

№ 3(15)
2018

БЮЛЛЕТЕНЬ

Брянского отделения
Русского ботанического общества

Периодическое печатное издание



12+

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского»

РУССКОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
БРЯНСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

БЮЛЛЕТЕНЬ

Брянского отделения Русского ботанического общества

Периодическое печатное издание

№ 3 (15)



Брянск
2018

Ministry of Education and Science of Russian Federation
BRYANSK STATE UNIVERSITY NAMED AFTER ACADEMICIAN I. G. PETROVSKY

RUSSIAN BOTANICAL SOCIETY
BRYANSK DEPARTMENT

Bulletin

of Bryansk department of Russian botanical society

Printed periodical

Издается в Брянске с 2013 г.
Published in Bryansk since 2013

Главный редактор *А. Д. Булохов*
Editor-in-chief *A. D. Bulokhov*

Редакционная коллегия

д. б. н. *А. Д. Булохов*, д. б. н. *О. А. Аненхонов*, д. б. н. *Э. З. Баишева*, д. б. н. *О. И. Евстигнеев*,
д. б. н. *В. В. Заякин*, д. с.-х. н. *Н. А. Ламан*, д. б. н. *А. А. Нотов*, к. б. н. *Н. Н. Панасенко*,
д. б. н. *В. Н. Решетников*, д. б. *С. Русиня*, д. б. н. *Ю. А. Семениченков*,
д. б. н. *А. П. Серёгин*, д. пед. н. *Т. А. Степченко*, д. б. *Р. Т. Цонев*, д. б. *Л. Эрдош*

Editorial board

Sc. D. *A. D. Bulokhov*, Sc. D. *O. A. Anenkhonov*, Sc. D. *E. Z. Baisheva*, Sc. D. *O. I. Evstigneev*,
Sc. D. *V. V. Zayakin*, Sc. D. *N. A. Laman*, Sc. D. *A. A. Notov*, Ph. D. *N. N. Panasenko*,
Sc. D. *V. N. Reshetnikov*, Ph. D. *S. Rūsiņa*, Sc. D. *Yu. A. Semenishchenkov*,
Sc. D. *A. P. Seregin*, Sc. D. *T. A. Stepchenko*, Ph. D. *R. T. Tsonev*, Ph. D. *L. Erdős*

Учредитель: ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»

Бюллетень зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций по Брянской области.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ТУ32-00223 от 19 марта 2013 г.

Адрес издателя и редакции: 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»

Тел.: +7 (4832) 66-68-34. E-mail: rbo.bryansk@yandex.ru
Сайт журнала в сети Internet: <http://rbobryansk.wix.com/jum>

Редактор англоязычного текста *А. В. Грачева*
Художник *М. А. Астахова*

Издание осуществляется за средства Брянского отделения РБО

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского», 2018
© Коллектив авторов, 2018

ФЛОРИСТИКА

УДК 581.9

МОХООБРАЗНЫЕ ЛЕСО-БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НЕРУССО-ДЕСНЯНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

© Л. Н. Анищенко
L. N. Anishchenko

Bryophytes of forest-mire complexes of the Nerusso-Desnyanskoye Polesseye

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»,
кафедра экологии и рационального природопользования
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14. Тел.: +7 (4832) 66-67-33, e-mail: eco_egf@mail.ru

Аннотация. В статье приведён видовой состав мохообразных памятников природы «Княжна», «Озерки», «Болото Рыжуха» (Неруссо-Деснянское Полесье, Навлинский и Суземский р-ны). Составлен список флоры мохообразных лесо-болотных комплексов, насчитывающий 147 видов из 82 родов, из них 132 принадлежат к классу *Bryopsida*, 15 – *Hepaticopsida*. Видовой состав мохообразных болота Княжна насчитывает 134 вида, болота Рыжуха – 133 вида, болота Озерки – 128 видов. Для мохообразных указаны частота встречаемости в биоценозах памятников природы, дан анализ синузального сложения мохообразных, указаны редкие для региона виды: *Dicranum bonjeanii* (Озерки), *Sphagnum majus* (Озерки), *S. jensenii* (Озерки), *S. balticum* (Озерки), *Helodium blandowii*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Tomentypnum nitens*, *Paludella squarrosa* (Княжна), *Dicranum viride* (Болото Рыжуха).

Ключевые слова: бриофлора, памятники природы, лесо-болотные комплексы, Брянская область.

Abstract. In the article the species composition of bryophytes of nature monuments «Knyazhna», «Ozerki», «Boloto Ryzhucha» (Nerusso-Desnyanskoye Polesseye, Navlya and Suzemka districts) is done. Compiled a list of the flora of bryophytes of forest-mire complexes with 147 species from 82 genera, 132 of them belong to the class *Bryopsida*, 15 – *Hepaticopsida*. The species composition of bryophytes of Knyazhna mire has 134 species, the Ryzhukha mire – 133 species, the Ozerki mire – 128 species. For bryophytes lists the frequency of occurrence in biocoenoses of nature monuments, the analysis of sinusies of bryophytes is done, rare species for the region listed: *Dicranum bonjeanii* (Ozerki), *Sphagnum majus* (Ozerki), *S. jensenii* (Ozerki), *S. balticum* (Ozerki), *Helodium blandowii*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Tomentypnum nitens*, *Paludella squarrosa* (Knyazhna), *Dicranum viride* (Boloto Ryzhucha).

Keywords: bryoflora, nature monuments, forest-mire complexes, Bryansk region.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-3-12

Введение

Мохообразные вносят значительный вклад в сложение растительного покрова лесо-болотных комплексов биосферного резервата Неруссо-Деснянское Полесье, повышая видовое и ценогическое разнообразия и создавая высокую мозаичность пространственной структуры растительных сообществ. В настоящей статье приведены результаты инвентаризации и анализа бриофлоры лесо-болотных комплексов памятников природы «Княжна», «Озерки», «Болото Рыжуха» в качестве модельных территорий ландшафтов полесий.

Природные условия района исследования

Неруссо-Деснянское Полесье – физико-географический район в бассейне среднего течения Десны в юго-восточной части Брянской области. Граничит с Трубчевским ополем (на западе), Навля-Деснянским полесьем (на севере), с Брасовскими, Комаричско-Севскими и Зерново-Севскими лёссовыми плато (на востоке), с Деснянско-Старогутским Полесьем (на юге) (Природное..., 1975; Федотов, 2004; Природные..., 2007).

Климат этого региона умеренно континентальный; годовое количество осадков – 550 мм; среднегодовая температура – +6,4°C; продолжительность вегетационного периода – 180–190 дней (Кайгородова, 2006). В ботанико-географическом плане район относится к Полесской подпровинции Восточноевропейской широколиственно-лесной провинции (Растительность ..., 1980) с общей лесистостью около 80%, что значительно выше, чем в целом по Брянской области. Флора сосудистых растений Неруссо-Деснянского Полесья насчитывает 888 видов сосудистых растений из 105 семейств, флора болот – 303 вида из 66 семейств (Федотов, Евстигнеев, 1997; Федотов, 1999, 2011).

На территории всех памятников природы Полесья обширные по площади болота носят одноимённые названия (рис. 1).

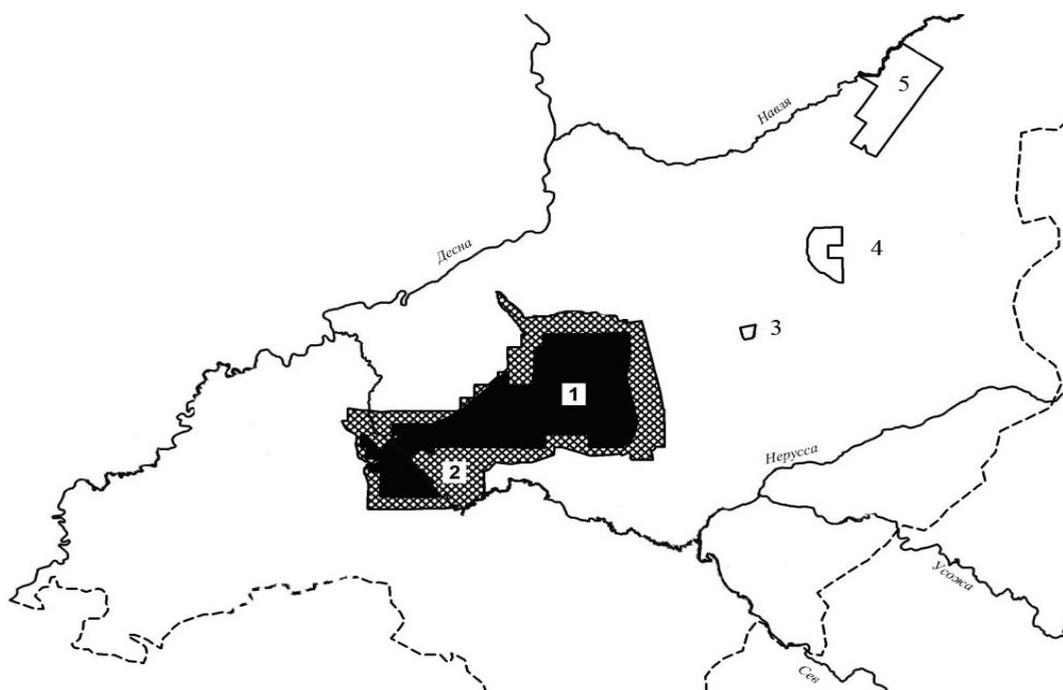


Рис. 1. Особо охраняемые природные территории Неруссо-Деснянского Полесья (по: Екимова, 2008, с изменениями). Обозначения: 1 – Государственный природный биосферный заповедник «Брянский лес»; 2 – охранный зона заповедника «Брянский лес»; памятники природы: 3 – Озерки, 4 – Княжна, 5 – Болото Рыжуха.

