих в мезотрофных топях. В динамике роста отмечены периоды покоя и максимального роста.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-05-00775

Asada Taro, Warner Barry G., Banner Allen. Growth of mosses in relation to climate factors in a hypermaritime coastal peatland in British Columbia, Canada // *The Bryologist*. 2003. V. 106 (4). P. 516-527.

Bengtsson F., Granath G., Rydin H. Photosynthesis, growth, and decay traits in *Sphagnum* – a multispecies comparison // *Ecology and Evolution*. 2016. doi: 10.1002/ece3.2119

HájekTomáš. Habitat and species controls on *Sphagnum* production and decomposition in a mountain raised bog // *Boreal EnvironmenthResearch*. 2009. V. 14. P. 947-958.

Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Peregon A.M., and E.K. Parshina. Net primary production in peatlands of middle taiga region in western Siberia // *Russian Journal of Ecology*, 2008.

SPHAGNUM FARMING IN GERMANY: HOW TO MAXIMIZE PEATMOSS PRODUCTIVITY

Matthias Krebs, Greta Gaudig

Institute of Botany and Landscape Ecology, Ernst Moritz Arndt University of Greifswald,
partner in the Greifswald Mire Centre, Soldmannstr. 15, D-17487 Greifswald, Germany

Most promising areas for *Sphagnum* farming in Germany are degraded bogs in the northwest (Lower Saxony), like cut-over bogs or bog grasslands to produce *Sphagnum* biomass for growing media. Since 2004 we investigate in greenhouse and field experiments which site conditions stimulate *Sphagnum* growth and how they can be transferred to large-scale application.

All experiments show the high and stable water table as the decisive factor for good *Sphagnum* growth, whereas fertilization is not necessary under nutrient rich conditions like in Lower Saxony. Thus, an automatic water management for *Sphagnum* farming sites is indispensable: irrigation during summer and discharge of surplus water to prevent flooding in particular during

winter. As vascular plants may impede the growth of the peatmosses and may impair the quality of the raw material for horticultural substrates, their cover could be kept low by regular mowing. In addition to the site conditions *Sphagnum* growth can be accelerated by a rapid establishment of the peatmoss lawn. It depends on sufficient cover density and the size of initially peatmoss fragments when installing the culture.

These preconditions at a field experiment on former bog grassland enabled the establishment of a thick, dense and productive peatmoss lawn 1.5 years after field preparation with annual *Sphagnum* growth rates up to 8.7 t dry mass per hectare.

THE EFFECT OF WINTER CONDITIONS ON THE NUTRIENT STATUS (N, P, K) OF THREE *SPHAGNUM* SPECIES

Martin Küttim¹, Liisa Küttim¹, Anna M. Laine-Petäjäkangas², Mati Ilomets¹

¹ Institute of Ecology, Tallinn University, Tallinn, Estonia, kyttim@tlu.ee

² Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Helsinki, Finland



Fig. 1. Schematic map of sampling sites in Estonia and Finland: Männikjärve (M), Pääsküla (P) and Kiiminki (K) raised bogs.

Boreal raised bogs are acidic and poor in nutrient contents, and can mostly be found from regions where plants have to cope with freezing temperatures and variable snowpack depths during the winter. Only limited amount of species can inhabit northern bogs, the most visibly *Sphagnum* mosses. Winter conditions, however, can have an effect on the ecology, growth and physiological properties of *Sphagnum*, including nutrient concentrations and their stoichiometry that in turn can impact the *Sphagnum* performance throughout the growing season. Thus, we tested (1) how do winter conditions affect the concentration of macronutrients (N, P, K) in *Sphagnum* capitulum, and (2) does it vary between species and habitats with different prevailing climatological conditions? For that, we harvested the samples of three *Sphagnum* species (*S. angustifolium*, *S. fuscum*, *S. magellanicum*) from

the permanent plots (n=60) at three sites in Estonia and Finland (Fig. 1). The samples were collected firstly just before the first snowfall in November 2014, and in April 2015 when snow coverage was less than half. N, P and K concentrations were analysed from the 1 cm top segment (capitulum) of all species.

Nutrient status of analysed species is presented in Fig. 2. Our preliminary results indicate that all analysed nutrients differed significantly among the seasons, species and sites ($p < 0.05$), except N that did not vary among the sites. Despite the earlier opinion that P is the most stable element in *Sphagnum*, our results show the minor overall decrease of N (4.6%), whereas P and K content declined in average considerably more (26.0% and 14.9%, respectively) during the winter. Concentrations of tested nutrients were highly correlated ($\rho > 0.5$; $p < 0.001$) with each other, indicating the importance of N:P:K stoichiometry. The shift towards the P-limitation causes therefore probably stoichiometric imbalance that is likely to retard the plant performance during the spring and possibly afterwards as well. If the mosses are not able to transport enough nutrients to capitula from lower segments or take up from the atmosphere, the deficit of macronutrients can reflect also in primary production.

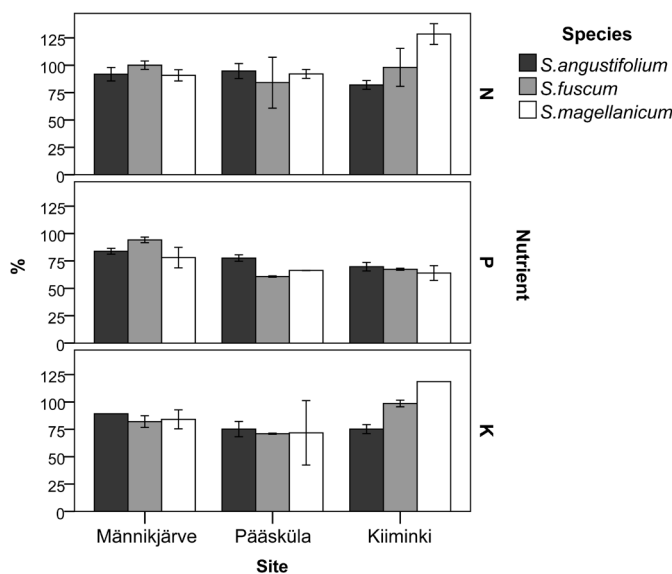


Fig. 2. Percentage (%) of remaining amount of nutrients (N, P, K) after the winter compared to the autumn amount.

RARE *SPHAGNUM* SPECIES OF WEST SIBERIA

РЕДКИЕ ВИДЫ СФАГНОВЫХ МХОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

E.D. Lapshina

Е.Д. Лапшина

Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

e_lapshina@ugrasu.ru

The natural conditions over most of the West Siberian Plain (moderately continental climate, excess of precipitation over evaporation, flat relief) are responsible for the abundance of peat mires and paludified wet forests, where the ground vegetation is dominated by *Sphagnum* mosses. These mosses are also widespread in various habitats of the forest-tundra and tundra zones. However, biodiversity of *Sphagnum* mosses of this vast territory still remain poorly studied.

The present paper provides preliminary results of the study of biodiversity and distribution of *Sphagnum* mosses in West Siberia. They are based on the field studies conducted from 1975 to 2015 and the moss specimens collected by the author (over 1500 specimens), and earlier publications summarizing all the available data by date (Lapshina & Muldiyarov, 1998; Lapshina & Pisarenko, 2013; Pisarenko et al., 2016, in press).

A total of 41 of *Sphagnum* moss species from West Siberia are known. Twenty five of them are widespread within the whole plain or and display a maximum frequency of occurrence in one or another bioclimatic zone. Based on today's knowledge of West Siberian moss flora, 12 species have been identified as rare species, of which 5 species (*Sphagnum cuspidatum*, *S. contortum*, *S. platyphyllum*, *S. perfoliatum* and *S. rubellum*) occur sporadically, but are fairly abundant and consist of a limited number of habitats, and 7 species (*S. annulatum*, *S. palustre*, *S. subfulvum*, *S. tenellum*, *S. steerei*, *S. beringiense*, *S. miyabeaenum*) are represented by scarce specimens collected at one to several localities. Ecology and location of West Siberian rare species are described briefly below.

S. cuspidatum Ehrh. ex Hoffm. This species is common for wet hollows of raised bogs in Europe but in West Siberia with its continental climate gets rare in spite of wide spread of suitable habitats. It is met sporadically and is fairly abundant, mostly in the south of the forest zone (in the small-leaved forest zone and in the south and middle taiga). It has not been found to the north of 63°N (Lapshina & Pisarenko, 2013; Pisarenko et al., 2016,

in press). It grows on the waterlogged *Sphagnum* fens, hollows, and mostly along the shores and in the water of secondary pools of raised bogs. Numerous references to this species as a dominant of plant communities on West Siberian mires (Liss & Berezina, 1971; Liss et al. 2001 et al.) have been incorrect.

S. contortum Schultz. It grows in sedge-moss poor fens, mesotrophic transitional bogs and herbs-sedge-dwarf shrub- (*Betula nana*) moss fens. It is rare and fairly abundant throughout the entire boreal forest zone (6 habitats in the small-leaved forest zone and in the south taiga and 5 habitats in the middle taiga are known). Its frequency of occurrence increases slightly northwards in the forest-tundra and south-tundra (Czernyadjeva, 2001; Pisarenko et al., 2016, in press), which is probably connected with the overlap of its distribution area with the habitat of *Sphagnum beringiense*, another rare species.

S. platyphyllum (Lindb. ex Braithw.) Warnst. It grows as thinned populations or single plants in the waterlogged sedge and sedge-moss communities of poor fens. It was once found on the sandy soil in a sedge-willow thicket on the small river bank. It occurs sporadically, mainly in the south of the forest zone, where it was once described as a co-dominant of the moss cover in the mesotrophic *Calamagrostis*-sedge-*Sphagnum* community. It should be noted that scarce finds from the forest-tundra and even the south-tundra have been also reported (Czernyadjeva, 2001; Pisarenko et al., 2016, in press).

S. perfoliatum L.I. Savicz. It grows in large hollows and waterlogged lawns poorly supplied with mineral nutrients as a part of flat palsa mire complexes in sedge communities with hypnum mosses (*Warnstorfia exannulata*) and liverworts. It is encountered sporadically solely in the narrow forest-tundra and south-tundra area between 66° and 68° N, where about 10 new localities have been revealed in addition to the finds known before (Czernyadjeva, 2001). This species does not practically spread to the forest zone.

S. rubellum Wilson. This species seems to be extremely rare in boreal forest zone of West Siberia, but it spreads over a large distance in the tundra zone (Czernyadjeva, 2001). It grows on the low hummocks and ridges of oligotrophic and mesooligotrophic mires, in bogged *Betula nana* communities, in the dwarf shrub-moss tundra and on flat-polygonal tundra-bog complexes. It is referred to the list of species for the north of the boreal forest zone: Khanty-Mansiysk Autonomous District (KhMAD), Nefteyugansk District, upper Bolshoy Salym basin (60°02'–60°22'N, 70°52'–70°59'E), collected by L.F. Shepeleva, and identified by Yu. Mamontov (Shepeleva et al., 2008); in Nature Reserve Park “Sibirskie Uvaly” in the northeastern part of KhMAO (Kuzmina & Kukurichkin, 2012; identified by L.E. Kurbatova); Muryangun River basin in the upper Tromyegan river (62°45'–62°50'N, 72°12'–72°30'E) (Kuzmina & Koroleva, 2001). Numerous references in the literature to scarce finds of this species from the southeastern and central part of West Siberian forest zone (Lapshina & Muldiyarov, 1998; Lapshina & Pisarenko, 2013) seem to be incorrect. All available herbarium samples were re-identified as *Sphagnum fuscum* or *S. russowii*. The specimen collections of this species should be completely revised to determine its actual distribution in West Siberia.

Four species, *Sphagnum annulatum*, *S. palustre*, *S. subfulvum* and *S. tenellum*, are represented by single samples at the forest zone of West Siberia.

S. annulatum H. Lindb. ex Warnst. It is a typical poor fen species, which is seldom reported. There is only one locality known in the southeastern part of West Siberian forest zone, where it was encountered at a small mesooligotrophic basin mire and sampled twice from a poor sedge (*Carex lasiocarpa*)-*Sphagnum* fen and from a hollow in a pine-dwarf shrub-sedge fen: Tomsk Province, Asino District, near Minaevka settlement (57°25'N – 85°48' E), sampled by E.Ya. Muldiyarov and E.D. Lapshina, identified by A.I. Maksimov.

S. palustre L. This forest-bog species is scarce in West Siberia. It was first revealed twice: in Tomsk Province, Teguldet District, near Kuyan Gar settlement in the southeast of the forest zone in a sedge-herb-*Betula nana* fen at the head of the creek on “Ulukh-Chayakh” mire system, (57°20'N – 88°19' E) and in a low birch-sedge (*Carex lasiocarpa*) community on “1st Elovochnoe” poor fen, Tomsk Province, near 86th Planning quarter settlement (56°23' N – 84°33' E). After that, the species has been reported from the middle taiga: KhMAD, Nizhnevartovsk District, foot of the Agan high land, in a

wooded swamp (61°N – 76°E) and on the flood plain of the Ob River, near Nizhnevartovsk (61°07'N. – 74°59'E). All the samples were collected and identified by E.Ya. Muldiyarov.

In the past several years two new species have been revealed in the forest zone of West Siberia and listed to the Red Data Book of the Khanty-Mansiysk Autonomous District – Yugra (Vasin, Vasina, 2013).

S. subfulvum Sjors. There are two localities of this rare species in the middle taiga of West Siberia: KhMAD, Sovetsky District, Nature Reserve Park “Kondinskie Ozera”, Polosatoye mire (60°57'N – 63°45'E), an aapa complex, on low ridges and hummock slopes (Yurkovskaya & Maksimov, 2007). In 2010, the species was found 700 km to the east: Surgut District, around Surgut City, cottongrass-sedge-*Sphagnum* mire, sampled by G.M. Kukurichkin and identified by Yu.S. Mamontov.

S. tenellum (Brid.) Pers. ex Brid. This rare species with well-defined oceanic distribution occurs in the central West Siberia as an isolated population located thousands of kilometers away from the main portion of the distribution area (Lapshina & Maksimov, 2014). It has been encountered in a pool-ridge-hollow complex on a raised oligotrophic mire, where it was sampled at three sites: KhMAD, Sovetsky District, Nature Reserve Park “Kondinskie Ozera” (60°51'N – 63°31' E).

The critical revision of the species of the *Sphagnum imbricatum* complex and the Subsecunda section, conducted by A.I. Maksimov under the Project “Mosses of Russia” (2004-2015), has revealed three new rare species *Sphagnum steerei*, *S. beringiense* and *S. miyabeaenum* in the Arctic West Siberia (Maksimov, 2007; Maksimov, 2015).

S. steerei R.E. Andrus (= *S. imbricatum* ssp. *austinii* var. *arcticum* Flatberg). Three samples, collected in different years by N.Ya. & S.V. Katz and I.V. Chernyadjeva from the southern Yamal Peninsula and Gydan Peninsula and stored in LE, were identified as this species (Maksimov, 2007). According to the occurrence of *S. imbricatum* s.l. in Yamal Peninsula documented earlier (Czernyadjeva, 2001) *S. steerei* seems to occur sporadically over the most of West Siberia's tundra zone.

S. beringiense A.J. Shaw, R.E. Andrus & B. Shaw. It is a new species described recently from North America (Shaw et. al., 2008). It was revealed in West Siberia's tundra zone (Yamal Peninsula), where it seems to replace *S. contortum* (Maksimov, 2015). Further study is expected to show its probable wider occurrence in northern West Siberia.

S. miyabeanum Warnst. It is an Asian-North American species similar to *S. subsecundum* and re-identified recently as an independent species (Shaw et al., 2014). It occurs in Asian part of Russia, e.g. at Yamal Peninsula, where it was found once (Shaw et al., 2014, 2015). Further studies are needed to more accurately determine the distribution of the species in Siberia.

Incorrect references

Earlier references to the rare *Sphagnum* moss species *Sphagnum subnitens* and *S. quinquefarium* from the southeastern part of West Siberian forest zone (Lapshina & Muldiyarov, 1998) are incorrect. The sample

of *Sphagnum subnitens* (Novosibirsk Province, the southern margin of “Bolshoe Vasyuganskoye” mire, in the upper Icha River, a forested pine raised bog) was re-identified as *Sphagnum capillifolium*. The sample of *S. quinquefarium* (Tomsk Province, middle Chulym River basin, paludified forest) was re-identified as poorly-developed *Sphagnum warnstorffii*.

References to *S. imbricatum* and *S. pulchrum* from West Siberia seem to be incorrect either. Both species are known to occur in the region only from the literature (Glebov, 1969; Dyachenko, 2006) and are not supported by herbarium specimens.

Глебов Ф.З. 1969. [Glebov, F.Z.] Болота и заболоченные леса лесной зоны левобережья Енисея [Mires and paludified forests of the forest zone of the left bank Yenisey region]. Новосибирск, Наука: 1-132.

Дьяченко А.П. 2006. [Dyachenko, A.P.] Отчет по хоздоговору № 61 «Изучение видового состава мохообразных на территории парка «Сибирские Увалы» [Report № 61 «Study of bryophytes species composition on the territory of the Nature Reserve «Sibirskie Uvaly»]. Екатеринбург: 1-72 (рукопись).

Кузьмина Е.Ю., Королева Т.М. 2001. [Kuzmina E.Yu., Koroleva T.M.] Листостебельные мхи грядово-мочажинно-озерковых болот в верхьях р. Тромъеган (Западная Сибирь) [Mosses of ridge-hollow-pool mires in upper Tromyegan River]. // *Новости систематики низших растений*. 35: 239-247.

Кузьмина Е.Ю., Кукуричкин Г.М. 2012. [Kuzmina E.Yu., Kukurichkin G.M.] К флоре мхов природного парка «Сибирские Увалы» (Западная Сибирь) [On the moss flora of Sibirskie Uvaly Nature Park (West Siberia)]. // *Новости систематики низших растений*. 46: 245-255.

Васин А.М., Васина А.Л. (ред.). 2013. [Vasin, A.M., Vasina, A.L. (eds.)] Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные растения, грибы [The Red Book of Khanty-Mansiysk Autonomous District – Yugra: animals, plants, mushrooms]. Екатеринбург. Изд. 2-е: 1-460.

Лапшина Е.Д., Писаренко О.Ю. [Lapshina, E.D., Pisarenko O.Yu.] 2013. Бриофлора Ханты-Мансийского автономного округа (Западная Сибирь) [Moss flora of Khanty-Mansiysk Autonomous District (West Siberia)]. – *Turczaninowia*. 16(2): 62–80.

Лисс О.Л., Березина Н.А. 1981. [Liss, O.L., Berezina, N.A.] Болота Западной Сибири [Mires of West Siberia]. М., Moscow Univ.: 1-204.

Лисс О.Л., Аврамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слука З.А., Толпышева Е.Ю., Федчинкова Н.К. 2001 [Liss, O.L., Abramova, L.I., Avetov, N.A., Berezina, N.A., Inisheva, L.I., Kurnishkova, T.V., Sluka, Z.A., Tolpysheva, T.Y., Fedchinkova, N.K.] Болотные экосистемы Западной Сибири и их природоохранное значение [Mire ecosystems of West Siberia and their environmental importance]. Tula: Grif I Ko: 1-584.