Памятник природы «Болото Рыжуха» (Навлинский р-н) основан в 1995 г. для сохранения природных комплексов долины р. Навля, редких видов растений и животных, мест массового произрастания лекарственных растений, редких в области гипновых и ключевых болот, поддерживающих гидрологический режим р. Навля, охраны ключевой орнитологической территории (код RU 077) (Постановление..., 2008). Болото Рыжуха площадью 280 га – присклонное карбонатное болото с древесно-моховыми, травяно-гипновыми и кустарниково-гипновыми евтрофными сообществами, которые в литературе относят к асс. *Betuletum humilis* Fijalk. 1959¹, *Climacio dendroidis*–*Betuletum pubescentis* Fedotov 1999, *Carici elongatae*–*Alnetum glutinosae* Koch 1926 ex Tx. 1931, *Sphagno squarrosi*–*Alnetum glutinosae* Doing. 1962, *Violo palustris*–*Alnetum glutinosae* Passarge 1971, *Urtico dioicae*–*Alnetum glutinosae* Bulokhov et Solomeshch 2003, *Sphagno*

¹ В статье названия синтаксонов даны в соответствии с цитируемыми работами. Авторы синтаксонов указаны при первом упоминании.

girgensohnii–Piceetum abietis В. Pol. 1962, *Cirsio oleracei–Piceetum abietis* Anishchenko et Kharlampieva 2011 (Морозова, 1999; Федотов, 1999; Булохов, Соломещ, 2003; Анищенко, Харламбиева, 2011).

Памятник природы «Княжна» (Суземский р-н) организован в 1995 г. для сохранения природных комплексов участка долины малой р. Княжна (Железная) с редкими видами растений, ключевыми болотами и выходами напорных родников (Постановление..., 2008). Болото Княжна имеет карбонатное водно-минеральное питание и занимает площадь 158 га. Исследованы древесно-моховые, кустарниково-гипновые, травяно-гипновые евтрофные болотные и лесо-болотные сообщества асс. *Caricetum diandrae* Jonas 1932, *Betuletum humilis*, *Climacio dendroidis–Betuletum pubescentis*, *Carici elongatae–Alnetum glutinosae*, *Sphagno squarrosi–Alnetum glutinosae*, *Urtico dioicae–Alnetum glutinosae*, *Carici remotae–Fraxinetum excelsioris* Koch ex Faber 1926, *Pino-Ledetum palustris* Тх. 1955 (Морозова, 1999; Федотов, 1999; Булохов, Соломещ, 2003; Анищенко, Харламбиева, 2011).

Памятник природы Озерки (Суземский р-н) организован в 1995 г. создан для охраны болотного урочища с реликтовыми сообществами, местообитаний редких растений (Постановление..., 2008). Топяное болото в староозёрной котловине Озерки площадью 6 га включает сосново-сфагновые, травяно-сфагновые, травяные сообщества (олиго-, мезо- и евтрофные) асс. *Betuletum humilis*, *Climacio dendroidis–Betuletum pubescentis*, *Caricetum limosae* Osvald 1923, *Caricetum rostratae* Rübel 1912 ex Osvald 1923, *Sphagnetum betulo-caricosum* (Kaks 1915) Botch et Smagin 1993, *Vaccinio uliginosi–Betuletum pubescentis* Lilb. 1933, *Vaccinio uliginosi–Pinetum sylvestris* Kleist 1929 em. Mat. 1962, *Pino-Ledetum palustris* Тх. 1955 (Морозова, 1999; Федотов, 1999; Булохов, Соломещ, 2003; Анищенко, Харламбиева, 2011).

Все лесо-болотные комплексы были слабо затронуты осушительной мелиорацией, однако подвергались другим антропогенным воздействиям, и сейчас они находятся на разных стадиях восстановления, особенно на территории памятника природы «Болото Рыжуха».

Методика работы

На основании проведённых в 2007–2017 гг. флористических исследований выявлена бриофлора лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья (табл. 1). Встречаемость видов мохообразных определена по шкале числа собранных образцов: гг – очень редко (1–3 образца); г – редко (4–7); р – спорадически (8–15); fq – обычно (15–30); fqq – повсеместно, встречаются очень часто (более 30).

При выявлении бриофлоры закладывали пробные площадки на валеже различных стадий разложения, оцениваемого по косвенным внешним признакам, на участках стволов доминирующих видов деревьев площадью 100 см². В каждом из местообитаний на болотах заложено по 200 пробных площадок. Учитывали и количество мохообразных напочвенного покрова при геоботанических описаниях сообществ сосудистых растений. В каждом из исследуемых сообществ заложены по 11 пробных площадок по 100 м².

Для оценки разнообразия бриофлоры определены видовое богатство (общее количество видов в растительном сообществе) и видовая насыщенность (среднее количество видов на единицу площади) (Мэгарран, 1992; Смирнова и др., 2002); индекс разнообразия Симпсона (Уитеккер, 1980).

Номенклатура мхов отдела *Bryophyta* дана в соответствии со списком мохообразных Восточной Европы и Северной Азии (Ignatov et al., 2006); отдела *Marchantiophyta* – со списком печеночников России (Konstantinova et al., 2009), сосудистых растений – по С. К. Черепанову (1995).

Результаты исследования

Бриофлору исследованных лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья составляют 147 видов из 82 родов и 41 семейства (табл. 1).

Характеристика флоры мохообразных лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья

Видовой состав	ООПТ		
	Княжна	Рыжуха	Озерки
<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M. Fleisch.	г	г	г
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>Anomodon attenuatus</i> (Hedw.) Huebener	г	г	.
<i>A longifolius</i> (Brid.) Hartm.	г	г	г
<i>A. viticulosus</i> (Hedw.) Hook. & Taylor	г	г	.
<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	р	р	г
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	fqq	fqq	fqq
<i>Brachytheciastrum velutinum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	г	г	г
<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Bruch et al.	г	г	г
<i>B. campestre</i> (Müll. Hal.) Bruch et al.	р	р	р
<i>B. mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.	р	р	р
<i>B. rivulare</i> Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>B. rutabulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	р	р	р
<i>B. salebrosum</i> (F. Web. et D. Mohr) Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>Breidleria pratensis</i> (W. D. J. Koch. ex Spruce) Loeske	г	г	г
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	fq	fq	fq
<i>B. caespiticium</i> Hedw.	р	р	р
<i>B. pallescens</i> Schleich. ex Schwägr.	г	г	г
<i>B. pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaertn. et al.	г	г	.
<i>Callicladium haldanianum</i> (Grev.) H. A. Crum	р	р	р
<i>Calliargon cordifolium</i> (Hedw.) Kindb.	fg	р	г
<i>C. giganteum</i> (Schimp.) Kindb.	г	г	г
<i>Calliargonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske	fqq	fqq	fqq
<i>C. lindbergii</i> (Mitt.) Hedenäs	р	р	р
<i>Campylidium sommerfeltii</i> (Myr.) Ochyra	г	г	г
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	fg	fg	fg
<i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout	fqq	fqq	р
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	fqq	fqq	fqq
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	р	р	г
<i>Dicranella cerviculata</i> (Hedw.) Schimp.	fqq	fqq	fqq
<i>D. heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	р	р	р
<i>D. rufescens</i> (Dicks.) Schimp.	г	г	г
<i>D. varia</i> (Hedw.) Schimp.	г	г	г
<i>Dicranum bonjeanii</i> De Not.	.	.	г
<i>D. flagellare</i> Hedw.	.	г	.
<i>D. montanum</i> Hedw.	fqq	fqq	fqq
<i>D. polysetum</i> Sw.	fqq	fqq	fqq
<i>D. scoparium</i> Hedw.	fqq	fqq	fqq
<i>D. viride</i> (Sull. & Lesq.) Lindb.	.	г	.
<i>Ditrichum cylindricum</i> (Hedw.) Grout	fqq	fqq	fqq
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	р	р	р
<i>Eurhynchiastrum pulchellum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	г	г	г
<i>Eurhynchium angustirete</i> (Broth.) T. J. Kop.	г	г	г
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	г	г	г
<i>F. taxifolius</i> Hedw.	р	р	г
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	р	р	р
<i>Hamatocaulis vernicosus</i> (Mitt.) Hedenäs	г	г	.
<i>Helodium blandowii</i> (F. Weber & D. Mohr) Warnst.	р	fq	р
<i>Herzogiella turfacea</i> (Lindb.) Z. Iwats.	р	р	р
<i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) Bruch. et al.	г	р	г
<i>Hygroamblystegium humile</i> (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet & Hedenäs	р	р	р
<i>H. varium</i> (Hedw.) Mönk.	г	г	г
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	fq	fq	fq
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wils.	fq	fq	fq
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	fqq	fqq	fq