Максимов А.И. [Maksimov, A.I.] 2015. Обзор видов *Sphagnum* секции Subsecunda (Sphagnaceae, Bryophyta) азиатской части России [Review of species of *Sphagnum* section Subsecunda (Sphagnaceae, Bryophyta) of the Asian part of Russia]. – Материалы Международной бриологической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Анастасии Лаврентьевны Абрамовой (Санкт-Петербург, 12–16 октября 2015 г.). СПб.: 105-108.

Писаренко О.Ю., Лапшина Е.Д., Безгодов А.Г. (2016). [Pisarenko, O.Yu., Lapshina, E.D. Bezgodov, A.G.] К бриофлоре Ямало-Ненецкого автономного округа [On the bryoflora of Yamal-Nenets Autonomous District]. // *Turczaninowia* (in press).

Шепелева Л.Ф., Обухова Ю.Н., Самойленко З.А., Волегова Е.А. 2008. [Shepeleva L.F., Obukhova Yu.N., Samoilenko Z.A., Volegova E.A.] Болотная растительность бассейна реки Большой Салым [Mire vegetation of the river basin Bolshoy Salym]. // Сб. научн. трудов биол. фак-та. Сургут: Изд-во СурГУ. 4: 45-58.

Czernyadjeva, I.V. 2001. Moss flora of Yamal Peninsula (West Siberian Arctic). // *Arctoa*. 10: 121-150.

Lapshina, E. D., Maksimov, A.I. *Sphagnum tenellum* (Sphagnaceae, Bryophyta) in West Siberia // *Arctoa* (2014) 23: 70-79. doi: 10.15298/arctoa.23.08.

Lapshina E.D., Muldiyarov E.Ya. 1998. The bryophyte flora of the middle Western Siberia. // *Arctoa*. 7: 25-32.

Maksimov A. 2007. *Sphagnum imbricatum* complex (Sphagnaceae, Bryophyta) in Russia. // *Arctoa*. 16: 25-34.

Yurkovskaya T.K., Maksimov A.I. 2007. [Юрковская Т.К., Максимов А.И.] *Sphagnum subfulvum* (Sphagnaceae, Bryophyta) в центре Западной Сибири [*Sphagnum subfulvum* (Sphagnaceae, Bryophyta) in the centre of West Siberia]. // *Бот. журн.* 94 (2): 292-296.

Shaw A. J., Andrus R.E., Shaw B. *Sphagnum beringiense* sp. nov. (Bryophyta) from Arctic Alaska, based on morphological and molecular data. // *Systematic Botany*. 33(3): 469-477.

Shaw A. J., Golinski G. K., Clark E. G., Shaw B., Stenøien H. K., Flatberg K. I. 2014. Intercontinental genetic structure in the amphipacific peatmoss *Sphagnum miyabeanum* (Bryophyta: Sphagnaceae) // *Biological Journal of the Linnean Society*. 111: 17-37

Shaw A.J., Shaw B., Stenøien H.K., Golinski G.K., Hassel K., Flatberg K.I. 2015. Pleistocene survival, regional genetic structure and interspecific gen flow among three northern peat-mosses: *Sphagnum inexpectatus*, *S. orientale* and *S. miyabeanum*. // *J. Biogeogr.* 42: 364-376.

ОБЗОР ВИДОВ *SPHAGNUM* (SPHAGNACEAE, BRYOPHYTA)
 АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ. I. ПОДРОД *SUBSECUNDA*
 REVIEW OF *SPHAGNUM* SPECIES (SPHAGNACEAE, BRYOPHYTA)
 FROM ASIAN RUSSIA. I. SUBGENUS *SUBSECUNDA*

А.И. Максимов

A.I. Maksimov

Институт биологии Карельского НЦ РАН, 185910, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
 Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya 11,
 Petrozavodsk, 185910 Russia
 maksimov_tolya@mail.ru

L.I. Savich-Lyubitskaya (1951) has studied and generalized extensive data on the *Sphagnum* mosses of Russia. She described two earlier unknown species of *Sphagnum* in the section *Subsecunda*: *S. orientale* L.I. Savicz and *S. perfoliatum* L.I. Savicz from Siberia. They occur in Asian Russia and North America, and *S. orientale* has recently been reported from China (Shaw et al., 2014; 2015). Shaw et al. (2010) proposed to raise the rank of the section *Subsecunda* to a subspecies, based on genetic analysis. In the past decade, two more new species of this subgenus from North America, namely *S. inexpectatum* Flatberg (Flatberg, 2005) and *S. beringiense* A. J. Shaw, R. E. Andrus & B. Shaw (Shaw et al., 2008), have been described and *S. miyabeianum* Warnst. has been re-confirmed as a species (Shaw et al., 2014). They also occur in Asian Russia (Flatberg, 2005; Ignatov, Afonina, Ignatova et al., 2006; Chernyadyeva et al., 2009; Fedosov et al., 2011, 2012; Chernyadyeva, 2012; Shaw et al., 2014, 2015).

Large collections of *Sphagnum* mosses of the subgenus *Subsecunda*, sampled by the author in Yakutia (River Indigirka), by V.E. Fedosov on Taimyr (Anabar Plateau) and on Bering Island (Komandor Islands Archipelago) and on Kamchatka Peninsula (collected by I.V. Chernyadyeva and V.Yu. Neshataeva, BIN RAS), were studied under the project “Mosses of Russia” (2004-2015).

Twenty-seven species of *Sphagnum* were found on Anabar Plateau (Fedosov et al., 2011). One of them, *Sphagnum beringiense*, has never been reported from Russia before, but was known only from Alaska (Shaw et al., 2008). *S. perfoliatum* is new to the Krasnoyarsk Region. *S. inexpectatum*, found for the first time on Kamchatka Peninsula (Chernyadyeva et al., 2009), was known earlier only from Chukotka (Flatberg, 2005). Twenty-three species of *Sphagnum* were found on Bering Island; 18 of them, including *S. inexpectatum*, were

listed for the Komandor Islands Archipelago for the first time (Fedosov et al., 2012).

Sphagnum orientale from the *Sphagnum* moss collections was hard to identify in accordance with the identification keys for the species of the subgenus *Subsecunda* (Savich-Lyubitskaya, 1952; Abramova et al., 1961; Savich-Lyubitskaya & Smirnova, 1968), it is noted that hyaline cells with large pores along the commissures and often with small pores in the centre of the cell were present **on both** surfaces of the stem leaf of *S. orientale*. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have tiny, “poorly visible holes in finely ringed membranous-perforated pores”. Consequently, plants that have very small membranous-perforated pores on the commissures, often with 2-3 holes inside the ring on the convex surface of branch leaves and stem hyalodermis 1–2-layered, should be identified as *S. orientale*, as we did. However, it was doubtful that the samples were identified correctly. The plants we studied had some, dominantly small, ringed angular pores on the external surface of the stem leaves, and there was no third row of pores along the centre of the hyaline cells on the convex surface of the stem and branch leaves, which is not quite consistent with the description of the species (Savich-Lyubitskaya, 1951: 206, 1952: 144). Our data show that *Sphagnum orientale* occasionally has some ringed pores on the free surface of the hyaline cells in both stem and branch leaves, but they do not form rows. The study of a type sample of *S. orientale* (LE) has corroborated our observation. To identify this species, we used the following combination of features: the plants are not glossy, the stem hyalodermis is single-layered, but in some parts of the stem it is double-layered; the stem leaves are 0.7-0.9 mm in size, on the convex surface they have some small ringed pores in the corners of the cells and less commonly on the commissures; on the concave surface in the upper 1/3-1/2 portion of the leaf hyaline cells have 12-20 fairly large pores (in comparison with the

size on the external surface) located on the commissures; on the convex surface of branch leaf hyaline cells have tiny holes in the finely ringed membranous-perforated pores that form continuous rows on the commissures. In our opinion, *S. orientale* should be re-described. It should also be taken into account that the stem hyalodermis of *S. orientale* and *S. perfoliatum* in some portions of the stem is sometimes double-layered, particularly in the latter species. As this feature is often disregarded by researchers, the species was identified incorrectly.

Herbarium collections of *S. contortum* and *S. platyphyllum* from Asian Russia in the herbaria LE, MHA, MW, PTZ were revised to look for new localities of *S. beringiense* and *S. inexpectatum*. A hundred samples, defined earlier as *S. contortum* and *S. platyphyllum*, were studied. To revise samples of *S. platyphyllum* from the Arctic regions of Eastern Siberia and the Far East, the species were re-identified as *S. beringiense*, and samples of *S. contortum* were mainly re-identified as *S. beringiense*, partly as *S. perfoliatum* and occasionally as *S. orientale*. Samples of *S. contortum* from areas with an oceanic and sub-oceanic climate were mainly re-identified as *S. inexpectatum*. Preliminary data suggest that *S. contortum* does not occur in the Arctic and probably in the Subarctic, Eastern Siberia and the Far East. Therefore, the distribution of *S. contortum* in Siberia and the Far East should be revised.

Sphagnum beringiense has been reported from Yamal Peninsula, Chukotka, Wrangel Island, Yakutia and the Far East (Fig. 1). *S. inexpectatum* occurs in Chukotka, Kamchatka and the Komandor (Bering Island) and Kurile (Iturup Island) Islands (Fig. 2). *Sphagnum platyphyllum* was also reported from many regions of Asian Russia (Ignatov, Afonina, Ignatova et al., 2006). We confirm its occurrence in Kamchatka Peninsula, Iturup Island, Sahalin Island, Buryatia and Yakutia, but its distribution area should be studied in more detail.

In conclusion, it should be noted that our study in Asian Russia has revealed 8 *Sphagnum* species of the section *Subsecunda*: *S. beringiense*, *S. contortum*, *S. inexpectatum*, *S. miyabeanum*, *S. orientale*, *S. perfoliatum*, *S. platyphyllum*, *S. subsecundum* s.str. The occurrence of *S. auriculatum* Schimp. and *S. inundatum* Russow in Far Eastern Russia is doubtful (Cherdantseva, 1976; Abramova & Abramov, 1977; Ignatov, Afonina, Ignatova et al., 2006; Bakalin, Pisarenko, Cherdantseva et al., 2012; Chernyadyeva, 2012) and should be checked. *S. miyabeanum* was reported from Russia for the first time (A. J. Shaw et al., 2014, 2015). We have studied a sample of this species from Yamal, referred to in the above publication, and several samples from Kamchatka, Bering Island and Iturup Island (Fig. 3).

Key for identification of *Sphagnum* species of the subgenus *Subsecunda* from Asian Russia

1. Stem hyalodermis is single- to double-layered 2
 - 1. Stem hyalodermis is 2–4-layered 6
 2. Stem hyalodermis is single-layered 3
 - 2. Stem hyalodermis is single- and locally double-layered 4
 3. The stem leaves, up to 0.5–0.8 mm long and 0.5 mm wide, have either no or a few fibres in the upper portion. The hyaline cells on the concave surface of the stem leaf have 3–6(8) large pores. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have fairly large rounded elliptical pores in the rows along the commissures; on the concave surface they have scarce angular ringed pores in the upper 2/3 portion of the leaf *S. subsecundum*
 - 3. The stem leaves are smaller, 0.5–0.6 mm long and 0.3 mm wide, and have no fibres in the upper portion. The hyaline cells on the concave surface of the stem leaf have 3–4(6) large pores. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have fairly large rounded ringed pores in the rows along the commissures; on the concave surface they have either no pores or scarce angular ringed pores in the upper 1/3 portion of the leaf. *S. miyabeanum*
 4. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have many small membranous-perforated pores in the rows on the commissures. The free surface of the hyaline cells in the upper half of the leaf is occupied by oval, slot-like and single thickly ringed rounded pores. The stem leaves are lingulate, triangular-lingulate, 0.9–1.2 mm long; the hyaline cells in the upper 1/2–2/3 portion of the leaf have rudiments of thick fibres, single septa and many pores in the rows along the commissures on both surfaces of the leaf and often on the free surface of the hyaline cell *S. perfoliatum*
 - 4. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have numerous pores in the rows on the commissures and usually no pores in the centre of the hyaline cells. The stem leaves are triangular-lingulate and smaller, with septa, fibres and pores located on the commissures, dominantly on the concave surface in the upper 1/4–1/3 portion of the leaf. The pores on the convex surface of stem leaf hyaline cells are not numerous, and are located mainly in the corners of the cells, less commonly on the commissures, or are completely absent. 5
5. The branch leaf hyaline cells on the convex

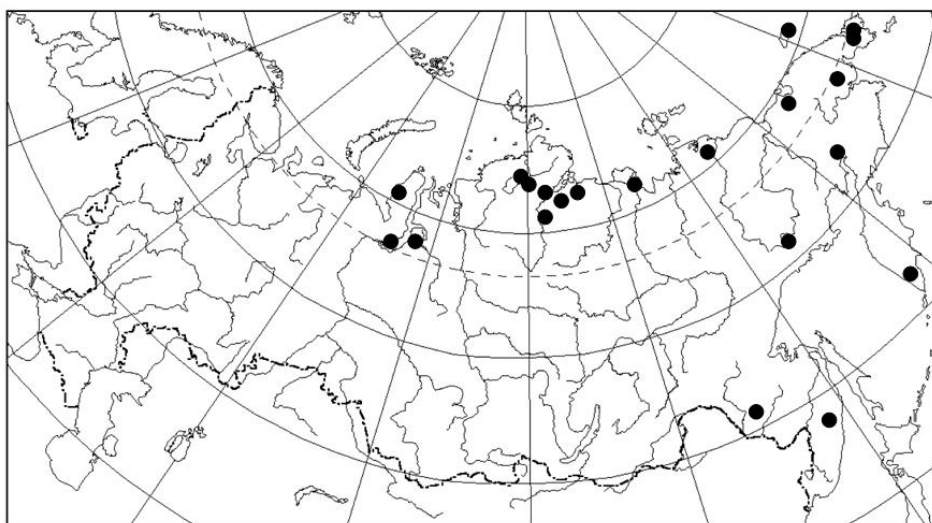


Fig.1. Distribution of *Sphagnum beringiense* in Russia

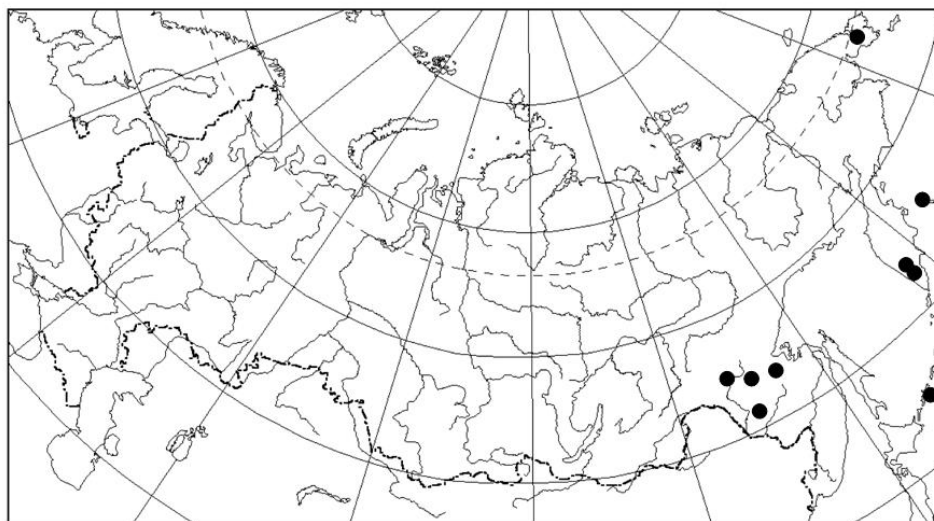


Fig.2. Distribution of *S. inexpectatum* in Russia

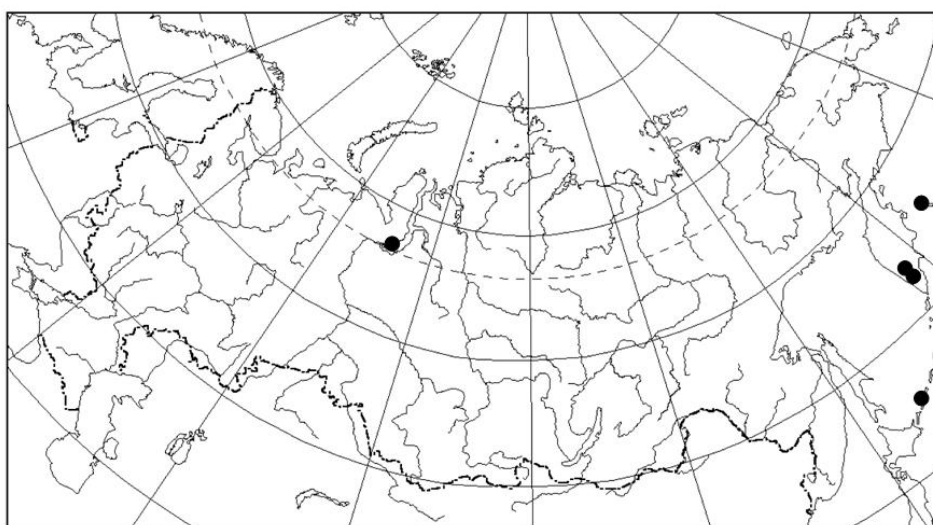


Fig.3. Distribution of *S. miyabeaunum* in Russia

surface have tiny holes in finely ringed membranous-perforated pores that make up continuous rows on the commissures. The stem leaves are 0.7-0.9 mm in size, with well-developed auricles. The hyaline cells on the concave surface in the upper 1/3–1/2 portion of the stem leaf have 12–20 small pores located on the commissures.....

.....*S. orientale*

–5. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have large ringed pores in the rows along the commissures. The stem leaves are about 0.8 mm long, with either no or scarce fibres in the upper portion. The hyaline cells on the concave surface of the stem leaf have 8–13 rounded, medium-sized commissural pores

.....*S. inexpectatum*

6. The stem hyalodermis is double-layered, locally single-layered. The stem leaves are either equal to or larger in shape and size than the branch leaves

.....*S. platyphyllum*

–6. The 2-4-layered stem hyalodermis is well-differentiated. The stem leaves are much smaller than the branch leaves.....7

7. The stem leaves are up to 0.7-1.0 mm in size, triangular-lingulate to lingulate; the hyaline cells on the convex surface in the upper portion of the leaf have few ringed angular pores and on the concave surface larger, numerous ringed pores in the corners of the cells and on the commissures. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have very small ringed pores in the discontinuous rows along the commissures and sporadic pores on the concave surface.....