Видовой состав	ООПТ		
	Княжна	Рыжуха	Озерки
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	р	р	р
<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwaegr.	.	.	р
<i>Mnium marginatum</i> (Dicks. ex With.) P. Beauv.	р	р	р
<i>Mnium stellare</i> Hedw.	fqq	fqq	fqq
<i>Neckera pennata</i> Hedw.	р	р	р
<i>Orthotrichum obtusifolium</i> Brid.	fqq	fqq	fqq
<i>O. pumilum</i> Sw.	fqq	fqq	fqq
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	fqq	fqq	fqq
<i>Paludella squarrosa</i> (Hedw.) Brid.	rr	.	.
<i>Philonotis fontana</i> (Hedw.) Brid.	р	р	.
<i>Physcomitrium pyriforme</i> (Hedw.) Hampe	р	р	р
<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow ex Funck) T. J. Kop.	fqq	fqq	р
<i>P. cuspidatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	fqq	fqq	fq
<i>P. ellipticum</i> (Brid.) T. J. Kop.	fqq	fqq	fq
<i>P. medium</i> (B. S. G.) T. J. Kop.	fqq	fqq	fq
<i>P. undulatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	fqq	fqq	fq
<i>Plagiothecium cavifolium</i> (Brid.) Z. Iwats.	р	р	р
<i>P. denticulatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	р	р	.
<i>P. laetum</i> Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>P. latebricola</i> Bruch et al.	р	р	р
<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	fq	fq	fqq
<i>Pohlia cruda</i> (Hedw.) Lindb.	fq	fq	fq
<i>P. nutans</i> (Hedw.) Lindb.	fqq	fqq	fqq
<i>P. wahlenbergii</i> (F. Weber & D. Mohr) A. L. Andrews	.	.	р
<i>Polytrichastrum formosum</i> (Hedw.) G. L. Smith	.	.	р
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	fqq	fqq	fqq
<i>P. juniperinum</i> Hedw.	р	р	р
<i>P. piliferum</i> Hedw.	р	р	р
<i>P. strictum</i> Brid.	р	р	р
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Huebener) T. J. Kop.	fq	fq	fq
* <i>Pseudocalliergon lycopodioides</i> (Brid.) Hedenäs	р	.	.
<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyh.	fqq	fqq	fqq
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	р	р	fq
<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al.	fqq	fqq	fqq
<i>Rhizomnium punctatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.	fqq	fqq	fqq
<i>Rhodobryum roseum</i> (Hedw.) Limpr.	р	р	р
<i>Rhytiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	р	р	р
<i>R. squarrosus</i> (Hedw.) Warnst.	р	р	р
<i>R. subpinnatus</i> (Lindb.) T. J. Kop.	р	р	р
<i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	fqq	fqq	fqq
<i>Sciuro-hypnum oedipodium</i> (Mitt.) Ignatov & Huttunen	р	р	р
<i>S. populeum</i> (Hedw.) Ignatov & Huttunen	р	р	р
<i>S. reflexum</i> (Starke) Ignatov & Huttunen	р	р	р
<i>S. starkei</i> (Brid.) Ignatov & Huttunen	р	р	р
<i>Serpoleskea subtilis</i> (Hedw.) Loeske	fqq	fqq	fqq
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C. E. O. Jens. ex Russ.) C. E. O. Jens.	р	р	р
<i>S. balticum</i> (Russ.) C. E. O. Jens.	.	.	р
<i>S. capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	р	р	.
<i>S. centrale</i> C. Jens.	р	р	р
<i>S. cuspidatum</i> Ehrh. ex Hoffm.	р	р	р
<i>S. fallax</i> (Klinggr.) Klinggr.	р	р	fq
<i>S. flexuosum</i> Dozy & Molk.	р	р	fq
<i>S. girgensohnii</i> Russ.	р	fq	р
<i>S. jensenii</i> H. Lindb.	.	.	р
<i>S. magellanicum</i> Brid.	.	.	fq
<i>S. majus</i> (Russ.) C. E. O. Jens.	.	.	р
<i>S. palustre</i> L.	р	р	р

Видовой состав	ООПТ		
	Княжна	Рыжуха	Озерки
<i>S. platyphyllum</i> (Lindb. ex Braithw.) Warnst.	.	.	г
<i>S. riparium</i> Aongstr.	.	.	г
<i>S. russowii</i> Warnst.	.	.	г
<i>S. squarrosum</i> Crome	fq	fq	fq
<i>S. subsecundum</i> Nees	г	г	р
<i>S. teres</i> (Schimp.) Angstr.	г	г	.
<i>S. warnstorffii</i> Russ.	р	р	.
<i>Stereodon pallescens</i> (Hedw.) Mitt.	fq	fq	fq
<i>Straminergon stramineum</i> (Dicks. ex Brid.) Hedenaes	р	р	г
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber & D. Mohr	г	г	г
<i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	fq	fq	fq
<i>Thuidium assimile</i> (Mitt.) A. Jaeger	г	г	г
<i>T. delicatulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	р	р	р
<i>T. recognitum</i> (Hedw.) Lindb.	р	р	р
<i>Tomentypnum nitens</i> (Hedw.) Loeske	р	р	г
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	г	г	г
<i>Warnstorfia exannulata</i> (Bruch et al.) Loeske	г	г	г
<i>W. fluitans</i> (Hedw.) Loeske	г	г	г
<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dumort.	р	fq	.
<i>Chiloscyphus pallescens</i> (Ehrh. ex Hoffm.) Dumort.	р	р	г
<i>C. polyanthos</i> (L.) Corda	р	р	г
<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	г	р	.
<i>Crossogyna autumnalis</i> (DC.) Schljakov	р	р	р
<i>Lepidozia reptans</i> (L.) Dumort.	р	р	г
<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dumort.	р	р	р
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	fq	fq	р
<i>Nowellia curvifolia</i> (Dicks.) Mitt.	г	г	.
<i>Plagiochila porelloides</i> (Torr. ex Nees) Lindenb.	р	fq	.
<i>Ptilidium pulcherrimum</i> (Weber) Vain.	р	р	р
<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.	fq	fq	р
<i>Riccardia latifrons</i> (Lindb.) Lindb.	р	г	.
<i>Riccia fluitans</i> L.	р	.	.
<i>Scapania curta</i> (Mart.) Dumort.	р	р	р

Показатели разнообразия

Среднее количество видов на одной пробной площадке (100 см ²) валежа / индекс разнообразия Симпсона	5,6/9,0	5,7/8,4	4,3/7,0
Среднее количество видов на одной пробной площадке (100 см ²) эпифитных группировок / индекс разнообразия Симпсона	3,1/4,2	3,2/4,4	2,7/4,0
Среднее количество видов на одной пробной площадке (100 м ²) при геоботаническом описании сообществ сосудистых растений / индекс разнообразия Симпсона	21,5/21,7	19,3/20,3	14,2/15,3

Примечание: * – вид указан для Неруссо-Десянского Полесья Ю. П. Федотовым (1999).

Наибольшее видовое разнообразие мохообразных наблюдается в кустарниково-гипновых и травяно-гипновых сообществах, в которых складывается наиболее благоприятный режим обводнённости и минерального питания для формирования мохового покрова.

Наибольшие значения индексов разнообразия Симпсона характерны для лесо-болотных комплексов памятника природы Княжна (табл. 2).

Таблица 2

Показатели разнообразия мохообразных в различных сообществах исследованных лесо-болотных комплексов

Сообщества	Среднее количество видов в сообществе / индекс Симпсона		
	Княжна	Рыжуха	Озерки
древесно-моховые	19, 4 / 22,9	28,9 / 32,1	12, 3 / 14,7
кустарниково-гипновые	23, 5 / 27,4	25, 4 / 28,1	18,9 / 23,2
травяно-гипновые	24,1 / 25,9	25,3 / 26,4	19,8 / 24,3
травяно-сфагновые	–	–	17,8 / 23,2

Флористическое своеобразие эпифитных, эпиксильных мохообразных в ценозах лесоболотных комплексов – черноольховых и сосновых болот, гигрофитного ельника на низинном болоте, открытых гипновых болот – хорошо выражено (рис. 2).

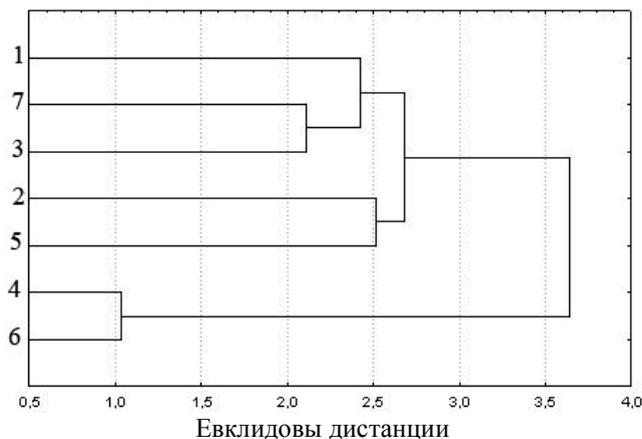


Рис. 2. Дендрограмма сходства флоры мохообразных в сообществах лесоболотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья. Обозначения синтаксонов: 1 – *Cirsio oleracei-Piceetum abietis*, 2 – *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris*, 3 – *Sphagno squarrosi-Alnetum glutinosae*, 4 – *Climacio dendroidis-Betuletum pubescentis*, 5 – *Pino-Ledetum palustris*, 6 – *Betuletum humilis*, 7 – *Carici elongatae-Alnetum glutinosae*.

На рис. 2 в отдельный кластер объединяются мохообразные уникальных ключевых болот минеротрофного питания с присутствием многочисленных редких болотных видов (4, 6). Другой кластер представлен мохообразными сообществами древесно-моховых болот (с сообществами заболоченных лесов). Сходство видового состава обнаруживают черноольховые сообщества (3, 7); своеобразно по набору видов сообщество гигрофитного ельника на болоте Рыжуха (1). Сходны по набору видов мохообразных и ценозы заболоченных сосняков мезо- и мезоевтрофного питания (2, 5).

В лесных сообществах памятников природы определены виды лесной подстилки, облигатные эпифиты, геоплезные виды, эпиксильные бриофиты на валеже различных стадий разложения, мхи почвенных обнажений.

Виды лесной подстилки имеют значительное проективное покрытие в заболоченных ельниках. Их видовой состав представлен бореальными *Dicranum scoparium*, *D. polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*, *Thuidium delicatulum*, *Pleurozium schreberi*, *Plagiomnium afflne*, *P. undulatum*, *Ptilium crista-castrensis*. В местообитаниях заболоченных лесов формируются куртины *Sphagnum squarrosum*, *S. girgensohnii* как на почве, так и на микроповышениях у основания стволов форофитов. Мозаичность растительного покрова создается эпиксильными видами на пнях, валеже: *Plagiomnium cuspidatum*, *Pohlia nutans*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Rhizomnium punctatum*, *Serpoleskea subtilis*, *Tetraphis pellucida*.

Маловидовые эпифитные бриосообщества формируются в лесах как облигатными эпифитами (виды родов *Anomodon*, *Orthotrichum*, *Pylaisia polyantha*, *Leskea polycarpa*, *Pseudoleskeella nervosa*), так и факультативными (*Brachythecium salebrosum*, *Dicranum montanum*, *Eurhynchiastrum pulchellum*, *Eurhynchium angustirete*, *Hypnum cupressiforme*). Видовой состав геоплезных бриосообществ (у оснований стволов деревьев) представлен *Amblystegium serpens*, *Brachythecium rutabulum*, *Hypnum cupressiforme*, *Plagiothecium laetum*, *Sciuro-hypnum reflexum*, *Stereodon pallescens*.

Мхи почвенных обнажений многочисленны и представлены группами факультативных эпиксиллов и эпигейных видов. В местообитаниях с умеренным увлажнением субстрата доминантами выступают *Fissidens bryoides*, *F. taxifolius* (на стенках обвалов, почвенных ям), *Atrichum undulatum*, *Dicranella heteromalla*, *Leptobryum pyriforme*; в местообитаниях с относительно сухими субстратами (на обочинах лесных дорог, противопожарных канав) редко встречаются – *Abietinella abietina*, *Brachythecium albicans*, *Bryum argenteum*, *B. caespiticium*, *Ceratodon purpureus*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, *Funaria hygrometrica*.

В гидрофитном ельнике на низинном болоте в памятнике природы Болото Рыжуха хорошо выражен микрорельеф: в межкочечном пространстве, на прикомлевых повышениях деревьев развиваются *Sphagnum squarrosum*, *S. girgensohnii* (до 35% покрытия) и *Plagiomnium affine* (до 50%) с обширными разрастаниями *Plagiomnium undulatum*, *Cirriphyllum piliferum*, *Aneura pinguis*, *Plagiochila porelloides* (до 15%). На многочисленных кочках формируются синузии *Climacium dendroides*, *Hylocomium splendens*. Видовое разнообразие мохообразных для гидрофитных ельников – 85 видов. Подобное своеобразие мохового покрова, отражающее дифференциацию экологических условий по элементам рельефа, отмечено авторами для сходных местообитаний ельников приручейно-сфагново-травяных (Рыковский, 1980).

В черноольховых болотах памятников природы Княжна и Болото Рыжуха мохообразные в основном приурочены к осоковым кочкам, прикорневым повышениям ольхи клейкой: *Brachythecium rivulare*, *Sphagnum squarrosum*, *Cirriphyllum piliferum* (60%), *Rhytidiadelphus triquetrus* (10%), *Climacium dendroides* (30), реже встречаются в межкочечном пространстве – *Calliergonella cuspidata* (85%), *Aneura pinguis* и *Marchantia polymorpha* (15%). Преобладание гидрофитных и ев-мезотрофных мохообразных в сложении мохового покрова свидетельствует о высоком богатстве почв и длительном затоплении местообитаний. Видовое разнообразие мохообразных черноольховых болот – 55 видов.

В местообитаниях травяно-гипновых и кустарниково-гипновых болот, распространённых на территории памятников природы Княжна, Болота Рыжуха, Озерки, зарегистрированы 49 видов мохообразных, в основном отдела *Bryophyta*. Беден видовой состав сфагновых мхов, которые образуют незначительные куртинки по окраинам болот: *Sphagnum squarrosum*, *S. warnstorffii*. Облик мохового яруса травяно-гипновых болот формируют синузии из *Tomentypnum nitens* (35%), *Cratoneuron filicinum*, *Helodium blandowii*, *Aulacomnium palustre* (10%), *Calliergonella cuspidata*, *Leptodictyum riparium*, *Calliergon cordifolium* (40%), *Brachythecium rivulare* (7%), *Drepanocladus aduncus*, *Warnstorffia fluitans* (7%), с незначительным присутствием *Philonotis fontana*, *Hamatocaulis vernicosus*, в гипново-кустарниковых болотах доминируют *Climacium dendroides*, *Aulacomnium palustre* (45%), *Drepanocladus aduncus*, *Warnstorffia fluitans*, *Hamatocaulis vernicosus* (20%), с указанными выше мхами (34%) и *Bryum pseudotriquetrum* (1%). Эти кальцефитные, гидро- и гидрофитные виды характеризуют достаточно однородные, евтрофные местообитания с обильно увлажняемыми субстратами. Для открытого болота Княжна Ю. П. Федотовым (1999) указывался редкий для региона *Pseudocalliergon lycopodioides*, позднее не обнаруженный.

На мезо-олиготрофных травяно-сфагновых болотах в Озерках развивается покров из сфагновых мхов, дифференцирующих местообитания гипновых болот. В микропонижениях мхи находятся в условиях постоянного обводнения: *Sphagnum majus*, *S. cuspidatum* (60%), *S. subsecundum* и *S. fallax* (40%). На многочисленных высоких кочках – *S. magellanicum*, *S. angustifolium* (90%) с *Polytrichum strictum* и *Pleurozium schreberi* (10%). Низкие кочки обрастают *Sphagnum magellanicum* и *Aulacomnium palustre*. Рассеянно в моховом покрове встречаются с небольшим покрытием редкие для региона виды *S. majus*, *S. jensenii*, *S. balticum*, *S. russowii*. Также небольшие участки зарастают *Tomentypnum nitens*, *Helodium blandowii*, *Calliergonella cuspidata*, *Sphagnum riparium*, *S. subsecundum*. Таким образом в местообитаниях травяно-сфагновых болот сочетаются виды с различной требовательностью к трофности субстрата (мезо-олиготрофные и мезо-евтрофные). Всего в моховом ярусе этих ценозов встречаются 34 вида мохообразных.

В целом в болотных и лесных сообществах наиболее широко представлены болотные виды мезо- и евтрофных местообитаний. Открытые заболоченные участки ключевых болот Болото Рыжуха и Княжна с высоким проективным покрытием занимают *Sphagnum warnstorffii*, *Tomentypnum nitens*, *Cratoneuron filicinum*, *Helodium blandowii*, *Calliergonella cuspidata*, *Leptodictyum riparium*, болота озёрного происхождения – *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, *Aulacomnium palustre*. На ключевых болотах с евтрофными местообитания-

ми Княжна, Болото Рыжуха напочвенный покров включает маркерные кальцефильные мхи: *Cratoneuron filicinum*, *Tomentypnum nitens*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Helodium blandowii*, исключительно редкий вид – *Paludella squarrosa*. Болотные бриофиты, вносящие значительный вклад в создание высокой мозаичности: *Aulacomnium palustre*, *Brachythecium rivulare*, *Calliergonella cuspidata*, *Leptodictyum riparium*.

В составе бриофлоры отмечены редкие и спорадически распространённые в Брянской области и Неруссо-Деснянского Полесья (заповедник «Брянский лес») виды (Anishchenko, 2007; Анищенко, 2008): *Dicranum bonjeanii* (Озерки), *Sphagnum majus* (Озерки), *Sphagnum jensenii* (Озерки), *S. balticum* (Озерки), *Helodium blandowii*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Dicranum flagellare*, *Pylaisia selwynii* (Княжна), *Dicranum viride* (Болото Рыжуха); реликты – *Tomentypnum nitens*, *Paludella squarrosa* (Княжна).

Инвентаризация бриофлоры уникальных местообитаний лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья позволит диагностировать экологические режимы в сообществах, устанавливая принадлежность растительных сообществ к различным типам и проводить мониторинг редких и спорадически распространённых видов бриофитов.