.....*S. contortum*

–7. The stem leaves are larger, 0.8–1.1 mm in size, short- to elongate-lanceolate, triangular; the hyaline cells on both leaf surfaces have more or less numerous rounded finely ringed pores on the commissures and larger pores on the convex surface. The branch leaf hyaline cells on the convex surface have rounded ringed to finely ringed pores that form rows on the commissures; there are either no or scarce pores on the concave surface, but sometimes more numerous rounded pores are observed.....

.....*S. beringiense*

The study of A.I. Maksimov was conducted under state order (project № 0221-2014-0007 and partly 15-34-2010)

Abramova A. L., Savich-Lyubitskaya L. I. & Smirnova Z. N. 1961. Handbook of mosses from the Arctic USSR. *M.; L.*: 715 p.

Abramova A. L. & Abramov I. I. 1977. On the bryoflora of the Far East. // *Novosti syst. nizsh. rast.* 14: 212–219.

Bakalin V. A., Pisarenko O. Yu., Cherdantseva V. Ya. et al. 2012. Bryoflora of Sakhalin. *Vladivostok*: 310 p.

Savich-Lyubitskaya L. I. 1951. Two new *Sphagnum* species of the section Subsecunda Schlieph. from the USSR. // *Bot. mater. Otd. spor. rast. Bot. In-ta AN SSSR*

Savich-Lyubitskaya L. I. 1952. *Sphagnum* (peat) mosses. *M.; L.*: 254 p. (Spore plat flora of the USSR. V. 1.)

Savich-Lyubitskaya L. I. & Smirnova Z. N. 1968. Handbook of *Sphagnum* mosses of the USSR. *L.*: 112 p.

Cherdantseva V. Ya. 1976. Synopsis of the moss flora of South Sakhalin. // *Lower plants from the Far East. DVO, BPI*: 140-177.

Czernyadjeva I. V., Maksimov A. I., Zolotov V. I. 2009. New finds of mosses from the Kamchatka Region. // *Arctoa*. 18: 280–281.

Czernyadjeva I. V. 2012. Mosses from Kamchatka Peninsula. SPb.: 458 p.

Fedosov V. E., Ignatova E. A., Ignatov M. S., Maksimov A. I. 2011. Rare species and preliminary list of mosses of the Anabar plateau (Subarctic Siberia). // *Arctoa*. 20: 153-174.

Fedosov V. E., Ignatova E. A., Ignatov M. S., Maksimov A. I., Zolotov V. I. 2012. Moss flora of Bering Island (Commander Islands, North Pacific). // *Arctoa*. 21: 113-164.

Flatberg K. I. 2005. Taxonomy, geography and possible origin of *Sphagnum inexpectatum* (sect. *Subsecunda*) sp. nov. // *Lindbergia*. 30: 59–78.

Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. et al. 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. // *Arctoa*. 15: 1-130.

Shaw A. J., Andrus R. E., Shaw B. 2008. *Sphagnum beringiense* sp. nov. (Bryophyta) from Arctic Alaska, based on morphological and molecular data. // *Systematic Botany*. 33(3): 469-477.

Shaw, A. J., C.J. Cox, M.R. Buck, N. Devos, A.M. Buchanan, L. Cave, R. Seppelt, B. Shaw, J. Larrain, R. E. Andrus, J. Greilhuber & E.M. Tensch. 2010. Newly resolved relationships in an early land plant lineage: Bryophyta class Sphagnopsida (peat mosses). // *American Journal of Botany* 97(9): 1511–1531.

Shaw A. J., Golinski G. K., Clark E. G., Shaw B., Stenøien H. K., Flatberg K. I. 2014. Intercontinental genetic structure in the amphipacific peatmoss *Sphagnum miyabeanaum* (Bryophyta: Sphagnaceae) // *Biological Journal of the Linnean Society*. 111: 17-37

Shaw A. J., Shaw B., Stenøien H. K., Golinski G. K., Hassel K., Flatberg K. I. 2015. Pleistocene survival, regional genetic structure and interspecific gen flow among three northern peat-mosses: *Sphagnum inexpectatus*, *S. orientale* and *S. miyabeanaum*. // *J. Biogeogr.* 42: 364-376.

NATURAL GENESIS OF THE GEOTROPIC CURVATURES AND THEIR USE FOR GROWTH ESTIMATING IN *SPHAGNUM* MOSSES

V. L. Mironov

Institute of Biology Karelian Research Centre RAS

vict.mironoff@yandex.ru

Several methods have been designed for estimating length increment in *Sphagnum* mosses (Clymo, 1970), the most common ones being the tied thread and cranked wire methods. In practice however, these methods are unfortunately rather laborious on the one hand, and involve a number of artefactual phenomena, which may distort the results, on the other. Furthermore, the available methods cannot yield substantial amounts of material, as a great many artificial markers would have to be deployed.

The way to reduce labour-intensity, amplify sample size, and eliminate artefactual effects is to employ innate biological markers of *Sphagnum* mosses (Malmer, 1962; Мульдияров, Лапшина, 1983). In spite of the advantages they offer, innate markers have very limited applicability for determinations of length increment in *Sphagnum* mosses. One reason is the lack of obvious distinct innate markers on shoots. The other one, in our opinion, is the poor theoretical substantiation of the structures commonly occurring on shoots, which could be used as such markers. It is not before such markers get involved in practice that the increments and productivity of both *Sphagnum* mosses and mire ecosystems at large can be accurately estimated, not to mention the amount of effort the commonly used techniques require. Hence, the search for the innate markers that reflect length increment in *Sphagnum* mosses remains topical. We believe one such marker is geotropic curvatures of the stem, which are nearly ubiquitous in *Sphagnum* moss shoots.

Mosses of genus *Sphagnum* grow through the division of apical meristem cells and elongation of the daughter cells. The direction of shoot growth on even mire surfaces is orthotropic, with slight deviations under heterogeneous microtopographic conditions. Shoots within a mat are usually slanting. The physiological reason for the orthotropic growth of *Sphagna* is the explicit negative geotropism (Bismarck, 1959) typical of the growing parts of their shoots. When shoots begin to deviate from the vertical, compensatory mechanisms return them to the initial growth direction. As a result, characteristic geotropic curvatures appear on the stem. The widely naturally occurring curvatures of *Sphagnum* moss shoots are also of geotropic nature. We have, through

in situ observations, revealed the causative relationship between the regularly recurring natural events that build up the load on the *Sphagnum* mat and the formation of such stem curvatures. This relationship was used as the basis for the suggested technique for determination of shoot length increment, and analysis of the causes of geotropic curvatures is central to this method.

Nival genesis of geotropic curvatures. An example of by far the most typical and all-embracing physical impact on mire surface in northern and alpine regions is the snow load. A steady snow cover annually forms in most of the territory of Russia, snow amounts usually peaking shortly before the beginning of snowmelt. In most of Karelian territory the average snow cover water equivalent on the eve of snowmelt is 100-120 mm, the corresponding pressure on mire surface being 1000-1200 g/dm². Similar estimates have been given for mires of southern Finland (Lindholm, Vasander, 1990). The snow load on individual *Sphagnum* specimens (individual snow load) depends hyperbolically on the density of the *Sphagnum* mat, and the response of the *Sphagnum* cover to this load depends also the degree of its freezing at the time of snowfall, local distribution and density of the snow cover, species affiliations of *Sphagna*, capitula closure within a mat, degree to which capitula are submerged in water, and a number of random factors.

The effect of the snow cover physical impact on mire surface is usually underestimated, although recent studies (Yazaki, Yabe, 2012) have shown that the snow load may force *Sphagnum* hummocks down considerably or even modify their surface structure. The *Sphagnum* cover bears the direct load. We have estimated that where snow storage is 100 mm, the snow weight per *Sphagnum* moss capitulum may be 20 g (*Sphagnum riparium*) to 1 g (*S. fuscum*), i.e. manifold more than the weight of the capitula. The actual load may be considerably higher than the estimates because of additional mire water storage in basal snow layers, which is quite common in microrelief lows.

Apart from forcing down and deforming the sphagnum cover, snow pressure causes moss shoots to deviate from the vertical axis (Fig. 1). The geotropic

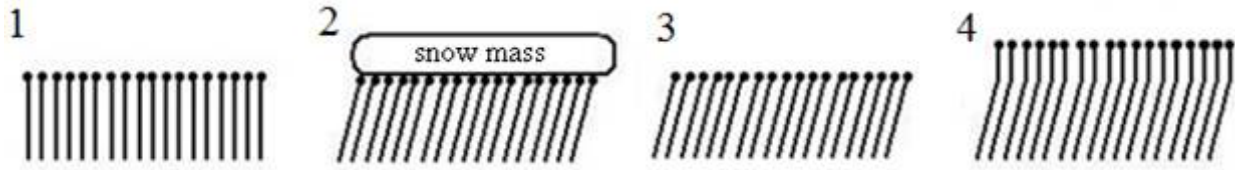


Fig. 1. The nival genesis of geotropic curvatures in *Sphagna*

response to such a deviation may appear both after snowmelt and underneath the snow cover. We have observed geotropic curvatures in unfrozen *Sphagnum* mats (*S. riparium*, *S. majus*) massively forming after first heavy snow and early in March, under half a meter of snow. This process appears to be a first diagnostic trait of growth restart after winter dormancy, and we demonstrate below how this can be applied for practical purposes.

Process stages:

1 – orthotropic direction of shoot growth in the *Sphagnum* mat;

2 – declination of shoots as the *Sphagnum* mat is pressed down by snow load;

3 – declination of shoots retained until the onset of growth;

4 – formation of geotropic curvatures; shoots return to orthotropic growth.

Aqueous genesis of geotropic curvatures. A momentous event for some hollow- and flark-dwelling *Sphagnum* species is the transition of their apices from sub-aqueous (submerged) to supra-aqueous (emergent) position (Fig. 2). Stem curvatures of geotropic nature form in the process. A generalized model can be suggested to describe this process.

At elevated mire water levels (MWL) in spring hollow-dwelling *Sphagnum* species acquire the orthotropic direction of capitulum growth, although their stems remain fully submerged at that time (stage 1). Later on, as MWL declines and shoots are elongated, moss capitula gradually get to deflect from the initial position (stage 2). Significant factors in this process are water

surface tension forces, stem resilience, capitulum weight and size. Once a deflection threshold is reached, geotropic response is enacted to correct the growth direction, and stem curvature is formed as a result (stage 3). MWL drop may take a while, entraining capitula and gradually increasing the angle of their declination from the vertical axis. Meantime, compensatory mechanisms continuously rectify the direction of capitulum growth. Thus, if this stage is prolonged, stem curvatures may become quite long and subdued. When the critical MWL is reached, when further water drop no longer has the capacity to drag *Sphagnum* capitula along, capitula emerge from water to air (stage 4). The direction of growth is then stabilized, and the formation of geotropic curvatures stops (stage 5).

Process stages:

1 – orthotropic direction of shoot growth at elevated MWL;

2 – declination of shoots as a result of MWL drop;

3 – geotropic curvature formation upon MWL drop;

4 – apices begin to emerge as MWL has dropped critically and further decline can no longer entrain shoots;

5 – shoot growth is steadily orthotropic in spite of further MWL reduction.

The role of other factors in the formation of geotropic curvatures. Other natural factors that may cause slight compensatory stem curvatures to form are heavy rain and hail. They both produce a direct physical impact on the *Sphagnum* mat and enlarge the weight of shoots. In addition to the above causes, one should mention the impact-generated geotropic curvatures usually associated with a focused destructive impact on the *Sphagnum*

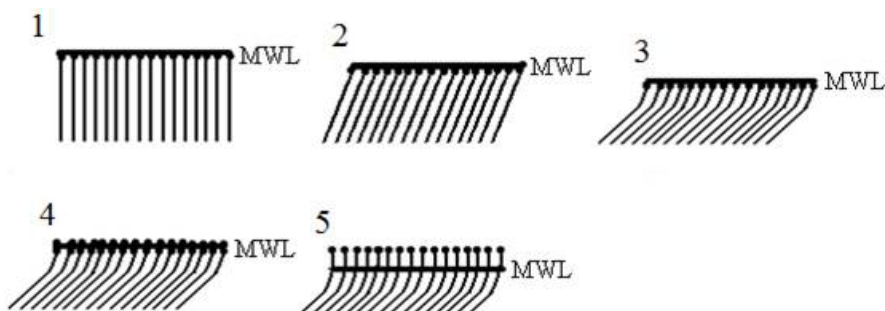


Fig. 2. The aqueous genesis of geotropic curvatures in *Sphagna*

cover. Such impacts in mires of Karelia are, mainly, recreation and wildlife movements. They considerably disturb the natural structure of the *Sphagnum* cover, inflicting massive damage on shoots and altering their spatial orientation. Nonetheless, the apical meristems of a majority of the damaged shoots remain functional, so that the shoots retain the capacity for growth and compensatory response. This mechanism secures a rapid recovery of the natural structure of the *Sphagnum* cover.

The same shoots growing under natural conditions would usually have a mixture of geotropic curvatures of different genesis. The most universally suitable for various practical tasks are the geotropic curvatures of nival genesis, as they reflect the process of *Sphagnum* moss growth since its very beginning. Hence, they can be used as natural markers, and the distance from them will correspond to length increment since the onset of growth. They stand out more or less distinctly on the stem, and form a marker horizon in a substantial part of the *Sphagnum* cover of mire and forest ecosystems exposed to snow impact.

In the case of continuous observations or where additional artificial markers (e.g., tied threads) on shoots are available, it is fairly easy to monitor increment with respect to the horizon of nival curvatures, even if curvatures of different genesis are abundant. Where continuous observations and additional markers are lacking, accurate differentiation of geotropic curvatures of nival genesis from among a variety of other curvatures

may be problematic, if at all possible. For instance, these markers can be lost to transformation of lower shoot sections into peat.

In our observations, nival curvatures stood out better against other curvatures in undisturbed sections of the *Sphagnum* cover. Some moss individuals also demonstrated differences in the density of branches, as well as contrast between living and non-living tissues of the shoot around the curvature. Coloured species sometimes also had a locally modified stem pigmentation at the curvature. When identifying nival curvatures, one should remember that they precede aqueous ones, as the former appear at the very beginning of growth and the latter form in connection with emergence from water. Under mesotrophic and eutrophic conditions, where shoots are stained by silt particles, there is often a distinct boundary between the darker, grown under water, and the lighter, grown above water, portions of the shoot. This fact can help rule out curvatures of aqueous genesis.

In disturbed sites, nival curvatures were often visually indistinguishable from curvatures of artificial genesis, apparently because of a complex process of regeneration of the *Sphagnum* cover. Hence, one should be heedful about choosing such sites for the study.

After the curvatures have been isolated, it only remains to measure the distance from the curvature to the top of the capitulum, and to form a sample of relevant size for the length increment to be determined.

The study was carried out using funds allocated from the federal budget for implementation of state ordered project № 0221-2014-0007.

Мульдьяров, Е. Я., & Лапшина, Е. Д. 1983. [Muldiyarov E.Ya., Lapshina E.D.] Датировка верхних слоев торфяной залежи, используемой для изучения космических аэрозолей [Dating of upper peat layers used for studying space aerosols]. // *Метеоритные и метеорные исследования*. Новосибирск, 75-84.

Bismarck R., von. 1959. Über den Geotropismus der Sphagnen. // *Flora (Jena)* 148: 23–83.

Clymo R.S. 1970. The growth of *Sphagnum*: methods of measurement. // *J. Ecol.* 58: 13–49.

Lindholm T. & H. Vasander. 1990. Production of eight special of *Sphagnum* at Suurisuo mire southern Finland. // *Ann. Bot. Fenn.* 27: 145–157.

Malmer N. 1962. Studies on mire vegetation in the Archean area of southwestern Gotaland (South Sweden) II. Distribution and seasonal variation in elementary constituents on some mire sites. // *Op. bot.* 7 (2): 1–67.

Yazaki T. & K. Yabe. 2012. Effects of snow-load and shading by vascular plants on the vertical growth of hummocks formed by *Sphagnum papillosum* in a mire of northern Japan. // *Plant Ecol.* 213: 1055–1067.

SPHAGNUM COVER DYNAMICS IN TRANSITIONAL MIRES,
THE RESULTS OF 27 YEARS OF MONITORING

ДИНАМИКА СФАГНОВОГО ПОКРОВА ПЕРЕХОДНЫХ БОЛОТ –
РЕЗУЛЬТАТЫ 27-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА

Maria Noskova

Мария Носкова

St. Petersburg State University, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences
maria.noskova@mail.ru

The dynamics of the *Sphagnum* cover in three plant communities of mesotrophic mires was analyzed using data from long-term monitoring (Boch and Smagin, 1993). The task was to assess whether the species composition of *Sphagnum* mosses in these communities has changed, and to identify long-term trends in the *Sphagnum* cover.

Surveys were carried out in south-eastern Ladoga region, in Nizhnesvirsky Strict Nature Reserve (60°38'N 32°58'E). The contemporary landscape of this territory has formed during the second stage of the post-glacial Ladoga transgression ca. 2 Ka B.P. (Kvasov, 1975). It now appears as a system of levee ridges (0.5 – 4 m high) and swales. The forested levees and mire-filled swales follow the contour of the Ladoga shoreline and alternate for 5 km inland. Information about vegetation in the Nizhnesvirsky reserve can be found in an article by Boch and Vasilevich (1983). Mire plant communities in this landscape are distributed as follows: eutrophic-mesotrophic communities are found closest to the Ladoga shore, they are followed by mesotrophic communities, and the mires furthest away from the shore are oligomesotrophic.

Annually for ten years since 1989 (1989-1999), as well as in 2006 and 2015 standard geobotanical relevés were drawn early in August for the sample plots (SP) established in the mires. Each SP was 10 x 10 m². Twenty 0.5 x 0.5 m² sampling frames were arranged inside each SP at random distances following a “Z” pattern, and the percent cover of each species of vascular plants and mosses was visually estimated within them. The abundance of a species in SP was estimated as the arithmetic mean of the 20 sampling frames. Only the dynamics of *Sphagnum* mosses is analyzed in this paper. Species affiliations of the mosses were verified in the laboratory after each field season. To avoid *in situ* identification errors when determining the abundances of *Sphagnum* species the morphologically similar *S. angustifolium*, *S. fallax*, *S. flexuosum* were analyzed collectively as *S. recurvum* complex.

Vegetation of the mires in question represents the following types of communities.

1) Sedge-buckbean (SP 6) (*Menyanthes trifoliata*, *Carex limosa*, *C. chordorrhiza*, *C. rostrata*) – very wet mires, the youngest (situated the closest to Lake Ladoga shore), with low (ca 5%) percent cover of

Sphagnum mosses: *Sphagnum angustifolium*, *S. fallax*, *S. fimbriatum*, *S. magellanicum*, *S. riparium*, *S. squarrosum*, *S. cuspidatum*, *S. majus*. 2) Buckbean-sedge (SP 8) (*Menyanthes trifoliata*, *Carex lasiocarpa*) communities without a closed *Sphagnum* moss carpet – average percent cover of *Sphagna* is less than 40%, the greatest contribution (ca. 30%) made by *Sphagnum recurvum* complex, chiefly *Sphagnum fallax*. The communities also included *S. angustifolium*, *S. flexuosum*, *S. obtusum*, *S. majus*, *S. subsecundum*, *S. squarrosum*. 3) Buckbean-*Sphagnum* communities (SP 9) (*M. trifoliata*, *Sphagnum fallax*), the furthest away from Lake Ladoga shore, with low water content, closed *Sphagnum* carpet (percent cover over 70%). Dominated by the *Sphagnum recurvum* complex, the rest of mosses (*S. majus*, *S. obtusum*, *S. fimbriatum*, *S. subsecundum*) contributing some 10% to the cover.