Список литературы

- Анищенко Л. Н. 2008. К бриофлоре Брянской области // Бот. журн. Т. 93. № 5. С. 26–38. [Anishchenko L. N. 2008. K brioflore Bryanskoj oblasti // Bot. zhurn. T. 93. № 5. P. 26–38.]
- Анищенко Л. Н., Харлампиева М. В. 2011. Сообщество высокотравного заболоченного ельника на территории памятника природы «Болото Рыжуха» // Изучение и охрана биологического разнообразия Брянской области. Мат. по ведению Красной книги Брянской области. Вып. 6. Брянск: Группа компаний «Десяточка». С. 11–15. [Anishchenko L. N., Kharlampieva M. V. 2011. Soobshchestvo vysokotravnogo zabolochennogo el'nika na territorii pamjatnika prirody «Boloto Ryzhuha» // Izuchenie i ohrana biologicheskogo raznoobraziya Bryanskoj oblasti. Mat. po vedeniyu Krasnoj knigi Bryanskoj oblasti. Vyp. 6. Bryansk: Gruppy kompanij «Desyatchka». P. 11–15.]
- Булохов А. Д., Соломец А. И. 2003. Эколого-флористическая классификация лесов Юго-Западного Нечерноземья России. Брянск. 359 с. [Bulokhov A. D., Solomesch A. I. 2003. Ehkologo-floristicheskaya klassifikaciya lesov Yugo-Zapadnogo Nечернозем'ya Rossii. Bryansk. 359 p.]
- Екимова О. В. 2008. Расположение ООПТ областного значения в Брянской области. Редкие виды растений, животных и грибов особо охраняемых природных территорий Брянской области. Брянск. С. 63–88. [Ekimova O. V. 2008. Raspolozhenie OOPT oblastnogo znacheniya v Bryanskoj oblasti. Redkie vidy rastenij, zhivotnyh i gribov osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij Bryanskoj oblasti. Bryansk. P. 63–88.]
- Кайгородова Е. Ю. 2006. Климат и погода // Природные ресурсы Брянской области: государственный природный биосферный заповедник «Брянский лес». Брянск. С. 10. [Kajgorodova E. Yu. 2006. Klimat i pogoda // Prirodnye resursy Bryanskoj oblasti: gosudarstvennyj prirodnyj biosfernyj zapovednik «Bryanskij les». Bryansk. P. 10.]
- Морозова О. В. 1999. Леса заповедника «Брянский лес» и Неруссо-Деснянского Полесья (синтаксономическая характеристика). Брянск. 98 с. [Morozova O. V. 1999. Lesa zapovednika «Bryanskij les» i Nerusso-Desnyanskogo Poles'ya (sintaksonomicheskaya harakteristika). Bryansk. 98 p.]
- Мэггаран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М. 182 с. [Megarran E. 1992. Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie. M. 182 p.]
- Постановление администрации Брянской области от 24 октября 2008 г. № 996 «Об утверждении положений и паспортов особо охраняемых природных территорий в Гордеевском, Красногорском, Карачевском, Клетнянском, Комаричском, Мглинском, Навлинском, Выгоничском, Погарском, Рогнединском, Севском, Суземском, Трубчевском районах Брянской области». [Postanovlenie administracii Bryanskoj oblasti ot 24 oktyabrya 2008 g. № 996 «Ob utverzhdenii polozhenij i pasportov osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij v Gordeevskom, Krasnogorskom, Karachevskom, Kletnyanskom, Komarichskom, Mglinskom, Navlinskom, Vygonichskom, Pogarskom, Rognedinskom, Sevskom, Suzemskom, Trubchevskom rajonah Bryanskoj oblasti».]
- Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. 1975. Брянск. 611 с. [Prirodnoe rajonirovanie i tipy sel'skohozyajstvennyh zemel' Bryanskoj oblasti. 1975. Bryansk. 611 p.]
- Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ: Брянская область. 2007. Под ред. Н. Г. Рыбальского, Е. Д. Самотесова и А. Г. Митюкова. М.: НИА – Природа. 1144 с. [Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda sub'ektov Rossijskoj Federacii. Central'nyj Federal'nyj okrug: Bryanskaya oblast'. 2007. Pod red. N. G. Rybal'skogo, E. D. Samotesova i A. G. Mityukova. M.: NIA – Priroda. 1144 p.]
- Растительность европейской части СССР. 1980. Л. 431 с. [Rastitel'nost' evropejskoj chasti SSSR. 1980. L. 431 p.]
- Рыковский Г. Ф. 1980. Мохообразные Березинского биосферного заповедника. Минск. 136 с. [Rykovskij G. F. 1980. Mohoobraznye Berezinskogo biosfernogo zapovednika. Minsk. 136 p.]
- Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г., Бобровский М. В., Торопова Н. А. 2002. Популяционные и фиценологические методы анализа биоразнообразия растительного покрова // Сохранение и восстановление биоразнообразия. Уч.-метод. изд. М. С. 145–194. [Smirnova O. V., Zaugol'nova L. B., Hanina L. G., Bobrovskij M. V., Toropova N. A. 2002. Populyacionnye i ficenologicheskie metody analiza bioraznobraziya rastitel'nogo pokrova // Sohranenie i vosstanovlenie bioraznobraziya. Уч.-метод. изд. М. С. 145–194.]

- ropova N. A. 2002. Populyacionnye i fitocenoticheskie metody analiza bioraznoobraziya rastitel'nogo pokrova // Sohranenie i vosstanovlenie bioraznoobraziya. Uch.-metod. izd. M. P. 145–194.]
- Уиттекер Р. 1980. Сообщества и экосистемы. М. 327 с. [Whittaker R. 1980. Soobshchestva i ehkosistemy. M. 327 p.]
- Федотов Ю. П. 1999. Болота Неруссо-Деснянского полевья (ландшафты, флора и растительность). Брянск. 105 с. [Fedotov Yu. P. 1999. Bolota Nerusso-Desnyanskogo poles'ya (landshafty, flora i rastitel'nost'). Bryansk. 105 p.]
- Федотов Ю. П. 2004. Физико-географическое районирование Брянской области. Красная книга Брянской области. Растения, грибы. Брянск. С. 245–250. [Fedotov Yu. P. 2004. Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Bryanskoj oblasti. Krasnaya kniga Bryanskoj oblasti. Rasteniya, griby. Bryansk. P. 245–250.]
- Федотов Ю. П. 2011. Флора болот Брянской области. Брянск. 153 с. [Fedotov Yu. P. 2011. Flora bolot Bryanskoj oblasti. Bryansk. 153 p.]
- Федотов Ю. П., Евстигнеев О. И. 1997. Сосудистые растения заповедника «Брянский лес» и Неруссо-Деснянского Полевья (аннотированный список видов). Брянск. 78 с. [Fedotov Yu. P., Evstigneev O. I. 1997. Sosudistye rasteniya zapovednika «Bryanskij les» i Nerusso-Desnyanskogo Poles'ya (annotirovannyj spisok vidov). Bryansk. 78 p.]
- Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья. 992 с. [Cherepanov S. K. 1995. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv. SPb.: Mir i sem'ya. 992 p.]
- Анищенко Л. Н. 2007. On the bryoflora of the «Bryansky Les» reserve (Nerusso-Desnyanskoye Polesseye, European Russia) // Arctoa. T. 16. С. 175–180.
- Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. and others. 2006. The check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. T. 15. P. 1–130.
- Konstantinova N. A., Bakalin V. A., Andreeva E. N. and others. 2009. The checklist of liverworts (*Marchantiophyta*) of Russia // Arctoa. T. 18. P. 1–64.

Сведения об авторах

Анищенко Лидия Николаевна
 д. с.-х. н., профессор кафедры экологии и рационального природопользования
 ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
 имени академика И. Г. Петровского», Брянск
 E-mail: eco_egf@mail.ru

Anishchenko Lidia Nikolaevna
 Sc. D. in Agriculture science, Professor of the Dpt. of Ecology
 and Rational environmental management
 Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, Bryansk
 E-mail: eco_egf@mail.ru

ГЕОБОТАНИКА

УДК 528.88:574.472

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ ЗАПОВЕДНИКА «БРЯНСКИЙ ЛЕС» И ЕГО ОХРАННОЙ ЗОНЫ НА ОСНОВЕ РАЗНОСЕЗОННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ LANDSAT

© **Е. А. Гаврилюк, А. В. Горнов, Д. В. Ершов**
E. A. Gavrilyuk, A. V. Gornov, D. V. Ershov

Estimation of spatial trees species distribution in Bryansk Forest Nature Reserve
based on multitemporal Landsat data

*ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
117997, Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32, стр. 14. Тел.: +7 (499) 743-00-25, e-mail: cepfras@cepl.rssi.ru*

Аннотация. Описаны методы и приведены результаты оценки разнообразия и пространственного распределения видов деревьев, полученные на основе спутниковых данных Landsat для территории заповедника «Брянский лес». Мы использовали шесть разносезонных мультиспектральных изображений для объектно-ориентированной тематической классификации лесного покрова по доминантам древесного полога и числу видов в верхнем ярусе древостоев. Сегментация выполнялась алгоритмом Full Lambda Schedule, классификация – методом случайных лесов. Общая точность полученных тематических продуктов по данным наземных обследований составила 89,6% для карты доминантов древесного полога и 72,4% для карты числа видов. На основе пространственного совмещения этих карт была получена комплексная оценка видовой структуры лесов заповедника.

Ключевые слова: леса, разнообразие видов деревьев, заповедник «Брянский лес», дистанционное зондирование Земли, тематическое картографирование, случайные леса, Landsat, Full Lambda Schedule.

Abstract. This article describes the methods and contains the results of the estimation of the trees species diversity and their spatial distribution based on Landsat data for the territory of Bryansk Forest Nature Reserve. Six multispectral images of different seasons were used to make the object-based thematic classification of forest cover according to the dominants of the tree canopy and the number of species in the upper tier of the stands. Preliminary segmentation was performed by the Full Lambda Schedule algorithm followed by the Random Forest classification. The total accuracy of the derived thematic products, evaluated with field data, was 89,6% for the map of the dominants and 72,4% for the map of the number of species. Integrated assessment of the species structure of the Reserve forests was obtained, basing on the spatial combination of these maps.

Keywords: forests, species diversity, Bryansk Forest Nature Reserve, remote sensing of the earth, thematic mapping, Landsat, Full Lambda Schedule, random forest.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-13-23

Введение

Разнообразие видов деревьев и их пространственное распределение на анализируемой территории – один из важнейших индикаторов при оценке ресурсного потенциала, биологического разнообразия и сукцессионного статуса лесов (Горнов и др., 2018). Распределение видов деревьев может быть охарактеризовано качественными и/или количественными показателями, отражающими число и соотношение видов на каждом отдельном исследуемом участке. Мультиспектральные спутниковые изображения высокого пространственного разрешения, получаемые в рамках программ Landsat, Sentinel и с аналогичных им аппаратов, в настоящее время являются универсальным, оперативным и общедоступным материалом для решения широкого спектра задач в области дистанционного мониторинга наземных экосистем. Современные методы и технологии позволяют получать на их основе тематические

продукты, характеризующие породную структуру лесов как на локальном уровне (Ершов и др., 2017), так и для территорий крупных регионов (Гаврилюк, Ершов, 2012; Ершов и др., 2015a) и отдельных стран (Li et al., 2014; Thompson et al., 2015). Эти продукты могут, в свою очередь, служить основой для оценок различных производных характеристик лесных экосистем, включая разнообразие видов деревьев (Ершов и др., 2015b). Совместное использование разносезонных спутниковых изображений, отражающих последовательность фенологических изменений лесного покрова в течение всего года, позволяет существенно повысить точность тематической классификации при оценке породного состава древостоев (Zhu, Liu, 2014; Pasquarella et al., 2018). В ряде работ показаны статистически значимые взаимосвязи между количественными характеристиками биоразнообразия – общее число видов, индекс Шеннона, индекс Симпсона и др. (Morris et al., 2014) и спектральными характеристиками подстилающей поверхности в каналах спутниковых изображений, а также производными от них вегетационными индексами (Gould, 2000; Parviainen et al., 2010; Mohammedi, Shataee, 2010; Madonsela et al., 2017).