Among-year variations of the abundance of *Sphagnum* mosses in the named communities had the following characteristics. Constant inhabitants of SP 6 were *S. squarrosum*, *S. riparium*, *S. recurvum* complex. The amplitude of variation of the mean cover of individual species in this plot was too high to allow assessing trends in the abundance of each species. Overall, one can however remark the increased cover of *S. squarrosum*, the absence of *S. fimbriatum* since 1992, brief shows of *S. cuspidatum* and *S. majus* – these species were found only in 1992 and 1995, respectively.

Average percent cover in SP 8 ranged within 15-40%. Species of the *S. recurvum* complex and *S. subsecundum* were found in all years of observations, *S. obtusum* only once in 1999. *S. majus* was present in the community from 1993 onwards to the end of the observations. Unabundant *S. squarrosum* was found in the community from the beginning of observations until 2006, but was missing in 2015.

In SP 9 mosses of the *S. recurvum* complex dominated in all years. *S. majus* occurred with low abundance annually since 1991, *S. obtusum* and *S. fimbriatum* were encountered only once each, in 1989 and 1992, respectively.

The analysis of the dynamics of the total *Sphagnum* cover revealed the following variation trends (Fig. 1, 2, 3). Mires with a low percent cover of *Sphagna* demonstrated

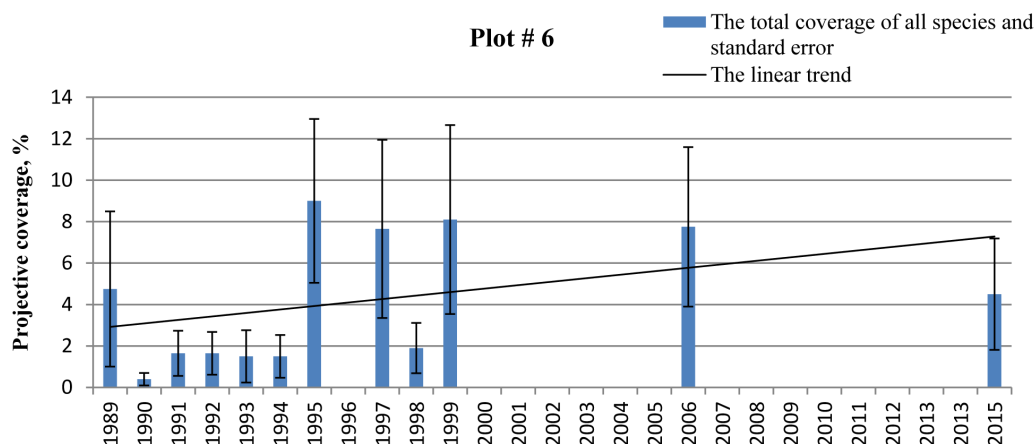
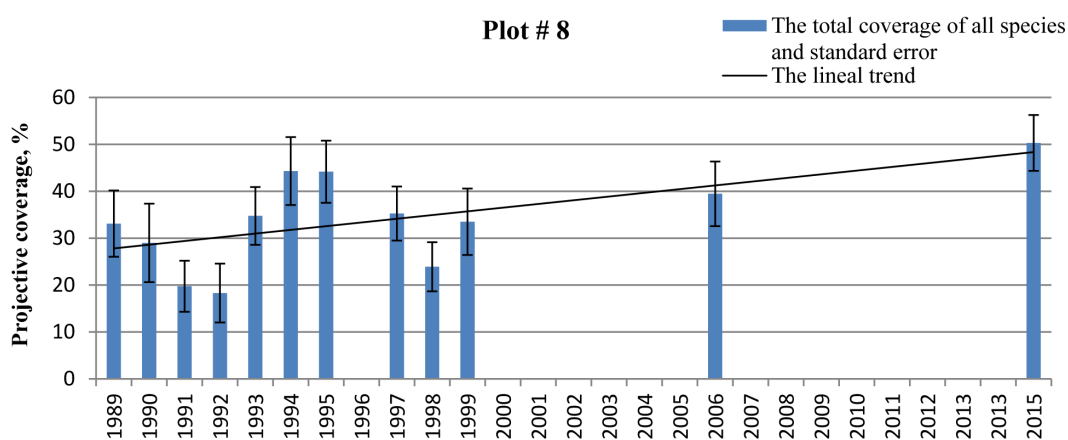


Fig. 1. Dynamics of the total cover of all *Sphagnum* species in the sedge-buckbean community

Fig. 2. Dynamics of the total cover of all *Sphagnum* species in the buckbean-sedge community



Plot # 9

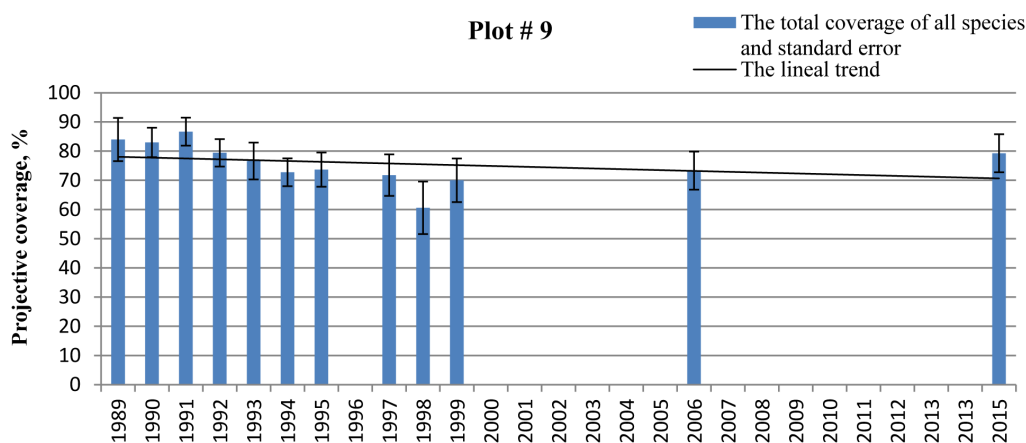


Fig. 3. Dynamics of the total cover of all *Sphagnum* species in the buckbean-*Sphagnum* community

a higher among-year variation of the cover, the mire with a moss cover of 30-40 % featured smooth among-year variations, and the lowest variation was observed in mires with a well-developed moss cover. A reduction in the *Sphagnum* cover was seen in all the communities and all sample plots in 1998.

One can generally speak of a tendency towards an increase in the *Sphagnum* cover in the communities with

fairly low moss cover, i.e. sedge-buckbean and buckbean-sedge communities, and a slight downward trend in the total cover of *Sphagnum* mosses in the community with a well-developed *Sphagnum* carpet – the buckbean-*Sphagnum* type. A task for further research is to determine how the identified patterns correlate with environmental factors, first of all the climate.

Boch M.S., Smagin V.A. The Flora and Vegetation of Mires of Northwest Russia and Principles for Their Conservation. Proceedings of the Komarov Botanical Institute RAS, 1993, Iss. 7, 225 p. [in Russian]

Vasilevich V.I., Boch M.S. Vegetation of the Nizhnesvirsky Strict Nature Reserve // The All-Union Geographical Society Herald. 1983, Vol. 115, №4. P. 322-328 [in Russian]

Kvasov D.D. Late Quaternary History of Large Lakes and Internal Seas of Eastern Europe. Leningrad, 1975. 278 p. [in Russian]

PEATMOSS AREAS IN GERMANY AND SURROUNDINGS

Lisa Op den Kamp

gartung@gmx.de

Germany has four main areas with Wetlands: 1. the alpine foothills, 2. The «Mittelgebirge», 3. the north-west lowlands and 4. the north-east lowlands. Each area is different in its altitude, climate, geological underground and relief.

The alpine foothills. The alps are lying in the south of Germany. They are forming the geographical border between Germany and Austria. They are about 1200 km long and stretching from west-south-west to east-north-east, crossing eight different countries: France, Monaco, Italy, Switzerland, Austria, Liechtenstein, Germany and Slovenia. The most wetlands in the German part of the alps occurring in the foothill region north to the alps. This is a continental area with is rich in chalk. The altitude reaches from about 500 up to 1000 m (Dierkes Weltatlas). The wetlands are separated in 70 % fens and 30 % bogs. The alpine foothills containing a lot of small wetlands. There are fens, riverbanks and bogs. A lot of the bogs are still more or less intact. They have survived the “great times” of the peat digging in Germany because they were too small for the industrial peat digging that has disturbed the large bogs in North-West-Germany. The two biggest bogs at the alpine foothills are the “Wurzacher Ried” and the “Murnauer Moos”. The protected Area of the Wurzacher Ried has a size of 1812,00 Hektar (BfN-Geodienste). The wetlands are covering about 1700 hectare whereby one third is covered by fen, one third by anthropogen affected bogs and one third untouched bogs (<http://www.naturschutz.landbw.de/servlet/is/69349/>). The Murnauer Moos has a size of 2377,98 hectare.

In the bogs of the alps grows the “Moor-Spirke” (*Pinus mugo* ssp. *rotundata*). This is one of the tree subspecies of *Pinus mugo*.

The “Mittelgebirge” The Mittelgebirge is an area crossing the middle of Germany in a line from the west to the east. The most east part is the Eifel, a part of the Rhenish Massif (German: Rheinisches Mittelgebirge). It lays at the border to Belgium where the Mittelgebirge from the Rhenish Massif over in the Belgian part with the “Massif of Stavelot”. On this massif a large bog, the High Fen (French: Hautes Fagnes) has appeared. This bog has started about 8000 years ago in structures called “Lithalsen”. Lithalsen are somehow similar to polders. They had been formed about 10.000 years ago at the end of the last ice age. Ice lenses grew under the

soil forming a small hill, up to 100 m in their average. When it got warmer after the ice age, the ice melted at the upper surface and the earth slipped off the ice lens and formed a circular wall of earth. In between this wall the remaining ice melted and left a small lake or pond. In this pond at first a fen appeared and changed later into a small bog. These small bogs spread over the walls into the landscapes and formed a large bog around the lithalsen. In this way a large mosaic of bogs, fens and birch forest has been created. One of the main peat mosses in this bog system was *Sphagnum magellanicum*.

Today most of these bogs are drained by human and turned into a large Molinea-heatherland. In between some lithalsen there could survive an hollow-vegetation mainly with *Sphagnum fallax*, *S. cuspidatum* and *S. papillosum*. In total in the High Fen and surroundings (spreading into Germany) several peatmosses are to be found. The main peatmosses in open areas are *S. fallax*, *S. auriculatum* and *S. papillosum*. In the forest, mostly along spring-streams the main peat-mosses are *S. fallax*, *S. flexuosum* and *S. palustre*. Further there occur in smaller patches: *S. magellanicum*, *S. teres*, *S. quinquefarium*, *S. rusowii*, *S. girgensohnii*, *S. rubellum* and *S. squarrosum*. There is only one place with *S. majus* and *S. angustifolium* is very rare as well.

At the foot of the Mittelgebirge along the border to the Netherlands are some Calluna-heather-land above sand. In these heather-lands are some pools and spring-streams to find. Here are growing *S. subnitens*, *S. compactum* at the dryer places, *S. fallax*, *S. papillosum*, *S. cuspidatum* and *S. auriculatum* at the open and wet places and *S. fallax*, *S. flexuosum*, *S. palustre* and *S. auriculatum* in the birch- and elder-carrs along the spring-streams. Again there is only one very small place with *S. majus*. Again *S. magellanicum* and *S. rubellum* are to find only in small patches.

There are as well some small bogs at other places of the Mittelgebirge in Germany. These are the area of the Black Forest (German: Schwarzwald) with several small bogs. The Rhön with the “Scharzes Moor” and “Rothes Moor”, the Harz mountains with the “Großes Torfhausmoor” and at the east-border of Germany the Ore mountains (German: Erzgebirge) with the “Kranichsee” and the “Georgenfelder Hochmoor”. In the Harz-mountain area are some small bogs left nearly untouched by human.

The “Großes Torfhausmoor” is about 30 hectare big and about 5 meter deep.

North-west-German lowlands. About 8000 years ago the glaciers receded to the north. The climate changed. The warm and rainy atlanticum started. This has been the time when in North-west-Germany the bogs started to grow. But they didn't grow continuously but in fast-growing and slowly-growing periods depending on small changes in climate as well as in on the changes of the sea level. So the peat-forming vegetation has been overlaid several times by sea-sediments. A large wetland-complexes with fens and bogs developed in between these 8000 year. One of the biggest, bog-dominated complexes was the “Boutanger Moor”. It has been about 70 km long and stretched from the Netherlands into Germany. 2000 square-kilometer has been located in the Netherlands and about 1000 square-kilometer in Germany. The most important peatmosses have been *Sphagnum magellanicum*, *S. papillosum*, *S. rubellum* and *S. cuspidatum*. Further but not so important for the peat-forming have been *S. tenellum* and *S. pulchrum*.

At about 1000 A.D. only the grassy lands surrounding the bogs has been used by human for feeding their livestock. At about 1000 A.D. the peat working started in the Netherlands because they cities where they needed peat as fuel. The peat working slopped over to Germany later. About 200 years ago the peat-digging started by a few farmers located directly at the margin

of the bog. They needed the peat mainly for heating and cooking. Later on they began to sell the peat to villages in the neighborhood. At about 1830 A.D. first attempts of mechanical peat extraction started. At the first third of the 19th century the German peat-digging industry reached it's first peak. The peat has been used for example as fuel for the steam locomotives. With the mining of coal the peak of the peat industry descended but with the first world war the coal run short. So at the 20 century the interest in peat came up again. Additional to the need of heating-material and fuel they wanted to open up more ground for people to life and work on. Their attempt was to get grasslands for their livestock and grounds for their fields. The peat industry in Germany got a second peak.

The climate at the north-west-German lowlands is atlantic. The altitude is at several places just 3 m above the sea-level.

North-east-German lowlands. In north-east-Germany the wetlands containing mainly fens. But there are as well some bog-vegetations to find. It is a moraine landscape created by the Weichselian Glaciation. It contains a lot of lakes, ponds and riverbanks. Some places are rich with chalk. In this areas are some more or less rare peatmosses to find. This are for example *S. molle*, *S. obtusum*, *S. subsecundum*, *S. riparium* and *S. centrale*.

The climate at the north-east-German lowlands is continental.

СТРОЕНИЕ И ДИНАМИКА ДЕРНИНЫ СФАГНОВОГО МХА

STRUCRURE AND DYNAMICS OF *SPHAGNUM* MOSS TURF

В.В. Панов

V.V. Panov

Тверской государственной технической университет

Tver State Technical University

vvpanov61@gmail.com

В развитии сфагнового покрова ярко проявляется континуальный характер сообщества, что позволяет описывать его понятием «дернина». Кроме того, очевидно, что живая часть мохового покрова имеет связь с формируемым ею субстратом. В настоящее время дернина определяется как совокупность моховых стебельков, растущих вместе (Савич-Любичкая, Смирнова, 1968), однако при высокой неоднородности мохового покрова его следует делить не только по видам, но и по признакам его структуры.

На глубину до 4 см, слой из головок и верхних частей мхов имеет большую массу, чем слой на глубине 4-6 см, где преобладают вертикально расположенные стебли мхов, ниже масса вновь возрастает, так как здесь начинается процесс уплотнения остатков (Воробьев, 1965). Поэтому вертикальную структуру дернина удобно представить областями: 1) головок мха (область скученных верхушечных коротких веток мха), 2) средних частей стоящих вертикально или наклоненных стеблей и 3) их базальных частей стеблей, нижние границы которых условны.

По данным К.Е. Иванова (1953) величина зоны между поверхностью мохового покрова и слоем уплотнившихся растительных остатков равна для различных дернин от 5 до 25 см и имеет

«завихренную» структуру растительного материала.

Зона головок мха обладает большей массой, чем нижележащий слой, поэтому в условиях повышенного увлажнения дернина разуплотняется и проседает, а при дефиците влаги плотность и прочность дернины возрастает (Смоляницкий, 1977) и она сохраняет свою форму. Прошлогодня часть мха по мере отмирания в течение ближайших лет переходит в горизонтальное положение, а их последующее уплотнение до образования торфа длится 15 и более лет (Илометс, 1980). Структура подошвенного слоя сфагновой дернины в неуплотненном состоянии (рис. 1), а его нижняя граница проходит по границе, где теряется структурная связь дернины с субстратом.

Процесс «проседания» дернины следует рассматривать как отдельный фактор, управляющий ее существованием. Признаки вертикальной структуры дернины текущего прироста, во многом определяются особенностями годичных приростов предшествующих лет, т.е. ее горизонтальной структурой. Кроме того, движение дернины связано с колебаниями и «рельефом» подстилающей поверхности (подробнее в (Панов, 2008)). Поэтому процесс проседания дернины это форма ее механического перемещения в «поиске» оптимальных условий существования.

С одной стороны моховой покров обладает

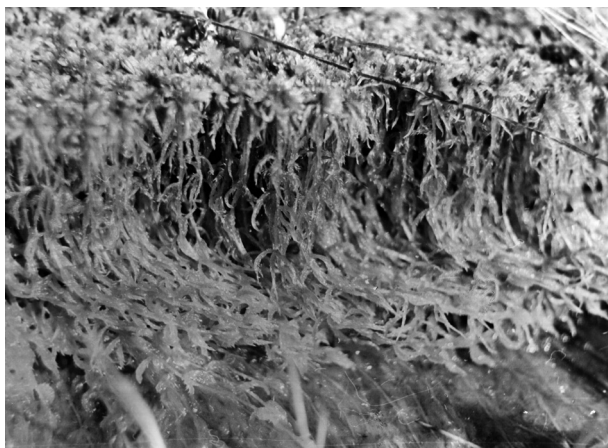


Рис. 1. Сфагновая дернина в профиле



Рис. 2. Траектория движения сфагновой дернины в плане за несколько лет

континуальностью, и понятие объема дернины является относительным, но с другой стороны, именно противоречие в движении дернин приводит к появлению границ и «рельефа» поверхности сфагновых дернин (подробнее (Панов, 1991)). Каждый вид сфагнового мха имеет свои экологические особенности и его местообитание характеризуется своей амплитудой изменения уровня болотной воды. Однако нередко можно видеть, что мох одного вида занимает как повышения микрорельефа, так и понижения.