Цель работы – дать оценку пространственного распределения видов деревьев в лесах заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны на основе объектно-ориентированной тематической классификации разносезонных мультиспектральных спутниковых изображений Landsat. Для территории заповедника это первое исследование подобного рода. Мы анализировали древостои по двум основным признакам – наличию выраженных доминантов и общему числу видов деревьев, чтобы затем на основе соответствующих тематических продуктов получить комплексную оценку видовой структуры.

Материалы и методы

Исследования проводили в юго-восточной части Брянской области в пределах заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны (рис. 1), общая площадь которых составляет 20,7 тыс. га.

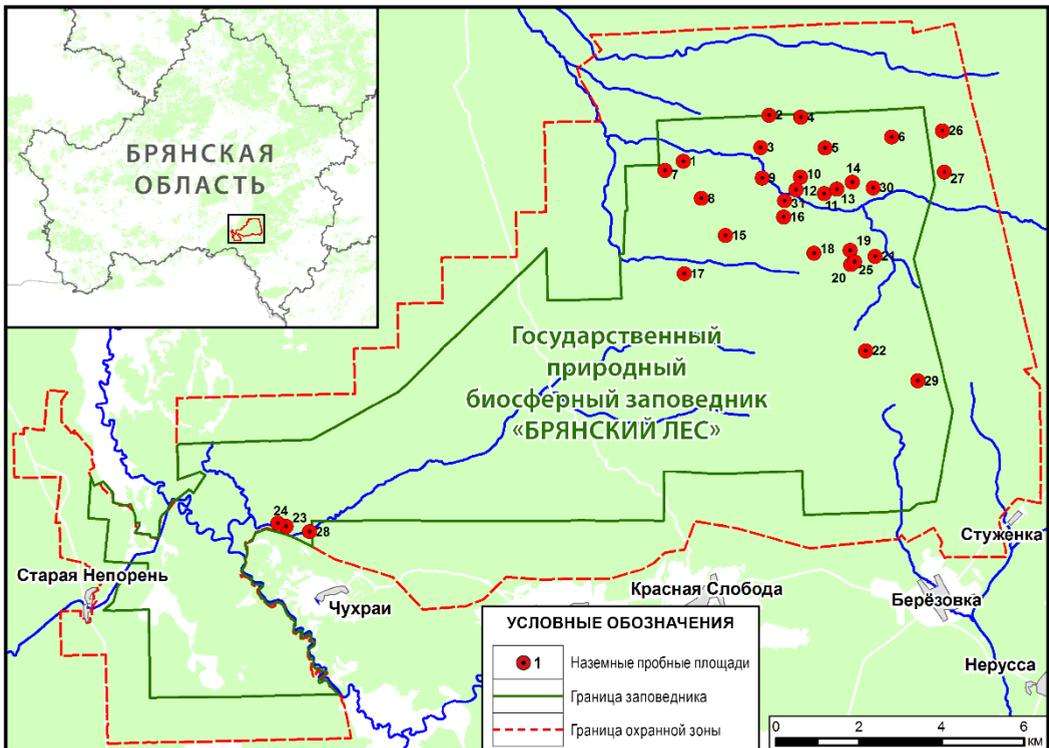


Рис. 1. Территория исследования. Общегеографическая основа здесь и далее – OpenStreetMap.

На этой территории лесами покрыто более 97% площади. В ботанико-географическом плане район относится к Полесской подпровинции Восточноевропейской провинции Европейской широколиственнолесной области (Растительность..., 1980).

В работе использованы геоботанические, таксационные и дистанционные методы. Рассмотрим их подробнее.

Геоботанические методы. В 2016 г. на территории заповедника заложены 29 наземных пробных площадей размером 400 м². На каждой площади выполнено геоботаническое описание. На всех площадках выявлен полный флористический состав с учётом ярусной структуры леса. В каждом ярусе определено участие видов по шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке (Миркин и др., 1989). Латинские названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову (1995).

Таксационные методы. Для получения исходной информации о видовом составе и пространственном распределении лесов заповедника, а также при подготовке обучающей выборки для последующей тематической классификации спутниковых изображений, мы использовали материалы лесоустройства 2006 г., трансформированные в геопривязанную цифровую полигональную сеть лесоустроительных выделов с полным таксационным описанием в качестве атрибутивной информации (всего 6085 выделов). В первом ярусе лесов заповедника и его охранной зоны, согласно материалам лесоустройства, встречаются пятнадцать видов деревьев. Восемь из них (*Alnus glutinosa*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Fraxinus excelsior*, *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, *Quercus robur* и *Tilia cordata*) могут доминировать в отдельных выделах (составляют не менее 6 единиц в формуле древостоя). Максимальное число видов деревьев, встречающихся на одном выделе в числе не менее одной единицы в формуле древостоя, равно восьми.

Дистанционные методы. Исходный набор спутниковых данных состоял из шести разносезонных (февраль, апрель, май, июль, сентябрь, октябрь) безоблачных сцен Landsat-OLI (продукты уровня L2) за период с 2014 по 2016 гг., полученных из открытого архива Геологической службы США (<https://earthexplorer.usgs.gov>), и содержащих измерения спектральной яркости на уровне земной поверхности. Из девяти спектральных каналов сенсора OLI в работе мы использовали четыре наиболее информативных для мониторинга растительности – это изображения в красном (0,63–0,69 мкм), ближнем инфракрасном (0,75–0,90 мкм) и двух средних инфракрасных (1,55–1,75 мкм, 2,09–2,35 мкм) диапазонах пространственным разрешением 30 метров.

Объектно-ориентированный подход, получивший широкое распространение при анализе спутниковых изображений сверхвысокого пространственного разрешения, в настоящее время часто применяется и для менее детальных данных (Gomez et al., 2016), хотя по мере снижения разрешения падает и его объективное преимущество в точности результатов по сравнению с традиционным попиксельным анализом (Gao, Mas, 2008). В рамках объектно-ориентированной тематической классификации спутниковых данных первый этап – сегментация, или выделение компактных участков изображения, однородных по своим спектральным характеристикам. Подразумевается, что выделенные сегменты однородны также и по оцениваемым качественным и количественным показателям. Мы использовали алгоритм автоматической сегментации Full Lambda Schedule (Redding et al., 1999) с экспериментально подобранным масштабом равным 30 (величина эквивалентная среднему размеру сегмента в пикселях изображения).

Для предварительной стратификации спутниковых изображений на покрытые и не покрытые древесной растительностью территории мы использовали актуальные геопространственные данные проекта Global Forest Change (Hansen et al., 2013) о сомкнутости и ежегодных изменениях лесного покрова. Сегменты со средней сомкнутостью менее 10% не принимали участия в тематической классификации.

Обучающая выборка формировалась из сегментов площадью не менее 1 га на основе лесоустроительной информации, исключая те сегменты, которые отображены для наземных об-

следований. Соотношение древесных видов для сегментов оценивалось на основе формулы древостоя выделов пропорционально площадям их пространственных перекрытий. В качестве признаков для тематической классификации использованы стандартные статистические метрики (среднее, стандартное отклонение и коэффициент вариации), рассчитанные в границах сегментов на основе значений спектральных яркостей каналов исходных изображений. Таким образом, общее число признаков составило 72 (шесть изображений, по четыре канала – критерии отбора для обучающей выборки).

Мы смогли выделить 8 тематических классов по доминантам древесного полога (в скобках – критерии отбора для обучающей выборки).

I. Монодоминантные леса.

1. Сосняки (площадь проективного покрытия крон *Pinus sylvestris* составляет более 60% площади сегмента).

2. Березняки (*Betula pendula* и *B. pubescens* занимают более 60% площади сегмента).

3. Осинники (*Populus tremula* занимает более 60% площади сегмента).

4. Черноольшаники (*Alnus glutinosa* занимает более 60% площади сегмента).

II. Полидоминантные леса.

5. Широколиственные леса (*Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* и *Tilia cordata* занимают более 60% площади суммарно в сегменте).

6. Смешанные хвойные леса (*Picea abies* и *Pinus sylvestris* занимают более 80% площади сегмента, но ни один вид не достигает 60%).

7. Смешанные хвойно-лиственные леса (хвойные или лиственные породы занимают от 40 до 60% площади сегмента).

8. Смешанные лиственные леса (лиственные породы суммарно занимают более 80% площади сегмента, но ни один вид не достигает 60%).

Для монодоминантных классов ельников и отдельных широколиственных пород не удалось выделить достаточного числа (не менее 20) эталонных сегментов. В итоге, объём обучающей выборки для классификации по доминантам древесного полога составил 430 сегментов (5,3% от их общего числа).

Для классификации по признаку общего числа древесных видов сформирована отдельная обучающая выборка из 195 сегментов, которая частично перекрывалась с предыдущей. Критерием для отбора была разница между наибольшим и наименьшим (но не менее 10%) значением долей пород в сегменте. Для потенциальных эталонных участков эта разница не превышала двух единиц: разные породы в сегментах представлены примерно в равных долях. Изначально обучающая выборка формировалась для 4 тематических классов по числу видов – один, два, три, четыре и более. Впоследствии два последних объединены в один класс «три и более» из-за низкого значения их принципиальной разделимости, оценённой в процессе обучения классификатора.

Для тематической классификации спутниковых изображений мы использовали метод случайных лесов (Breiman, 2001). Случайные леса – статистический метод, предназначенный для решения задач классификации и регрессии, основанный на построении большого числа деревьев решений, каждое из которых строится по выборке, получаемой из исходной обучающей выборки с помощью бутстрепа (то есть выборки с возвращением). При построении каждого дерева на стадиях расщепления вершин используется только фиксированное число случайно отбираемых признаков обучающей выборки и строится полное дерево (без усечения), то есть каждый лист дерева содержит наблюдения только одного класса. Классификация осуществляется с помощью простого голосования классификаторов, определяемых отдельными деревьями. В данной работе мы использовали ансамбль из 2000 деревьев решений, которые строились на основе восьми случайно отбираемых признаков.