В зависимости от изменчивости влажности, количества света и возраста растений количество и расположение пор у одного и того же вида и даже у одной и той же особи мха варьирует (Савич-Любицкая, Смирнова, 1968). Кроме того, более крупные особи мха имеют и более крупные новообразующиеся побеги (Солоневич, 1966). Поэтому, дернина обладает определенным интервалом устойчивости или эколого-морфологической пластичности к изменчивости среды, но с сохранением видовых признаков мхов.

Полного подобия дернин, состоящих из одного вида мха, даже в одинаковых условиях не будет, так как морфология особей мха будет зависеть настоящих условий существования и от тех, в которых существовала дернина в предшествующие годы. Кроме того, сохранению индивидуальности дернин способствует механизм регуляции плотности дернин за счет образования боковых побегов мхов (Смоляницкий, 1977). Поэтому, несмотря на колебания увлажнения на поверхности болота в течение ряда лет, механизм регуляции плотности дернины и сложившая структура дернины в соответствии с подстилающим слоем прошлогодних приростов не дают ей разрушаться. На рис. 2 показана нижняя часть дернины, в которой по ориентации прошлогодних стволиков мхов можно определить траекторию перемещения дернины в течение ряда лет (подробнее (Панов, 2006 а, 2008)).

Нарушение перемещения приводит к изменению плотности дернины, морфологии особей, что вызывает изменение формы поверхности. В этом отношении важным является взаимодействие отдельных дернин и образование границ между ними

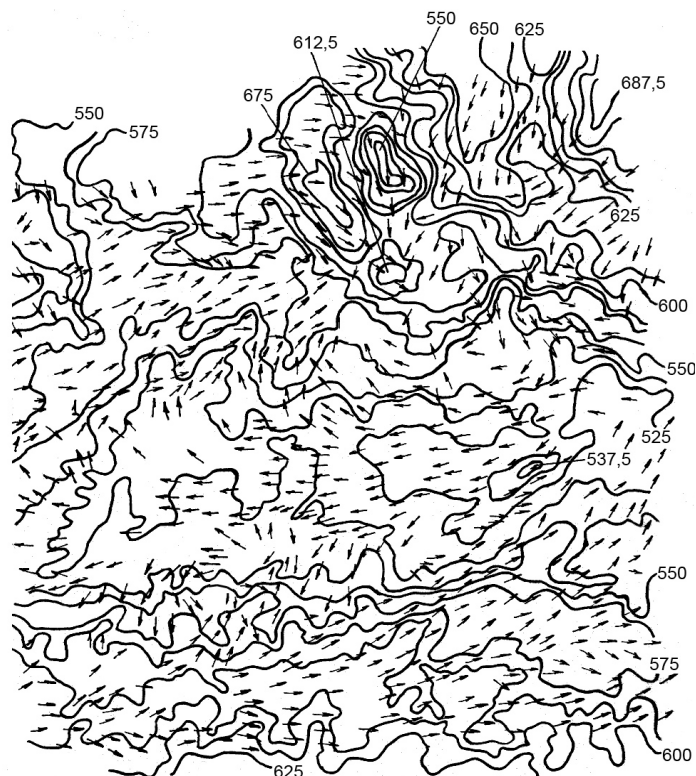


Рис. 3. Соответствие формы поверхности мохового покрова и структуре перемещения сфагновых дернин (размер площадки 1x1 м; сечение горизонталей 12,5 мм; стрелки указывают направление перемещения мха; числа – отметки поверхности)

(подробнее (Панов, 2006 б)). Границы возникают при их противонаправленном движении, или при ограничении каким либо препятствием в виде участка повышенного или минимального увлажнения (рис. 3; методика построения поверхности изложена в (Панов, 2012)). Если направление перемещения дернины отсутствует, то она распадается в отдельные особи или характеризуется вертикальным ростом.

Таким образом, целостное функционирование сфагновой дернины также выражается в развитии и существовании зоны между областью головок мха и зоной уплотнения растительных остатков. Можно предположить, что на основе механизма перемещения дернин могут выполняться следующие дополнительные к биологическим свойствам мхов функции: компенсируются ежегодная климатическая изменчивость в течение ближайших лет и видовые особенности сфагновых мхов в развитии поверхности болота. Этот процесс позволяет дернинам выравнять свою поверхность, следовательно, оптимально соответствовать гидрофизическим особенностям внешней среды.

Воробьев П.К. Исследование физических характеристик деятельного горизонта неосушенных болот / Тр. ГГИ. Л., 1965. Вып. 126. С. 65-96.

Иванов К.Е. Гидрология болот. Л.: Гидрометеиздат, 1953. 299 с.

Илометс М.А. Изучение динамики прироста сфагнома и сфагнового торфа в целях стратиграфического расчленения торфяной залежи // Автореферат дисс. на соиск. научн. ст. геол.-минер. наук. Таллин, 1981. 21 с.

Савич-Любицкая Л.И., Смирнова З.Н. Определитель сфагновых мхов СССР. Л.: Наука, 1968. 111 с.

Смоляницкий Л.Я. Некоторые закономерности дернины сфагновых мхов // Бот. журнал, 1977. № 9. Т. 52. С. 1269-1272.

Солоневич Н.Г. К биологии сфагновых мхов // Бот. журнал, 1966. № 9. Т. 51. С. 1297-1302.

Панов В.В. Об организации болотных морфосистем на основе стереофотограмметрического метода наблюдений // Болота охраняемых территорий: проблемы охраны и мониторинга: Тр. Всес. семин.-экскур. болотоведов. Л., 1991. С. 100-103.

Панов В.В. Некоторые особенности развития сфагнового мохового покрова верховых болот // Бот. журнал., 2006 а. Т. 91. № 3. С. 32-40.

Панов В.В. Структурно-динамические особенности развития микрорельефа моховых болот // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006 б. С. 210-225.

Панов В.В. Функциональная неоднородность деятельного слоя сфагновых болот // Вестник Томского государственного педагогического университета. Томск, 2008. В. 4 (78). С. 21-26.

Panov V.V. *Sphagnum* cover surface shape variations during vegetation period // Mires from pole to pole / The Finnish environment. 2012. № 38. Pp. 239-246.

SPHAGNUM FARMING: IN SEARCH FOR HIGHLY PRODUCTIVE
MOSSES, ITS BREEDING AND PROPAGATION
(THE INTERDISCIPLINARY PROJECT MOOSZUCHT)

Anja Prager

Institute for Botany and Landscape ecology at Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, partner
in the Greifswald Mire Centre (GMC), Soldmannstr. 15, 17489 Greifswald, Germany

anja.prager@greifswaldmoor.de

The use of large amounts of slightly humified ('white') *Sphagnum* peat as a hitherto irreplaceable raw material for horticultural growing media leads to irreversible damage to climate, biodiversity and other peatland ecosystem services as well as loss of area available for agricultural use. The German growing media industry, being the largest worldwide, depends on a peat resource that is nearly depleted in western and central Europe. The most promising alternative for this fossil peat is renewable *Sphagnum* biomass cultivated sustainably on rewetted degraded bogs (paludiculture).

Whereas the agro-technical requirements are meanwhile well-established, large-scale implementation of *Sphagnum* farming for horticultural growing media is mainly hampered by:

- Insufficient productivity of the hitherto used, randomly sampled wild parent material to make *Sphagnum* farming economically feasible;
- Lack of appropriate volumes of high quality moss propagules to kick-start large-scale cultivation.

The just started interdisciplinary project 'MOOSzucht' (with partners University of Freiburg, Karlsruhe Institute for Technology - KIT, NiedersaechsischeRasenkulturen - NIRA, and University of Greifswald) aims at removing these bottlenecks by

- Increasing *Sphagnum* productivity in commercial-scale cultivation compared to currently used undifferentiated wild parent material by selection of highly productive wild provenances and by smart breeding techniques,
- Increasing proliferation rate of *Sphagnum* propagules by using optimized axenic conditions in a photobioreactor.
- Assessing performance of selected *Sphagnum* cultivars in lab and field cultivation.

For more information about *Sphagnum* farming and the 'MOOSzucht' project see www.sphagnumfarming.com.

О ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦАХ СФАГНОВЫХ МОЧАЖИН
 ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ
 ON HETEROTROPHIC FLAGELLATES OF RAISED BOGS *SPHAGNUM*
 HOLLOWES IN THE NORTH OF EUROPEAN RUSSIA

К.И. Прокина¹, Д.А. Филиппов^{1,2}, А.П. Мыльников¹

K.I. Prokina¹, D.A. Philippov^{1,2}, A.P. Mylnikov¹

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, kristin892@mail.ru

²Тюменский государственный университет, philippov_d@mail.ru

Мочажины являются одним из специфических типов болотных водоёмов. Они представляют собой замкнутые между положительными формами микрорельефа (грядами, кочками) обводнённые понижения на болотах. На верховых болотах они входят в состав кочковато-мочажинных, грядово-мочажинных и грядово-мочажинно-озерковых комплексов. Мочажины сфагновых болот вторичны по

своему происхождению. Они могут иметь различные размеры, конфигурацию, особенности растительного покрова, уровень болотно-грунтовых вод и, как правило, лишены участков открытой воды.

Гидробиологические исследования сфагновых, шейхцериево-сфагновых, очеретниково-сфагновых мочажин верховых болот на Севере Европейской России проводятся редко, а материал по некоторым

Таблица. Характеристика мест отбора гидробиологических проб

БОЛОТО	№	ФИТОЦЕНОЗ	№	МИКРОУСЛОВИЯ	КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ*
Лайское	1	<i>Trichophorum cespitosum</i> – <i>Sphagnum lindbergii</i>	1a	<i>Sphagnum lindbergii</i> (выжимки)	7 (1)
			1b	открытый участок воды	
Велболото	2	<i>Carex rostrata</i> – <i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Sphagnum papillosum</i>	2a	<i>Sphagnum papillosum</i> (выжимки)	6 (0)
			2b	<i>Sphagnum lindbergii</i> (выжимки)	
	3	<i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Hepaticae</i>	3a	обводнённый участок	5 (0)
			3b	обнажённый участок торфа	
Первое	4	<i>Eriophorum vaginatum</i> – <i>Sphagnum cuspidatum</i>	4a	менее обводнённый участок	12 (5)
			4b	более обводнённый участок	
	5	<i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Sphagnum balticum</i>	5a	<i>Sphagnum balticum</i> (выжимки)	6 (1)
			5b	открытый участок воды	
Пятое	6	<i>Trichophorum cespitosum</i> – <i>Sphagnum papillosum</i>	6a	печёночничково-сфагновый участок	7 (1)
			6b	<i>Sphagnum papillosum</i> (выжимки)	
Удебное	7	<i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Sphagnum cuspidatum</i> + <i>balticum</i>	7a	<i>Sphagnum papillosum</i> (выжимки)	5 (0)
			7b	<i>Sphagnum cuspidatum</i> (выжимки)	
Шиченгское	8	<i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Sphagnum balticum</i> + <i>S. fallax</i>	8a	менее обводнённый участок	7 (1)
			8b	более обводнённый участок	
	9	<i>Eriophorum vaginatum</i> – <i>Sphagnum angustifolium</i>	9a	менее обводнённый участок	4 (0)
			9b	более обводнённый участок	
болото близ озера Круглое	10	<i>Carex lasiocarpa</i> – <i>Sphagnum majus</i> + <i>lindbergii</i>	10a	<i>Sphagnum majus</i> (выжимки)	17 (8)
			10b	<i>Sphagnum lindbergii</i> (выжимки)	
Сестрорецкое	11	<i>Scheuchzeria palustris</i> – <i>Sphagnum cuspidatum</i>	11a	<i>Sphagnum cuspidatum</i> (выжимки)	5 (1)
			11b	сильнообводнённый участок	

Примечание. * в скобках отмечено количество уникальных видов ГЖ (встреченных только в одном местообитании).

группам организмов практически отсутствует. Например, гетеротрофные жгутиконосцы (ГЖ) мочажин сфагновых болот (а не болот в целом) описаны лишь однажды (Тихоненков, Мазей, 2009).

Наши исследования проходили в июле–августе 2015 г. на 8 верховых болотах четырёх регионов России: Архангельская область (Приморский район, болото Лайское (64°31'54" с.ш., 40°13'55" в.д.); Пинежский район, Велболото (64°36'34" с.ш., 43°14'38" в.д.), болота Первое (64°33'45" с.ш., 43°20'41" в.д.), Пятое (64°33'08" с.ш., 43°19'43" в.д.), Удебное (64°32'42" с.ш., 43°21'20" в.д.)), Вологодская область (Сямженский район, болото Шиченгское (59°57'02" с.ш., 41°19'08" в.д.)), Республика Карелия (Лоухский р-н, болото близ оз. Круглое (66°20'32" с.ш., 33°35'27" в.д.)), г. Санкт-Петербург (болото Сестрорецкое (60°07'23" с.ш., 30°02'37" в.д.)). Всего было собрано 22 пробы из 11 мочажин (табл.).

Материал и методы. Пробы воды отбирали в пластиковые 15 мл пробирки и транспортировали в лабораторию при температуре 4°C. После транспортировки пробы обогащали суспензией бактерий *Pseudomonas fluorescens* Migula из расчета 0,15 мл суспензии на 5 мл пробы и выдерживали в термостате при температуре 21°C в полной темноте. Пробы просматривали в трех повторностях: на третьи, шестые и девятые сутки после подкормки, что соответствует общепринятой методике (Vørs, 1992). Для наблюдений использовали микроскоп AxioScore A1 (Carl Zeiss, Германия) с фазовым и дифференциально-интегрированным контрастом и объективами водной иммерсии (общее увеличение, ×1120). Микроскоп был оборудован цифровой

фотокамерой AxioCam ERc 5s и аналоговой видеокамерой AVT HORN MC1009/S. Живых ГЖ просматривали в чашках Петри. Тотальные препараты ГЖ подготавливали согласно общепринятой методике (Moestrup, Thomsen, 1980) и просматривали в трансмиссионном электронном микроскопе JEM-100С. В работе использована современная макросистема эукариот (Adl et al., 2012). Система хоанофлагеллят представлена в соответствии с работой Ницше и др. (Nitsche et al., 2011). Для построения дендрограммы фаунистического сходства использован метод одиночного присоединения на основе расчета коэффициента фаунистического сходства Брея-Кертиса в программе PAST.

Результаты и их обсуждение. Всего в сфагновых мочажинах севера европейской России обнаружено 35 видов ГЖ из трёх полифилетических кластеров, а также ГЖ неопределенного систематического положения. Большинство (19) видов (*Bicosoeca cylindrica* (Lackey, 1939); *Spumella dinobryonis* Skuja, 1948; *Cercomonas directa* Brabender et al., 2012; *C. granulifera* (Hollande, 1942); *C. longicauda* Dujardin, 1841; *C. parvula* Tikhonenkov, 2006; *C. pellucida* Brabender et al., 2012; *C. simplex* (Moroff, 1904); *Spongomonas uvella* Stein, 1878; *Allapsa* sp. 1; *A.* sp. 2; *Bodomorpha* sp. 1; *B.* sp. 2; *Sandona* sp. 1; *S.* sp. 2; *Teretomonas rotunda* Howe et al., 2009; *Massisteria* sp.; *Protaspa simplex* (Vørs, 1992); *Helkesimastix faecicola* Woodcock et Lapage, 1914) принадлежит к полифилетическому кластеру SAR (группа, включающая в себя макротаксоны Stramenopiles Patterson, 1989; Alveolata Cavalier-Smith, 1991 и Rhizaria Cavalier-Smith, 2002). На втором месте

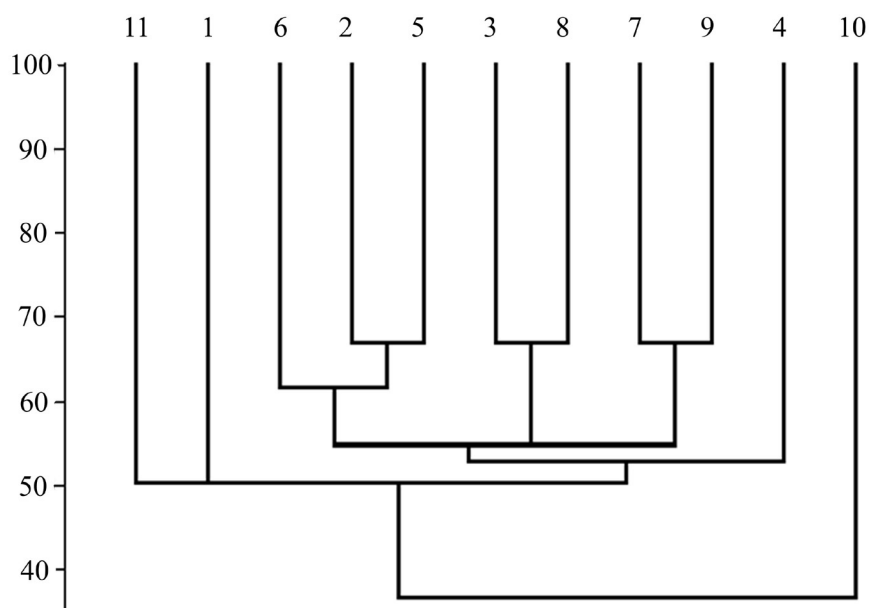


Рис. Дендрограмма сходства (%) протистофаун различных мочажин (номера по горизонтали соответствуют таковым в табл.).

по видовому богатству находится кластер EXCAVATA Cavalier-Smith, 2002, к которому относятся 11 видов (*Reclinomonas americana* Flavin et Nerad, 1993; *Anisonema acinus* Dujardin, 1841; *Entosiphon sulcatum* (Dujardin, 1841); *Notosolenus apocamptus* (Stokes, 1884); *N. similis* Skuja, 1939; *Petalomonas* sp.; *Ploeotia obliqua* (Klebs, 1893); *Neobodo designis* (Skuja, 1948); *Rhynchomonas nasuta* (Stokes, 1888); *Parabodo caudatus* (Dujardin, 1841); *Bodo saltans* Ehrenberg, 1832). Менее богат видами кластер OPISTHOKONTA Cavalier-Smith, 1987, включающий 3 вида (*Codosiga botrytis* Kent, 1880; *Monosiga ovata* Kent, 1880; *Salpingoeca clarki* Stein, 1878). К ГЖ неопределённого систематического положения относятся 2 вида (*Ancyromonas sigmoides* Kent, 1880 и *Amastigomonas caudata* Zhukov, 1975).

Наиболее часто встречающимися видами были *Bodo saltans* (16 проб); *Helkesimastix faecicola* (12 проб); *Spumella dinobryonis* (7 проб); *Bodomorpha* sp. 1 и *Parabodo caudatus* (5 проб). Среднее количество видов в пробе – 4.7, в каждой мочажине – 7.3. Максимальным видовым богатством характеризуется мочажина фитоценоза *Carex lasiocarpa*–*Sphagnum majus*+*lindbergii* болота близ оз. Круглое (пробы № 10а, 10б) – 17 видов, а минимальным – мочажина фитоценоза *Eriophorum vaginatum*–*Sphagnum angustifolium* (пробы № 9а, 9б) – 4 вида.

На дендрограмме фаунистического сходства комплексов ГЖ исследованных мочажин видно, что большинство из них схожи по фаунистическому составу на 50% и более. Отдельно от всех стоит проба № 10 (рис.) и в ней же было зафиксировано максимальное количество видов (17). Вероятно, такое отличие связано с особенностями географического положения данного болота как наиболее северного из обследованных (на берегу залива Белого моря).

В то же время прослеживается формирование трёх кластеров, фаунистическое сходство внутри которых больше 60 %: 1) пробы № 2, 5 и 6; 2) пробы № 3 и 8; 3) пробы № 7 и 9. Вероятно, в олиготрофных мочажинах сфагновых болот всей средней тайги формируются схожие условия для обитания, а различия связаны с локальными факторами.

На олиготрофных болотах ценозообразующую роль играют сфагновые мхи. В условиях

исследованных регионов в сфагновых мочажинах чаще всего встречаются *Sphagnum balticum*, *S. cuspidatum*, *S. papillosum*, *S. majus*, *S. jensenii*, *S. fallax*, *S. angustifolium*, *S. lindbergii*. Эти виды, как правило, формируют либо монодоминантные сообщества, либо образуют ценозы с различным набором или сочетанием данных видов. Исследования выжимок 5 видов сфагновых мхов показали, что они формируют условия для обитания 27 видов ГЖ. Только один широко распространённый в разнотипных пресноводных водоёмах вид (*Bodo saltans*) встречался в более чем половине выжимок. Большая же часть проанализированных видов сфагновых мхов не содержит уникальных (зафиксированных только в выжимках конкретного вида сфагнума) видов ГЖ, кроме *Sphagnum cuspidatum* (*Cercomonas granulifera*, *Sandona* sp. 2); *S. lindbergii* (*Cercomonas longicauda*, *Spongomonas uvella*, *Allapsa* sp. 2, *Bodomorpha* sp. 2, *Anisonema acinus*, *Entosiphon sulcatum*); *S. majus* (*Salpingoeca clarki*, *Notosolenus apocamptus*, *N. similis*), *S. papillosum* (*Cercomonas directa*).

В мочажинах сфагновых болот складываются различные по степени обводнения условия. Разнообразие ГЖ уменьшается от более обводнённых микробиот (6 видов) к менее обводнённым (13). Вероятно, это может быть связано с тем, что все обнаруженные нами виды ГЖ являются бентосными организмами, связанными с субстратом (в случае болот это торф или частички сфагнума) – ползающие (27 видов) и прикрепленные (7 видов), и могут быть обнаружены в планктоне лишь на непродолжительной расселительной стадии жизненного цикла.

В целом, наши исследования показали, что сфагновые мочажины создают условия для обитания не менее 35 видов ГЖ. Фаунистический состав комплексов ГЖ достаточно однороден и мало зависит от флористического состава и ценологических характеристик растительных сообществ в пределах мочажин. В то же самое время уровень обводнения сфагновых мочажин в большей мере определяет видовое богатство комплексов ГЖ. Наибольшей спецификой и максимальным видовым богатством характеризуется локальная фауна наиболее северного беломорского болота.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №14-14-01134). Авторы благодарят Т.В. Романис (ИЭПС УрО РАН), О.В. Галанину (БИН РАН, СПбГУ) и А.А. Пржиборо (ЗИН РАН) за помощь в полевых исследованиях.

Тихоненков Д.В., Мазей Ю.А. Гетеротрофные жгутиконосцы в заболоченных ландшафтах южной тайги: роль пространства и времени в формировании видового разнообразия // Зоол. журн. 2009. Т. 88, № 11. С. 1–8.

Adl S.M., Simpson A.G.B., Lane C.E., Lukes J., Bass D. et al. The revised classification of eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2012. Vol. 59, No. 5. P. 429–493.

Moestrup Ø., Thomsen H.A., Preparations of shadow cast whole mounts // Handbook of Phycological Methods. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1980. P. 385–390.

Nitsche F., Carr M., Arndt H., Leadbeater S.C. Higher level taxonomy and molecular phylogenetics of the Choanoflagellate // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2011. Vol. 85, No. 5. P. 452–462.

Vørs N. Heterotrophic amoebae, flagellates and heliozoa from the Tvarminne Area, Gulf of Finland, in 1988–1990 // Ophelia. 1992. Vol. 36. P. 1–109.

COMMUNITIES OF MACROINVERTEBRATES IN HABITATS OF BIPOLAR-DISTRIBUTED *SPHAGNUM* SPECIES AS A MODEL TO EVALUATE THE RELATIONSHIPS OF HISTORICAL AND ECOLOGICAL FACTORS IN THE EVOLUTION OF COMMUNITIES: A PRELIMINARY COMPARISON OF BOGS IN EUROPEAN RUSSIA AND SOUTHERN CHILE

СООБЩЕСТВА МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ В БИОТОПАХ БИПОЛЯРНО-РАСПРОСТРАНЕННЫХ ВИДОВ *SPHAGNUM* КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РОЛИ ИСТОРИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЭВОЛЮЦИИ СООБЩЕСТВ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БОЛОТ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И ЮГА ЧИЛИ

A.A. Przhiboro^{1,3}, A.A. Prokin^{2,3}, D.A. Philippov^{2,3}

А.А. Пржиборо^{1,3}, А.А. Прокин^{2,3}, Д.А. Филиппов^{2,3}

¹Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St Petersburg, Russia, dipteran@mail.ru

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzsky District, Yaroslavl Province, Russia, prokina@mail.ru, philippov_d@mail.ru

³Tyumen State University, Tyumen, Russia

According to the current estimates, the World diversity of *Sphagnum* mosses is 150-250 (Ignatov & Ignatova, 2003) or 350-500 species (Shaw et al., 2010) with 15 bipolar-distributed, includes 14 species common for the Palaearctic Region and Patagonia (Michaelis, 2011). Mires (bogs and fens) with *Sphagnum* moss dominance are known since the Permian (Meyen, 1987). Contrastingly, the diversification of extant *Sphagnum* species occurred relatively recently, between seven and 20 m.y.a, and was possibly associated with cooling of the Northern Hemisphere and the origin of boreal vegetation during the Miocene (Shaw et al., 2010). Thus, all Southern Hemisphere species and lineages of *Sphagnum* are often supposed to originate from the ancestral forms of the Northern Hemisphere.

The vegetation of *Sphagnum* mires is extremely specific; the associations include few sphagnophilous plants, mainly shrubs. *Sphagnum* associations can be attributed to coenotic systems of consortia-type, where the dominant action ensures consistent associations. Probably, the associations of *Sphagnum* moss species can be considered as an example of “similar associations” (Razumovsky, 1981), that is, associations occurring different geographical regions, which are similar in

structure and dynamics. In *Sphagnum* habitats, many plant species are concentrated having a “bipolar” type of distribution in a broad sense, with parts of the range in temperate zones in the Holarctic, Antarctic and Australian phytochorions, including the Patagonian and Neozealandic regions.

One can suggest former more widespread distribution of recently bipolar species of *Sphagnum* and associated plants, in a fairly uniform climate (Chumakov et al, 1995), which dominated from the second half of the Permian to the Cenozoic and were subsequently substituted by more thermophilic species in the tropics. In such a case, bipolar-distributed arthropod species, so far unknown, may be found as well. Arthropod communities in *Sphagnum* associations are highly specific and include a relatively low number of taxonomic groups (with a high number of cosmopolitans), that simplifies comparative analysis of geographically distant faunas and communities. Despite the large number of studies on various groups of invertebrates in *Sphagnum* associations, no comprehensive studies of macroinvertebrates in distant regions of the Earth have been conducted.

As model objects for the comparative study, we have chosen five bogs situated in different landscapes at

different latitudes in the temperate zones of the Northern and Southern hemispheres (the Boreal and Patagonian regions, respectively). We examined typical non-forested *Sphagnum* bogs with an area of 1-3 km², mostly without significant traces of anthropogenic influence, with well-developed habitats dominated by two common bipolar-distributed *Sphagnum* moss species, *Sphagnum magellanicum* and *S. cuspidatum*. The first species is typical of relatively dry sites; the second one is strongly hygrophilous, reaching high abundance at the shorelines of bog pools and lakelets.

In the Boreal region, we studied two bogs situated in northwestern European Russia: a bog in Loukhi District of Karelia near the North Polar Circle (66.34°N 33.54°E) and a bog at northwestern border of St Petersburg (60.12°N 30.04°E). In the Patagonian region, we studied three bogs in outmost southern Chile: a bog at the south of Tierra del Fuego (54.49°S 68.90°W) and two bogs in continental Chile near Punta Arenas, a foothill bog at a distance from the sea (53.40°S 71.23°W) and a lowland bog near the sea coast (53.63°S 70.95°W). All bogs under study are mesooligotrophic or oligotrophic and characterized by well-developed hummock-ridge microrelief. Ecosystems and habitats in both areas are relatively young, recently formed by postglacial recolonizations. Four bogs under study contained the habitats dominated by both the model *Sphagnum* species, the foothill bog near Punta Arenas, only *S. magellanicum*. Hence, we studied a total of five model sites dominated by *S. magellanicum* and four sites dominated by *S. cuspidatum*.

Preliminary descriptions of flora and vegetation features of the study bogs were compiled, including the lists of bryophytes and vascular plants. The Chilean bogs under study are characterized by a very small number of *Sphagnum* species. We found only three *Sphagnum* species, while in Eurasian bogs similar in the size and trophic level up to 15-18 species may be found. The vegetation cover of *Sphagnum* bogs of the southern Chile has more differences than similarities as compared with *Sphagnum* bogs of northern Eurasia. Common features include a relatively low diversity of higher vegetation, the prevalence of monocots in the flora, and a high proportion of Ericaceae. The differences much more numerous: in particular, *Carex magellanica* was the only species of vascular plants common with the Boreal region. Some similarities in floristic composition is detected only at the family level (the most common and typical representatives of Ericaceae, Juncaceae, Cyperaceae, Droseraceae, etc.) and only partially, at the genera level (*Empetrum rubrum*/

nigrum, *Drosera uniflora/rotundifolia*, *Lycopodium magellanicum/annotinum*, *Caltha sagittata/palustris*, etc.). According to Katz (1971), the study bogs belong to two wetland provinces: the Magellan Province with evergreen subantarctic forests and plants-pillows on turf and the Province of Tierra del Fuego with deciduous forests and raised *Sphagnum* peat. The study bogs combine the features of the *Sphagnum* moore and Reisermoore groups.

We aimed to estimate and compare the taxonomic composition, taxonomic and trophic structure of macroinvertebrate communities in the *Sphagnum* layer on the model sites, including the abundance and biomass of macroinvertebrates. On each model site, five quantitative samples were taken up to a depth of ca. 20 cm from the surface (sample area of 0.05 m²). The substrata were washed in sieves (with smallest mesh 0.5 mm), then the macroinvertebrates were extracted by flotation in a strong solution of NaCl combined with hand-sorting of the coarse fraction. Wet weight of invertebrates was determined using a torsion balance. A part of immature Diptera (larvae and pupae) from the samples was kept alive to rear adults, which was necessary to identify species and to reveal their larval habitats. *Sphagnum* substrata from each model site were kept in the laboratory, and the insects emerging from the substrata were collected. In addition, we used non-quantitative sampling techniques, i.e. net-sweeping, yellow pan traps, pitfall traps and sampling from bog water bodies with aquatic nets.

Field work in northwestern Russia was conducted in June to early July 2015, in Patagonia, late October to mid-November 2015. A total of 45 quantitative samples were processed with a total area of 2.25 m². More than 800 adults of Diptera in 10 families have been reared (including the rich material of Ceratopogonidae, Chironomidae and Cecidomyiidae), as well as their parasitoids (Hymenoptera in five families).

According to our preliminary estimate based mostly on quantitative samples and rearings, the macroinvertebrate communities in the study bogs are poor in the number of taxa. The species in 7 to 11 species occurred on each model site.

In *S. magellanicum* habitat in the Boreal region, the following orders and families were common or abundant: Oligochaeta (Enchytraeidae), Aranei (Lycosidae), Heteroptera (Hebridae, Dipsocoridae), Coleoptera (Dytiscidae, Staphylinidae, Elateridae), Hymenoptera (Formicidae), Diptera (immature Tipulidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Cecidomyiidae). Enchytraeidae and the larvae of Ceratopogonidae were

the most abundant. Enchytraeidae and the larvae of Limoniidae had the highest biomass.

In *S. magellanicum* habitat in the Patagonian region, the following orders and families were common or abundant: Oligochaeta (Enchytraeidae, Lumbricidae), Geophilomorpha (Geophilidae), Aranei (Lycosidae, Linyphiidae), Coleoptera (Staphylinidae, Elateridae, Curculionidae), Diptera (immature Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Empididae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae). Enchytraeidae, the larvae of Elateridae and Ceratopogonidae were the most abundant. The larvae of Elateridae had the highest biomass. Seven families of Coleoptera were recorded: Chrysomelidae (3 species), Elateridae (*Margaiostus magellanicus*), Curculionidae (4), Pselaphidae (1), Carabidae – (5), Scirtidae (1), Staphylinidae (4).

In *S. cuspidatum* habitat in the Boreal region, the following orders and families were common or abundant: Oligochaeta (Enchytraeidae), Aranei (Cybaeidae), Odonata (Libellulidae), Coleoptera (Dytiscidae, Hydrophilidae), Hymenoptera (Formicidae), Diptera (immature Tipulidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Cecidomyiidae, Tabanidae). The larvae of Chironomidae and Ceratopogonidae were the most abundant. The larvae of Tabanidae, Limoniidae and Libellulidae Elateridae had the highest biomass.

In *S. cuspidatum* habitat in the Patagonian region, the following orders and families were common or abundant: Oligochaeta (Enchytraeidae), Aranei (Lycosidae, Linyphiidae), Coleoptera (Dytiscidae, Hydrophilidae, Curculionidae), Trichoptera, Diptera (immature Limoniidae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Empididae, Dolichopodidae, Ephydriidae, Muscidae). Enchytraeidae, the larvae of Chironomidae and the adults of Dytiscidae (*Liodessus* sp.) were the most abundant; the larvae of Muscidae, Chironomidae and Trichoptera had the highest biomass.

The larvae of Diptera are represented by 7-12 families in each habitat and, as a rule, comprise 1/4 to 4/5 of the total biomass of macroinvertebrates. The larvae of Chironomidae and Ceratopogonidae are the most abundant dipterans; Limoniidae and Cecidomyiidae are common. As a rule, immature Limoniidae or, more rarely, Chironomidae or Tabanidae, have the highest biomass. The larvae of Chironomidae, Ceratopogonidae, Odonata, Trichoptera, and the adults of Hydrophilidae (*Enochrus (Hugoscottia)*), Dytiscidae (*Lancetes*, *Liodessus*) and Scirtidae occurred in bog pools and streams.

Macroinvertebrate communities in the Patagonian

Sphagnum habitats are characterized by the following notable differences from the Boreal ones: 1) a significant proportion of the Elateridae larvae in the total biomass of macroinvertebrates in the *S. magellanicum* habitat; 2) an almost complete absence of ants, free-living larvae of gall midges (Cecidomyiidae) and true bugs (Heteroptera), root-feeding aphids (Pemphigidae); 3) relatively high abundance of Muscidae larvae and puparia in the *S. cuspidatum* habitat; 4) low abundance of Odonata larvae and significant role of Trichoptera larvae in the total biomass in the *S. cuspidatum* habitat; 5) the presence of “aquatic” Empididae larvae and pupae of the genus *Neoplasta* (the subfamily Hemerodromiinae), which in the Palaearctic are confined mostly to running waters and are never found in peatlands; in Patagonia, the larvae and pupae of *Neoplasta* occurred in all studied bogs, in particular, they were common in the drier *S. magellanicum* habitat; 6) different subfamilial and generic composition of Chironomidae and Ceratopogonidae: as distinct from the Boreal bogs, only *Stilobezzia* and *Dasyhelea* of Ceratopogonidae were common; chironomids included abundant Podonomiinae.

All study habitats are characterized by a low total abundance of macroinvertebrates (usually no more than 500 ind./m²) and low biomass (average biomass, 0.3 to 1.5 g/m²). These values are several times as low as in most other semiaquatic habitats of the temperate zone of the Palaearctic, such as the water margin zone of lakes and running waters.

The *S. cuspidatum* habitat is characterized by a higher average biomass of macroinvertebrates aligned between the study sites; it was usually about 1 g/m². The *S. magellanicum* sites differ from each other in the average biomass (0.3-1.5 g/m²), which may be due to differences in the trophic conditions and hydrological regime of a drier habitat.

Sapro- and detritophagous species were the dominants in the total abundance and biomass in *S. magellanicum* habitats. In contrast, predators (adult Dytiscidae, larvae of Odonata, Muscidae, predatory larvae of Ceratopogonidae and Tabanidae) had the highest biomass in the *S. cuspidatum* habitat in the study period. Phytophagous invertebrates were always relatively few, are represented mainly by the larvae of Curculionidae, as well as the immature stages of *Hydrellia* (Ephydriidae) and Agromyzidae (Diptera).

The same-type habitats in the Boreal and Patagonian bogs are characterized by a similar level of abundance and taxonomic richness of macroinvertebrate

communities. On one hand, many life forms and taxonomic groups (orders, families, and sometimes even the genera) living in similar conditions are the same in bog habitats of both distant region (e.g., members of Geophilidae, Dytiscidae, Curculionidae, Elateridae, Chironomidae, Ceratopogonidae, Limoniidae). On the other hand, many above-listed strong differences between

the bog communities allow us to suggest that dramatic distinctions between the Boreal and Patagonian faunas may result in the considerable differences in the composition and structure of macroinvertebrate communities in the similar habitats of two regions. The relative depletion of macroinvertebrate fauna of Patagonian bogs is associated with climatic conditions and history of the region.

We are grateful to A. Prosvirov (Moscow) for help in identification of Elateridae. The work of all the authors of this study was supported by the Russian Science Foundation (grant no 14-14-01134); in addition to this, the work of A. Przhiboro (i.e. field equipment, field trips in NW Russia, processing and analysis of samples) was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (grants no 15-04-00732 and 14-04-01139).

Chumakov N.M., Zharkov M.A., German A.B., Doludenko M.P., Kalandadze N.N., Lebedev E.L., Ponomarenko A.G., Rautian A.S. Climatic zones in the middle of the Cretaceous period // *Stratigraphy and Geological Correlation*. 1995. Vol. 3, No 3. P. 42–63. [in Russian].

Ignatov M.S., Ignatova E.A. Moss flora of the Middle European Russia. Vol. 1. Sphagnaceae – Hedwigiaceae. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2003. 608 pp. [in Russian].

Katz N.Ya. Swamps of the Earth. Moscow: publishing house “Nauka”, 1971. 296 pp. [in Russian].

Meyen S.V. Osnovy paleobotaniki [Basics of Palaeobotany]. Moscow: Nedra, 1987. 403 pp. [in Russian].