Случайные леса позволяют получать естественную оценку вероятности распознавания классов на основе исходной выборки методом Out-of-bag (OOB) непосредственно в

ходе обучения классификатора (Liaw, Wiener, 2002). Суть метода заключается в использовании части измерений из исходной обучающей выборки, которые не попадают в случайные бутстреп-выборки в процессе построения отдельных деревьев решений, в качестве контрольных данных для проверки обученного классификатора. По результатам проверки строится ООВ-матрица ошибок классификации, из которой вычисляются величины ООВ-точности распознавания классов.

Точность спутниковых тематических продуктов распределения доминантов древесного полога и числа древесных видов оценивалась независимо друг от друга на основе сравнения с показателями, определёнными на наземных пробных площадях.

Результаты и их обсуждение

Оценки вероятностей корректного распознавания тематических классов на основе спектральных признаков разносезонных спутниковых изображений, полученные при обучении классификатора методом случайных лесов, приведены в табл. 1. Общая точность распознавания оказалась высокой как для классификации по доминантам древесного полога (93,0%), так и по числу видов деревьев (96,9%). Однако, для отдельных классов этот показатель варьируется в зависимости от количества использованных для обучения сегментов. Наиболее низкие значения ООВ-точности распознавания получены для осинников (75,0%) и смешанных хвойных лесов (60,0%), для которых удалось выделить всего по 20 эталонных участков.

Таблица 1

Точность распознавания тематических классов при классификации спутниковых данных методом случайных лесов

Тематический класс (сокращенное обозначение)	Всего обучающих сегментов	Распознано	Не распознано	ООВ-точность, %
Доминанты древесного полога				
Сосняки (С)	95	89	6	93,7
Березняки (Б)	82	79	3	96,3
Осинники (ОС)	20	15	5	75,0
Черноольшаники (ОЛЧ)	41	39	2	95,1
Широколиственные леса (ШЛ)	25	22	3	88,0
Смешанные хвойные леса (СМХ)	20	12	8	60,0
Смешанные хвойно-лиственные леса (СМХЛ)	104	104	0	100,0
Смешанные лиственные леса (СМЛ)	43	40	3	93,0
Всего	430	400	30	93,0
Число пород				
1 порода	31	26	5	83,9
2 породы	87	87	0	100,0
3 и более пород	77	76	1	98,7
Всего	195	189	6	96,9

По результатам тематической классификации разносезонных спутниковых данных Landsat построены карты доминантов древесного полога (рис. 2) и числа пород в древостоях (рис. 3) на территории заповедника «Брянский лес» по состоянию на 2016 г. пространственным разрешением 30 метров.

В табл. 2 приведены результаты сравнения спутниковых тематических продуктов с данными о видовом составе древостоев, полученными в ходе наземных обследований пробных площадей.

Совпадения со спутниковой картой доминантов древесного полога наблюдаются для 26 из 29 наземных пробных площадей (89,6%). Это можно оценить, как высокую степень соответствия данных. Для карты числа пород результаты более умеренные – 21 из 29 (72,4%). При этом в шести из восьми случаев несоответствия число пород занижено относительно наземных данных. Стоит отметить, что поскольку пробные площади имели фиксированный

размер и покрывали соответствующие им сегменты изображения лишь частично, то полученные оценки соответствия носят ориентировочный характер. В целом, сравнение показало, что результаты классификации спутниковых данных достаточно точны, но при этом карта доминантов древесного полога более достоверна по сравнению с картой числа пород, которая имеет тенденцию к занижению оцениваемого показателя.

Таблица 2

Сравнение оценок породного состава древостоев на пробных площадях по наземным и спутниковым данным

№ п. п.	Наземные данные			Спутниковые данные	
	Формула древостоя	Класс по доминантам	Число видов деревьев	Класс по доминантам	Число видов деревьев
1.	6ОС2Д1КЛ1ЛИП	СМЛ	4	СМЛ	3 и более
2.	7СЗБ	С	2	С	1
3.	5Б2Д1КЛ1ЛИП1ОС	СМЛ	5	СМЛ	3 и более
4.	10ОЛЧ	ОЛЧ	1	ОЛЧ	1
5.	4ОС2Б2КЛ2ЛИП	СМЛ	4	СМЛ	3 и более
6.	5С4Е1Б	СМХ	3	СМХ	2
7.	10ОЛЧ	ОЛЧ	1	ОЛЧ	1
8.	4ОС3С1Б1Д1Е	СМХЛ	5	СМХЛ	3 и более
9.	3Д3С2Б2Е	СМХЛ	4	СМХЛ	3 и более
10.	6С2Б2Е	СМХ	3	С	1
11.	10С	С	1	С	1
12.	10ОЛЧ	ОЛЧ	1	ОЛЧ	1
13.	5Е3Д1Б1КЛ	СМХЛ	4	СМХЛ	3 и более
14.	9Б1Д	Б	2	Б	2
15.	6Б2ЛИП1ОЛЧ1ОС	СМЛ	4	СМЛ	3 и более
16.	8С1Б1Е	С	3	С	1
17.	10Б	Б	1	Б	1
18.	10С	С	1	С	1
19.	8Д2ОС	ШЛ	2	СМЛ	3 и более
20.	4Д2ОС1Б1Е1КЛ1С	СМЛ	6	СМЛ	3 и более
21.	5Е5С	СМХ	2	СМХ	2
22.	10Б	Б	1	Б	1
23.	6ОС2ЛИП1Д1КЛ	СМЛ	4	СМЛ	2
24.	5Д3КЛ2ЛИП	ШЛ	3	ШЛ	3 и более
25.	4Е3ОС2С1Б	СМХЛ	4	СМХЛ	3 и более
26.	6С2Б2Е	СМХ	3	СМХ	2
27.	8ОС2КЛ	ОС	2	СМЛ	3 и более
28.	7Д2КЛ1ЛИП	ШЛ	3	ШЛ	3 и более
29.	10Б	Б	1	Б	1
Число совпадений				26	21
Доля совпадений, %				89,6	72,4

Примечание. Формула древостоя составлялась исходя из площади проективного покрытия крон деревьев верхнего яруса с точностью до 10%. Обозначения в формуле древостоя: Б – берёза, Д – дуб, Е – ель, КЛ – клён, ЛИП – липа, ОС – осина, ОЛЧ – ольха чёрная, С – сосна. Полное название классов – в табл. 1.

На основе пространственного пересечения полученных тематических продуктов нами сформирована комплексная карта, характеризующая пространственное распределение и видовое разнообразие древесных растений в лесах заповедника и его охранной зоны (рис. 4). При совмещении результатов классификации выявлены семантические несоответствия для 3,4% лесов территории. В данной ситуации предпочтение отдавалось более точной карте доминантов древесного полога. В частности, сегменты с числом пород равным единице, но отнесённые к полидоминантным древостоям, переносились в соответствующие классы с числом пород равным двум.

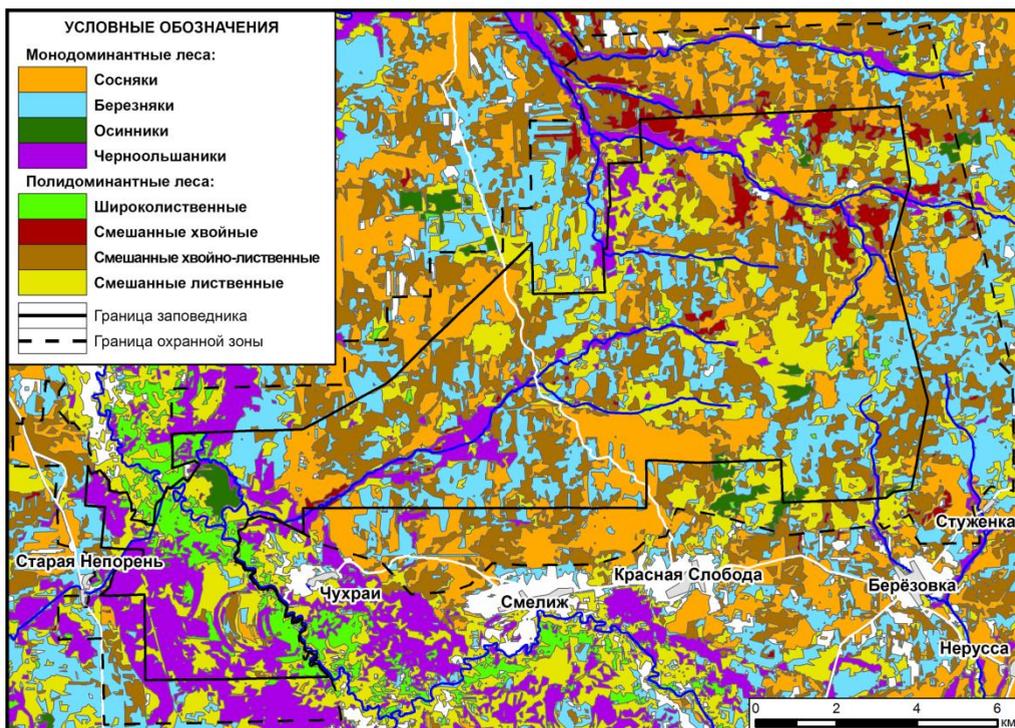


Рис. 2. Доминанты древесного полога заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны по данным Landsat.