Michaelis D. Die *Sphagnum*-Arten der Welt // *Bibliotheca Botanica. Original Contributions to Botany*. Vol. 160. Stuttgart: Schweizerberg Science Publishers, 2011. 408 pp.

Razumovsky S.M. Zakonomernosti dinamiki biocenozov [Laws of biocoenoses dynamics]. Moscow: Nauka, 1981. 231 pp. [in Russian].

Shaw A.J., Devos N., Cox C.J., Boles S.B., Shaw B., Buchanan A. M., Cave L., Seppelt R. Peatmoss (*Sphagnum*) diversification associated with Miocene Northern Hemisphere climatic cooling? // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2010. 55. P. 1139–1145.

FACTORS AFFECTING THE *SPHAGNUM* BIOMASS IN REVEGETATED MILLED PEATLANDS

Anna-Helena Purre¹ & Mati Ilomets²

¹Tallinn University, School of Natural Sciences and Health, annahele@tlu.ee

²Tallinn University, Institute of Ecology, ilomets@tlu.ee

Peat excavation is ongoing activity in many northern countries (e.g. Canada, Ireland, Finland, Sweden, Estonia, Russia and others). In Estonia, there are almost 10 000 hectares of abandoned milled peatlands, from which at least 2 000 hectares will be restored latest by 2023 in cooperation with Estonian government and European Union. Furthermore, vast areas are under continuing peat excavation. These areas have been drained and peatland vegetation has been removed. In order to restore milled peatlands, water level has to be raised and often some further methods like diaspore dispersal and mulching are needed.

The main objectives of the peatland restoration activities are to create biological diversity and community structure that is similar to nearby peatlands in the pristine state, restore peat (and carbon) accumulation function, and restore water buffering ability of the peatland (Pfadenhauer & Grootjans, 1999). Rochefort (2000) and Rochefort et al. (2003) have considered *Sphagnum* species and their recovery to be important in peatland restoration, so creating suitable conditions for peatland functioning.

Ohtu and Viru study sites were restored using the moss-transfer technique (Rochefort et al., 2003), both study sites are located in the Northern Estonia. Ohtu site was restored in spring 2006 and Viru site in autumn 2008. Bryophyte samples were collected in 2012 (Ohtu site, N=280) and in 2013 (Viru site, N=282) for analysing variations in bryophyte biomass between restoration techniques. More peat and bryophyte samples were collected in autumn 2012 (N=60, both sites) and 2015 (N=61, both sites), for connecting bryophyte biomass with peat properties. Peat pH was measured during the sampling.

Plant biomass and peat moisture and organic content were measured in Tallinn University, Institute of Ecology, chemical analysis were conducted in plant biochemistry laboratory in Estonian University of Life Sciences. For data analysis IBM SPSS Statistics ver. 21 was used and the ordination analysis (Principal Component Analysis (PCA)) was done in CANOCO 5.0. *Sphagnum* cluster was created using k-means clustering of bryophyte biomass samples in SPSS. Results were kept statistically significant if $\alpha < 0.05$.

Sphagnum species biomass was 0.8 ± 0.1 g dm⁻² in the Ohtu site and statistically significantly ($p < 0.01$) higher in the Viru site (5.0 ± 0.2 g dm⁻²). In addition to *Sphagnum* species (mainly *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum* and *Sphagnum rubellum*), *Polytrichum strictum*, *Aulacomnium palustre*, *Pleurozium schreberi* and *Dicranum polyostum* were also

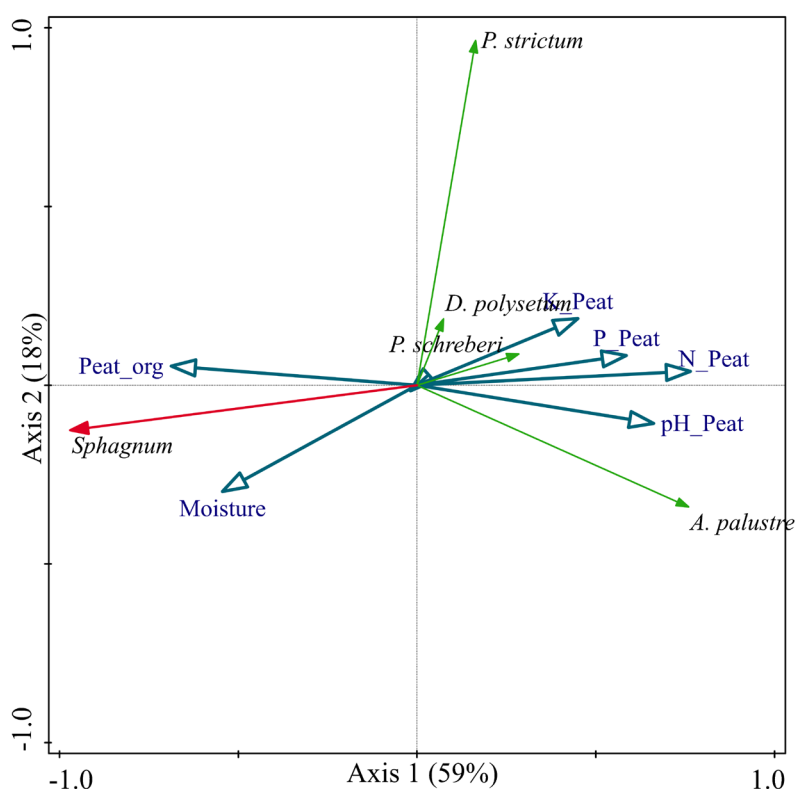


Fig. PCA analysis connecting the biomass of the bryophyte species and environmental variables.

present in both sites.

Variations in *Sphagnum* biomass in the revegetated milled peatlands was explained mainly by peat organic and moisture content (Fig.). Peat of the samples that were clustered to be with high *Sphagnum* biomass was characterized by relatively high peat moisture content ($84,4 \pm 0,6\%$) and peat organic content ($98,1 \pm 0,3\%$). pH ($3,3 \pm 0,1$) and peat nutrient levels remained near 1% (N) or below 0,05% (PK).

In the Ohtu site, *Sphagnum* biomass did not differ significantly between the plots with different dispersed species, but in the Viru site *Sphagnum* had statistically significantly ($p < 0,05$) increased biomass (5.0 g dm^{-2} or higher) in the plots where *S. fuscum* or *S. magellanicum* had been used in a dispersal material. *Sphagnum* species biomass did not differ significantly between the plots with different diaspore dispersal rates in the Ohtu site. In the other hand, *Sphagnum* biomass differed significantly between microtopographic zones with *Sphagnum* biomass being higher in depressions.

The study was financed by Estonian Science Foundation grant ETF-9070. The chemical analyses were conducted with the aid of Tallinn University Centre of Excellence of Natural Sciences and Sustainable Development. Authors thank mire research group in Institute of Ecology, Tallinn University for the preparations of the study sites.

Pfadenhauer J, Grootjans A (1999) Wetland restoration in Central Europe: aims and methods. // Applied Vegetation Science 2:95—106.

Rochefort L (2000) *Sphagnum*—A keystone genus in habitat restoration. // The Bryologist 103:503—508.

Rochefort L, Quinty F, Campeau S, Johnson K, Malterer T (2003) North American approach to the restoration of *Sphagnum* dominated peatlands. // Wetlands Ecology and Management 11:3—20.

INTERCHANGE OF *SPHAGNUM* SPECIES AFTER RESTORATION OF NATURAL HYDROLOGICAL CONDITIONS

Sigita Sprainaitė

Kamanos State Nature Reserve, Lithuania

s.sprainaityte@yahoo.com

The aim of research: to find out the changes of composition and cover of different *Sphagnum* species before and after restoration of natural hydrological conditions.

Site description. Slope of the raised bog with degraded *Ledo-Pinetum* R. Tx. 1955 and *Vaccinio uliginosi – Pinetum* Kleist 1929 plant communities was investigated. This part of bog was drained by one ditch dig out from lake in central part of bog in 1906. Hypothetically it could be *Sphagnetum magellanici* Sukopp 1959 ex Neuhausl 1969 before draining. Species composition was more changed in the vicinity of the ditch: abundant layer of semishrubs, cover of *Sphagnum* sparse or absent. The better condition persisted at a distance of 30-75 meters from the ditch.

The highest altitude (sample plot N₀ II) is 83,32 meters above sea level. The I-st plot is 9 cm lower and cover part of shallow canal valley with subsided peat beneath. The subsidence occurred due to draining in 100 year period. The III plot is in 25 cm lower position as the slope goes down.

The canal was finally blocked in 2007.

Methods:

1. Water level measurements were carried out in 1,5 m deep water-wells at a distance of 6, 37 and 75 meters to the ditch. The ground water level was regularly measured from April to October in fifteen-day period in 2007-2014.

2. Three sample plots of 10x10 m for flora investigation were established at a particular distance from the ditch: 0,5-10,5 m (I plot), 30-40 m (II plot) and 65-75 m (III plot). Cover of different *Sphagnum* mosses (%) was assessed in 20 squares in size 1x1 m in each sample plot (60 small sample plots totally) before (2005 – I and II plot; 2006 – III plot) and after ditch damming (2008, 2009, 2011, 2014).

Results:

1. Interchange of *Sphagnum* species during 9 year period occurred due to changes of water level and features of slope relief. Water level increased up to the surface level to 14 cm above (up to 14 cm down during summer period) in the I plot; ranged from 47 cm below to the surface level in the II plot and between 5-50 cm below in the III one.

2. Different number of *Sphagnum* species was recorded in three monitoring sites. 4 species were

obtained at the highest altitude (II plot) while 8 species at the lowest site (III plot). No one species had extinct or appeared new during observation period. Two species were counted near the ditch (I plot) before damming and 5 species in the fourth year (and later) after closing the canal.

3. The mean cover (%) of peat moss layer started increasing consistently after ditch damming:

YEAR	I plot	II plot	III plot
2005 (before restoration)	0,22	11,9	26,8
2014 (seventh year after restoration)	20,9	16	32,5

4. *Sphagnum capillifolium* was the dominating species in all sample sites before management activity. It remained so for four year after water level restoration. Later other species of *Sphagnum* became more abundant in the I plot while the tendency did not change in more furthest sites.

5. The difference occurred due to peat subsidence and highest ground water level in the I plot where mesotrophic conditions have formed and new species – *S. fallax*, *S. squarrosum* and *S. flexuosum* emerged. *S. fallax* first appeared in 2011 (mean cover 0,4%) and spread to 17% in 2014. *S. fimbriatum* was very sparse before ditch damming (mean cover 0,025 %) and increased to 2 % in the seventh year afterwards. The increase of *S. capillifolium* was not so significant and since 2011 remained stable.

Plots N₀ II contain *Sphagnum* species typical to ombrotrophic raised bogs: *S. angustifolium*, *S. capillifolium*, *S. flexuosum* (very sparse) and *S. magellanicum*. In addition four more species – *S. fallax*, *S. fuscum*, *S. rubellum* and *S. russowii* were found in the III plot.

Conclusion: Interchange of *Sphagnum* species depends on slope relief and height of restored water level and more significant becomes in the fourth year after management activities and later. Mesotrophic environment with corresponding *Sphagnum* species forms in the inundated area of drainage ditch valley. The furthest sites are less influenced, but the abundance of all *Sphagnum* species had increased.

PLANT COMMUNICATION IN BRYOPHYTES

Eliška Vicherová^{1*}, Velemír Ninkovic², Robert Glinwood² and Tomáš Hájek¹

¹Faculty of Science, University of South Bohemia, Branišovská 1760, 37005 České Budějovice, Czech Republic; Institute of Botany CAS, Dukelská 135, 37982 Třeboň, Czech Republic;

²Swedish university of Agricultural sciences, Ullsväg 16, Uppsala, Sweden

*vicherova.e@gmail.com

Vascular plants can communicate between each other, as well as with other groups of organisms. This ability helps them to survive in communities and adapt to changing environment, e.g. by enabling to assess competitive strength of surrounding plants (Ninkovic 2003), prepare for fungal or herbivore attack (Shiojiri et al. 2006, Karban et al. 2014) or attract herbivore predators (Guerrieri et al. 2002). So far, the best explored method of plant communication is a communication through volatile organic compounds (VOC). In contrast to vascular plants, communication between bryophytes or bryophytes and other organisms is almost unknown. The only example described is a study of bryophyte–microarthropod interaction (Rosenstiel et al. 2012), where male and female shoots produce different type of volatile cues to attract microarthropods that transport male spermatozoids

to female gametes (the analogy of ‘plant–pollinator-like’ relationship in flowering plants).

In order to find out whether bryophytes recognize identity of their competing neighbours through VOC, we exposed a moss *Hamatocaulis vernicosus* (rare species, poor competitor in poor-fen environment) to the air enriched by VOC produced by *Sphagnum flexuosum* (superior competitor in poor-fens). We used ‘twin-chamber cages’ setup, following Ninkovic (2003). In addition, we cultivated both species separately and in mixtures under low/high nutrients and under shady/non-shady conditions (simulated by far red light addition). In both experiments, we measured the growth in length, biomass and changes in shoot architecture and VOC production. The results will be presented at the conference.

Guerrieri E. et al. (2002): Plant-to-plant communication mediating in-flight orientation of *Aphidus ervi*. // J. Chem. Ecol. 28: 1703–1715.

Karban R et al. (2014): Volatile communication between plants that affects herbivory: a meta-analysis. // Ecol. Lett. 17: 44–52.

Ninkovic V. (2003): Volatile communication between barley plants affects biomass allocation. // J. Exp. Bot., 54: 1931–1939.

Rosenstiel T.N. et al. (2012): Sex-specific volatile compounds influence microarthropod-mediated fertilization of moss. // Nature 489: 431–433.

Shiojiri K. et al. (2006): Changing green leaf volatile biosynthesis in plants: An approach for improving plant resistance against both herbivores and pathogens. // PNAS, 103: 16672–16677.

ЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И РАЗЛОЖЕНИЕ *SPHAGNUM FUSCUM* (SCHIMP.) KLINGGR. В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

NET PRIMARY PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF *SPHAGNUM FUSCUM* (SCHIMP.) KLINGGR. IN THE MIDDLE TAIGA OF WESTERN SIBERIA

Е.К. Вишнякова^{1*}, Е.А. Сайб¹, Е.Д. Лапшина²

Е.К. Vishnyakova^{1*}, Е.А. Saib¹, Е.Д. Lapshina²

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

¹Institute of soil science and agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

²Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

²Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia

*zhenya1579@rambler.ru

Sphagnum fuscum является доминантом мохового покрова повышенных элементов рельефа в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири: в рядах и на грядах грядово-мочажинного комплекса. Целью нашей работы было параллельно с определением величины чистой первичной продукции (NPP) сфагнового мха проследить скорость разложения оцеса этого же вида. На основе полученных данных были проведены расчеты баланса растительного вещества сфагновой составляющей экосистемы верхового болота.

Исследования проводились в 2012-2015 гг. на олиготрофном болоте «Мухрино» (стационар Югорского университета, 60°53'20" с.ш. и 68°42'10" в.д.), расположенном в подзоне средней тайги. Продукция *S. fuscum* определялась как произведение плотности (количество стеблей мха в 1 дм²) на массу годового линейного прироста. Скорость разложения сфагнового оцеса изучали в полевом эксперименте. Капроновые мешочки с оцесом *S. fuscum* в количестве

2 г сухого веса закладывали на глубины 5 и 30 см от головок мха, вынимали через один, два и три года.

Чистая первичная продукция (NPP) *S. fuscum* варьирует от 320±26 до 390±50 г/м² в год (табл.). Потери массы сфагнового оцеса при разложении были максимальными в первый год и составили 24,9±5,6 %, что соответствует 79,7±17,9 г/м² в год, исходя из расчета, что количество отмершего в 2013 году сфагнового оцеса по массе равно величине чистой первичной продукции в этом же году. В последующие годы потери постепенно снижались (20,7±5,3 % в течение второго года и 10,8±3,5 % в течение третьего года). В результате общие потери за три года составили 56,4±3,5 % или 180,5±11,2 г/м² при разложении оцеса, образовавшегося в 2013 г., и 219,9±13,7 г/м² при разложении оцеса образовавшегося в 2014 г. Остаточная масса образцов оцеса *S. fuscum* после трехлетнего эксперимента по разложению была не более 43,6±3,5 %.

Таблица. Баланс растительного вещества *Sphagnum fuscum*

NPP (<i>S. FUSCUM</i>) (г/м ² в год)	ПОТЕРИ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ (г/м ² в год)			ОБЩИЕ ПОТЕРИ ЗА 3 ГОДА (г/м ²)
	за 1-й год	за 2-й год	за 3-й год	
за 2013 г. 320,0±26,0	79,7±17,9	66,2±17,0	34,6±11,2	180,5±11,2
за 2014 г. 390,0±50,0	97,1±21,8	80,7±20,7	42,1±13,7	219,9±13,7

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-05-00775.

THE STUDY OF CONJUGATE GROWTH OF *SPHAGNUM* AND PINES ON OLIGOTROPHIC BOG

Mihail Ya. Voytehov

The Taldom local administration for the nature reserve,
Taldom, the Moscow region, Russia

The average growth of *Sphagnum* were determined by sundew (*Drosera rotundifolia*), which growth is corresponding to the length growth of *Sphagnum* (V.N. Sukačev (1926) method). From top *Sphagnum* layer were extracted the sundew stems 8-10 cm. and by the number of leaf rosettes remnants was determined the age of the extracted parts of the plant. The length of the stem was measured by the measuring tape and divided by the number of years which determined by the above method.

According to our preliminary research in the bogs of the Polistovsky state biosphere reserve in 2013-2014 the annual growth of sundew on sites covered by pine 3-6 m tall (salinity of surface bog water is 27-37 mg l⁻¹) is 5-6 mm., and it reduced to 1.5-2 mm. for the most oligotrophic (water salinity is 10-15 mg l⁻¹) a flat treeless bog areas (here prevails *Drosera anglica*). On tussocks on the investigated area are dominated various species of *Sphagnum*: *Sphagnum angustifolium*, *S. centrale*, *S. magellanicum*, *S. subsecundum*, and other.

More detailed studies were held on 11-12 July 2015 at the bog Kolpitsky moss (Smolensk region, Demidovsky district, the National park Smolensk Lakeland). The bog is located in an oval valley among fluvio-glacial deposits. The *Sphagnum* peat layer over 1 m. Almost flat topography of the bog, the homogeneous finely-tussock microrelief (tussock up to 20 cm) suggests that the main factor influencing the increment of pine is the availability of mineral nutrients (salinity of water on bog edge is 45-70 mg l⁻¹). The main source of mineral nutrition is the

runoff from the shores of the basin. Both visually on the areas, and on the space photo (Google) shows that out of main flooded site the growth of the pine is better on the fringes of the swamp, but closer to the center it gets worse. The absolute *Sphagnum magellanicum* domination on the tussocks allows to explore the growth on one moss species.

Height of pine was determined by eye. The annual increment of pine was determined by dividing the height of the part of the trunk 0.5 m above the bog to the top on the number of annual whorls of branches. Diameter at a height of 50 cm was determined by measuring tape. Volume of wood was determined on the model sites of 10 x 10 m. and converted to area 1 ha. At each site were examined 5 sundew plants.

The main measurements were held in the middle part of the pine bog along the cut-ride, where better lighting and higher abundance of sundew. On the southern bog edge was also investigated growth of the sundew on almost treeless papulose-hollow site, where are moss tussocks up to 40 cm tall among the more watery part of the bog (site 1). In addition, the growth of the sundew was investigated on a small oligotrophic bog adjacent to the North (site 3). Here, in addition to *Sphagnum magellanicum* has abundance of *Sphagnum angustifolium*.

These data give the base to conclude that the deficit of mineral nutrition create similar complicates both the growth of *Sphagnum magellanicum*, and the growth of pine.

Table. The annual increment of pine and sundew in the studied areas.
Sites are listed in order of increasing growth of pine trees.

SITES		HEIGHT OF PINE, M	ANNUAL INCREMENT OF PINE, CM	VOLUME OF WOOD, M ³ HA ⁻¹	INCREMENT OF SUNDEW, MM (WHICH CORRESPONDS TO A GROWTH OF <i>SPHAGNUM</i>)
No	COORDINATES				
1	N 55 28 005 E 031 38 631	< 0,4	< 2	< 0,1	(5,4+5,4+5,4+6,0+6,0) 5 ⁻¹ = 5,6
2	N 55 28 064 E 031 38 579	2,25±0,75	2,5±0,5	1,75	(7,0+8,0+8,0+10,5+11,0) 5 ⁻¹ = 8,9
3	N 55 28 673 E 031 39,244	4,5±1,5	4,5±0,5	4,5	(7,0+7,6+8,2+8,2+9,5) 5 ⁻¹ = 8,3
4	N 55 28 234 E 031 38 807	5±2	5,5±1,5	9	(9,0+9,5+11,0+11,0+12,0) 5 ⁻¹ = 10,5
5	N 55 28 250 E 031 38 714	5,5±1,5	6±1	11	(8,5+8,5+9,0+9,6+12,0) 5 ⁻¹ = 9,6
6	N 55 28 347 E 031 38 412	6,5±3,5	8±4	27	(14,3+16,0+15,9+17,0+14,0) 5 ⁻¹ = 15,4

The author expresses his gratitude to the administrations of nature reserves Polistovsky and Smolensk Lakeland for their help assistance in the work.

Сукачев В.Н. 1926. [Sukachev V.N.] Болота, их образование, развитие и свойства [Bogs, their development and properties]. Ленинград: Изд. Ленингр. Лесного ин-та. 162 с.

ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ СФАГНОВОЙ ДЕРНИНЫ
 ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
 BULK DENSITY OF *SPHAGNUM* TURF OF RAISED BOGS
 IN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Е.А. Заров

E.A. Zarov

Югорский государственный университет

zarov.evgen@yandex.ru

Торфяная залежь делится на два функционально различных уровня – зону активного преобразования органического вещества (акротелм или деятельный горизонт) и относительно стабильную в биохимическом плане зону накопления торфа (катотелм). Граница условно определяется по среднему минимальному уровню стояния болотных вод (УБВ). В зависимости от УБВ территории занимают различные сообщества растений. Так, для таежной зоны Западной Сибири для увлажненных участков (топи, мочажины) олиготрофных сфагновых болот характерны фитоценозы с преобладанием в моховом покрове *S. balticum*, *S. jensenii*, *S. papillosum*, *S. majus*, а среди трав *Eriophorum vaginatum*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*; на более сухих участках (рямах, грядах) в напочвенном покрове абсолютно доминирует *S. fuscum*, обильны вересковые кустарнички и *Pinus sylvestris* [Филиппов, Лапшина, 2008].

Переплетаясь, живые растения и их отмершие остатки формируют волокнистую структуру, в которой промежутки-поры, заполнены водой и газом. При этом доминирующие виды мхов формируют свой характерный «почвенный скелет», который определяет основные физические характеристики биотопа (в частности объемную плотность (ОП) и пористость). На долю деятельного горизонта, включающего моховой ковер, приходится 90-95 % всего годового стока воды [Zarov et al, 2015], что является определяющим фактором формирования болотных микроландшафтов. При этом показатель ОП является ключевым параметром для определения стока с болот при гидрологических изысканиях [Boelter, 1968; Иванов, 1957]. Показатель ОП определяется как отношение веса абсолютно сухой массы органического вещества к ее объему в естественном состоянии.

Целью работы было определение показателя ОП сфагновой дернины для микроландшафтов с доминированием различных видов сфагновых мхов для типичного олиготрофного болота таежной зоны Западной Сибири.

Исследуемый болотный массив расположен в 30 км к юго-западу от г. Ханты-Мансийск

(Ханты-Мансийский автономный округ - Югра) на левобережной террасе реки Иртыш и является репрезентативным для среднетаежной зоны Западной Сибири. Поверхность болота имеет выпуклую форму, средняя глубина торфа составляет 3.1 м, с максимальными значениями около 6 м, зарегистрированными в районе озерной котловины в северо-западной части болота. Торфяная залежь на 2/3 сложена верховыми сфагновыми и пушицево-сфагновыми видами торфа (61.6 %), и подстилаемая 0.5-1.5 м слоями переходных и низинных торфов. Общая площадь исследуемой территории составила 6.35 км², из них на долю мочажин приходится 38.2 %, гряд – 14.9 %, типичного рьяма – 24.3 %, рослого рьяма – 4.1 %.

В зимний период 2011-2012 и 2015 годах из монолитов мерзлой сфагновой дернины были отобраны образцы почвы до максимальной глубины промерзания, которая составила 40 см на грядах и в рьямах и 30 см в топяных сообществах, с последующим добром образцов торфа до глубины 60-70 см для включения в колонку верхних горизонтов собственно торфа. Образцы были отобраны во всех типичных болотных микроландшафтах (доминантные виды указаны в скобках) – рослый рям (*S. angustifolium*), типичный рям (*S. fuscum* и обилие кустарничков), топь (*S. papillosum*), в грядово-мочажинном комплексе образцы отобраны отдельно на гряде (*S. fuscum*) и в мочажине (*S. balticum*).

В каждом микроландшафте отбор образцов был проведен в трёхкратной повторности на участках, выбранных в различных частях болотного массива. Все образцы были доставлены в лабораторию, где были высушены до абсолютно сухого состояния (24 ч при температуре 105 °С) и взвешены с точностью до 0.01 г. Всего было проанализировано 225 образцов.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 1.

Наибольшие значения ОП для верхних 30 см сфагновой дернины характерны для рослого рьяма (0.069±0.017 г/см³), минимальные значения отмечены в топяных условиях (0.016±0.006 г/см³). Для более глубоких исследованных слоев максимальные значения зарегистрированы для рослого (0.101±0.06 г/см³) и типичного рьяма (0.110±0.043 г/см³).

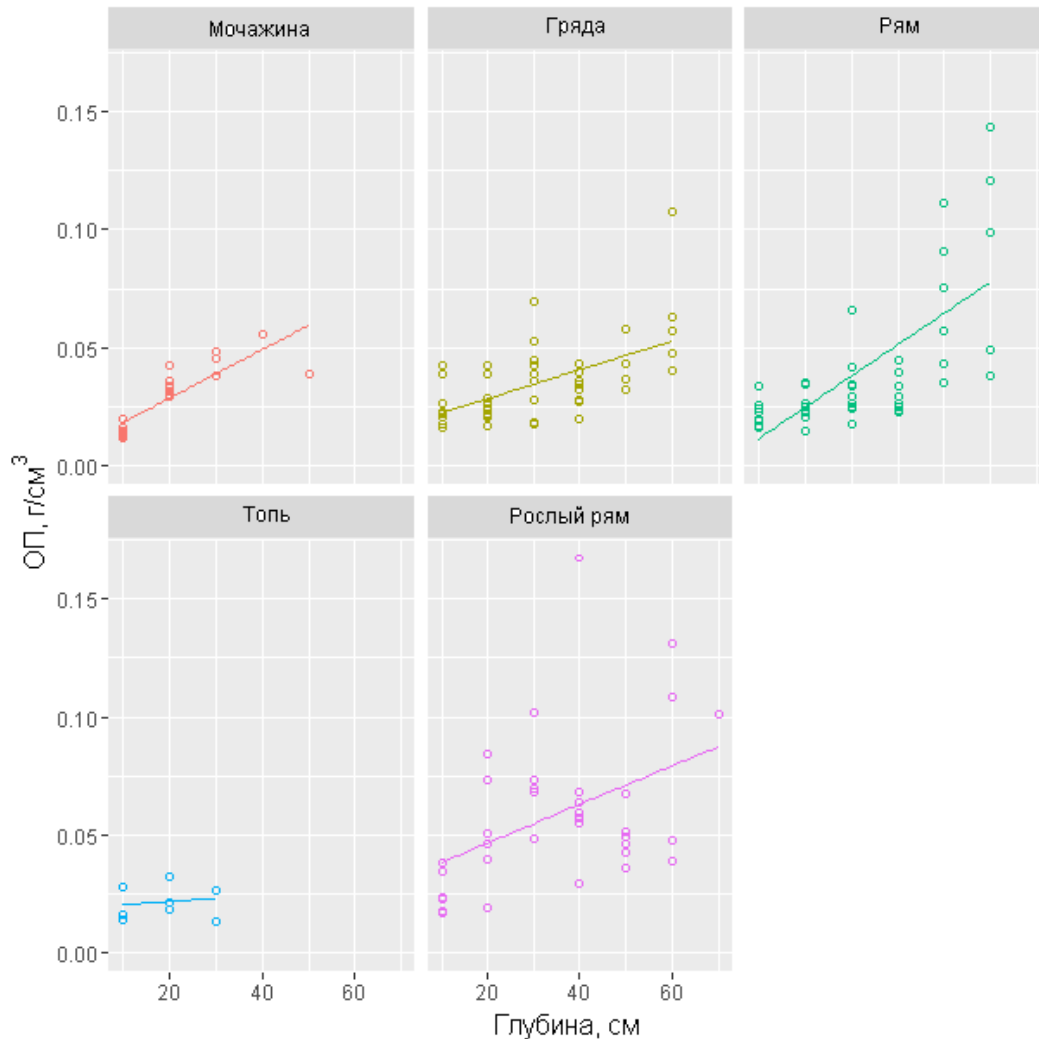


Рис. Изменение показателя ОП моховой дернины по глубине для микроландшафтов с разными доминантными видами сфагновых мхов (линиями обозначена функция линейной регрессии)

В целом, значения показателя ОП выше для микроландшафтов с более глубоким уровнем залегания болотных вод (рослый и типичный рямы, гряды), чем для более влажных участков (топи и мочажины).

Показатель ОП имеет общую тенденцию к увеличению с глубиной. Для всех исследованных участков взаимосвязь между показателем ОП и глубиной была достоверно (R^2 не менее 0.71) описана уравнением линейной регрессии, представленными на рисунке. Самые высокие угловые коэффициенты, свидетельствующие о максимальной скорости изменения показателя, характерны для типичного ряма (0.0166) и мочажины (0.0137), минимальные

– для топи (0.0019). Для ряма это объясняется тем, что собственно торф, где растительные остатки принимают горизонтальную слоистость и поэтому имеют более высокую плотность, попадает в исследуемые пределы. В мочажине из-за переменного в течение сезона уровня болотных вод стебельки мхов компактно спрессовываются под слоем живого годового прироста. В обводненной сфагновой топи уровень болотных вод всегда стоит на поверхности, моховой покров, отмершие части сфагновых мхов и подземные части сосудистых растений остаются в воде во взвешенном состоянии, тем самым ОП с глубиной увеличивается с наименьшей скоростью.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-44-00091 p_урал_a.

Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны / Иванов К.Е. СПб.: Гидрометеоздат, 1957. 500 с.

Филиппов И.В., Лапшина Е.Д. Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Новосибирск, № 1, 2008, сс. 115-124.

Boelter D.H. Important Physical Properties of Peat Materials // Proceedings of the third international peat congress. Quebec, Canada. 1968. pp. 150-154

Zarov E.A., Schmitz O., Bleuten W. / Development of a high resolution modeling tool for prediction of waterflows through complex mires: Example of the Mukhrino bog complex in West Siberian middle Taiga Zone. Vol. 17, EGU2015-PREVIEW, 2015.

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Вступительное слово	5
Foreword	7
R.E. Andrus INTERNATIONAL <i>SPHAGNUM</i> MEETINGS - A BRIEF HISTORY.....	9
E.Z. Baisheva SPHAGNA IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN (THE SOUTHERN URAL).....	11
V.V. Chakov [In Russian]: В.В. Чаков ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ СФАГНОВЫХ ВИДОВ МХА В ЗОНАХ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.....	14
E.A. Golovatskaya, L.G. Nikonova [In Russian]: Е.А. Головацкая, Л.Г. Никонова ПРОДУКЦИЯ И ДЕСТРУКЦИЯ СФАГНОВЫХ МХОВ В ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТАХ ЮЖНО- ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	17
D. Grummo, N. Zeliankevich, O. Sozinov [In Russian]: Д.Г. Груммо, Н.А. Зеленкевич, О.В. Созинов СФАГНОВЫЕ МХИ В ПОСТПИРОГЕННЫХ СУКЦЕССИЯХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА.....	21
M. Guêné-Nanchen, R. Pouliot, S. Hugron, L. Rochefort INFLUENCE OF GRAMINOID PLANTS ON THE DEVELOPMENT OF THE MOSS LAYER (<i>SPHAGNUM SPP.</i>).....	25
J.F. Köbbing, G. Schmilewski CHALLENGES OF UTILIZING LIVING <i>SPHAGNUM</i> MOSSES AS A GROWING MEDIA CONSTITUENT.....	27
N.G. Koronatova, N.P. Kosykh, V.A. Stepanova [In Russian]: Н.Г. Коронатова, Н.П. Косых, В.А. Степанова ЛИНЕЙНЫЙ ПРИРОСТ СФАГНОВЫХ МХОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С ПОГОДНЫМИ УСЛОВИЯМИ.....	29
A. Korrensalo, L. Kettunen, R. Laiho, P. Alekseychik, J. Rinne, T. Vesala, E-S. Tuittila THE VARIATION IN STANDING BIOMASS AND BIOMASS PRODUCTION BETWEEN VEGETATION COMMUNITIES OF AN OMBROTROPHIC BOREAL BOG.....	31
N.P. Kosykh, N.G. Koronatova, V.A. Stepanova [In Russian]: Н.П. Косых, Н.Г. Коронатова, В.А. Степанова ДИНАМИКА И СКОРОСТЬ РОСТА СФАГНОВЫХ МХОВ.....	34
M. Krebs, G. Gaudig <i>SPHAGNUM</i> FARMING IN GERMANY: HOW TO MAXIMIZE PEATMOSS PRODUCTIVITY.....	36
M. Küttim, L. Küttim, A.M. Laine-Petäjäkangas, M. Pomets THE EFFECT OF WINTER CONDITIONS ON THE NUTRIEN STATUS (N, P, K) OF THREE <i>SPHAGNUM</i> SPECIES.....	37
E.D. Lapshina RARE <i>SPHAGNUM</i> SPECIES OF WEST SIBERIA.....	38

A.I. MaksimovREVIEW OF *SPHAGNUM* SPECIES (SPHAGNACEAE, BRYOPHYTA) FROM ASIAN RUSSIA.I. SUBGENUS *SUBSECUNDA*.....41**V. L. Mironov**NATURAL GENESIS OF THE GEOTROPIC CURVATURES AND THEIR USE FOR GROWTH ESTIMATING IN *SPHAGNUM* MOSSES.....45**M. Noskova***SPHAGNUM* COVER DYNAMICS IN TRANSITIONAL MIRES, THE RESULTS OF 27 YEARS OF MONITORING.....48**L. Op den Kamp**

PEATMOSS AREAS IN GERMANY AND SURROUNDINGS.....50

V.V. Panov [In Russian]: В.В. Панов

СТРОЕНИЕ И ДИНАМИКА ДЕРНИНЫ СФАГНОВОГО МХА.....52

A. Prager*SPHAGNUM* FARMING: IN SEARCH FOR HIGHLY PRODUCTIVE MOSSES, ITS BREEDING AND PROPAGATION (THE INTERDISCIPLINARY PROJECT MOOSZUCHT).....55**K.I. Prokina, D.A. Philippov, A.P. Mylnikov [In Russian]: К.И. Прокина, Д.А. Филиппов, А.П. Мыльников**

О ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦАХ СФАГНОВЫХ МОЧАЖИН ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ.....56

A.A. Przhiboro, A.A. Prokin, D.A. PhilippovCOMMUNITIES OF MACROINVERTEBRATES IN HABITATS OF BIPOLAR-DISTRIBUTED *SPHAGNUM* SPECIES AS A MODEL TO EVALUATE THE RELATIONSHIPS OF HISTORICAL AND ECOLOGICAL FACTORS IN THE EVOLUTION OF COMMUNITIES: A PRELIMINARY COMPARISON OF BOGS IN EUROPEAN RUSSIA AND SOUTHERN CHILE.....59**A.-H. Purre, M. Pomets**FACTORS AFFECTING THE *SPHAGNUM* BIOMASS IN REVEGETATED MILLED PEATLANDS...63**S. Sprainaitė**INTERCHANGE OF *SPHAGNUM* SPECIES AFTER RESTORATION OF NATURAL HYDROLOGICAL CONDITIONS.....65**E. Vicherová, V. Ninkovic, R. Glinwood, T. Hájek**

PLANT COMMUNICATION IN BRYOPHYTES.....66

E.K. Vishnyakova, E.A. Saib, E.D. Lapshina E.K. [In Russian]: Вишнякова, Е.А. Сайб, Е.Д. ЛапшинаЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И РАЗЛОЖЕНИЕ *SPHAGNUM FUSCUM* (SCHIMP.) KLINGGR. В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....67**Mihail Ya. Voytehov**THE STUDY OF CONJUGATE GROWTH OF *SPHAGNUM* AND PINES ON OLIGOTROPHIC BOG.....68**E.A. Zarov [In Russian]: Е.А. Заров**

ОБЪЕМНАЯ ПЛОТНОСТЬ СФАГНОВОЙ ДЕРНИНЫ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....69

Научное издание

**Материалы VI Международного симпозиума «Биология сфагновых мхов»
Санкт-Петербург; Ханты-Мансийск
28 июля – 11 августа 2016 г.**

**Proceedings of the VI International Field Symposium «Biology of *Sphagnum*»
Saint Petersburg; Khanty-Mansiysk
July 28 – August 11, 2016**

Подготовка оригинал-макета Н.Г. Коронатова

Подписано в печать 07.07.2016 г. Формат 60×84¹/₈.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Тираж 150 экз. Заказ № 1966.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–53-15-28
Сайт: <http://publish.tsu.ru>
E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-552-7



9 785946 215527