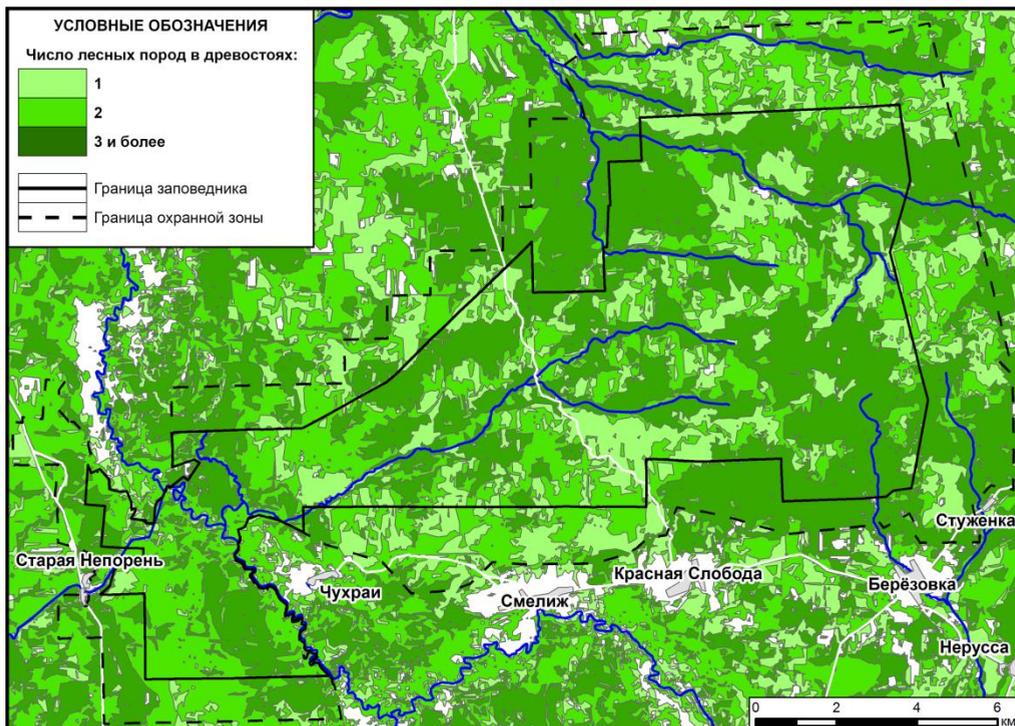


Рис. 3. Карта числа пород в древостоях заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны по данным Landsat.

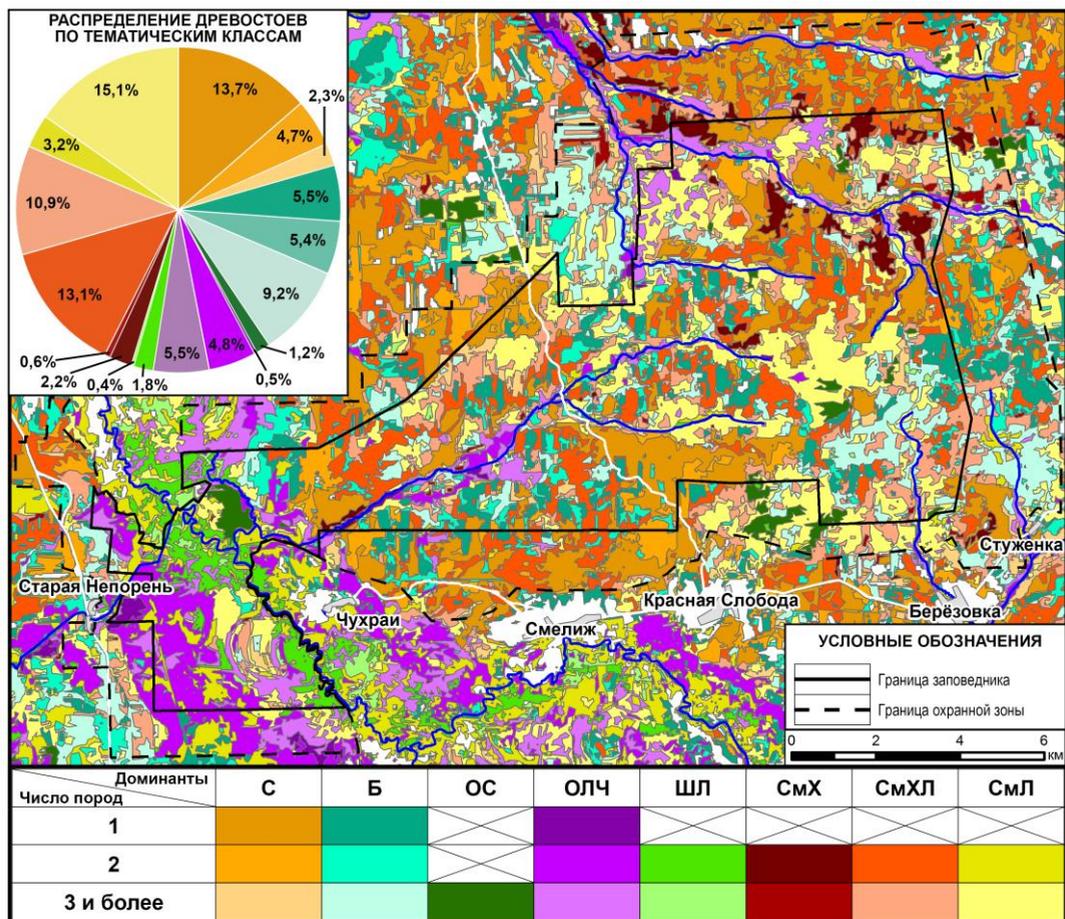


Рис. 4. Комплексная карта разнообразия видов древесных растений заповедника «Брянский лес» и диаграмма распределения площадей древостоев по тематическим классам. Полное название классов – в табл. 1.

На основе полученных результатов оценена видовая структура древесного яруса лесов с учетом их ландшафтной приуроченности. В ландшафтной структуре заповедника его охранной зоны выделяют следующие элементы: местности пойменного, террасного, полесского, предполесского ландшафтов (Евстигнеев, Федотов, 1999). Монодоминантные древостои (сосняки, березняки, черноольшаники и осинники) составляют 52,7% от общей площади лесов. Среди них наиболее распространены сообщества с преобладанием раннесукцессионных видов деревьев: сосны (20,6%) и берёзы (20,1%). Сосняки и березняки (*Betula pendula* и *B. pubescens*) преимущественно распространены на песчаных местностях террасного и полесского ландшафтов (рис. 2, 4). Эти обширные территории с давних времён и до создания заповедника подвергалась рубкам и пожарам (Евстигнеев, 2009). После нарушений обычно сажали сосну, поскольку она отлично приживается на песках. Берёза активно внедряется на свободные территории самостоятельно при помощи анемохории (Евстигнеев и др., 2017). Сформировавшиеся сосняки и березняки находятся на начальной стадии восстановительной сукцессии (Евстигнеев, Korotkov, 2016; Горнов и др., 2018). Черноольшаники (10,7%) приурочены к пойменному ландшафту (рис. 2, 4). В настоящее время они возникают на месте оставленных бобровых поселений или заброшенных сенокосов (Евстигнеев, Беляков, 1997; Евстигнеев, Горнова, 2017). Со временем молодые ольховые леса могут сформировать сообщества более продвинутых стадий сукцессии – сначала кочкарные черноольшаники, а затем высокотравные

ельники (Евстигнеев, Горнова, 2017). Наименее распространены леса с преобладанием осины (1,2%). Эти вторичные сообщества относятся к начальным стадиям восстановительной сукцессии. Они встречаются на территории полесского и предполесского ландшафтов. Полидоминантные древостои составляют 47,3% площади лесов и представлены главным образом смешанными хвойно-лиственными (23,9%) и смешанными лиственными (18,3%) лесами. Если в составе яруса деревьев хвойно-лиственных сообществ есть раннесукцессионные виды, то такие леса принадлежат к начальным стадиям восстановительной сукцессии (Евстигнеев, Korotkov, 2016; Горнов и др., 2018). Они наиболее распространены и встречаются в местностях террасного, полесского и предполесского ландшафтов. Хвойно-лиственные лиственные леса без сосны и берёзы представляют собой сообщества продвинутых стадий сукцессии. Они отличаются наличием позднесукцессионных видов: *Acer platanoides*, *Picea abies*, *Quercus robur*, *Tilia cordata* и др. Такие леса наиболее хорошо сохранились по бортам малых рек (рис. 2, 4), поскольку здесь была ограничена хозяйственная деятельность. Смешанные лиственные древостои большей частью представляют вторичные леса, которые встречаются в местностях террасного, полесского и предполесского ландшафтов. Однако сообщества с преобладанием широколиственных видов находятся на продвинутой стадии сукцессии (*Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* и *Tilia cordata*). Они сохранились в поймах рек.

Доля лесов, в верхнем ярусе которых представлены деревья только одного вида, составляет 19,6%, двух видов – 35,2%, трёх и более видов – 45,2%. Пять наиболее распространенных комплексных тематических классов занимают суммарно 62% территории лесов заповедника: смешанные лиственные насаждения с тремя и более видами в составе (15,1%); монодоминантные сосняки (13,7%); смешанные хвойно-лиственные насаждения с двумя (13,1%) или тремя и более (10,9%) видами в составе; березняки с тремя и более видами в составе (9,2%).

Заключение

Оценено разнообразие видов деревьев верхнего яруса лесов заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны на основе разносезонных мультиспектральных спутниковых изображений Landsat с высокой степенью точности. Полученные результаты наглядно демонстрируют потенциал использованных методов обработки спутниковых данных для целей дистанционной оценки ресурсного потенциала, биологического разнообразия и сукцессионного статуса лесов. Кроме того, данные методы в значительной степени автоматизированы и легко масштабируются для применения на территориях с более широким пространственным охватом (например, на уровне субъектов РФ).

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 15-29-02697 «Выявление роли экосистемных инженеров и биоразнообразия в функционировании лесов на основе синтеза наземных и спутниковых данных» (тематическая обработка данных) и ГЗ ЦЭПЛ РАН №0110-2018-0001 «Концепция спутникового мониторинга состояния и динамики лесных экосистем» (подготовка исходных данных).

Список литературы

Гаврилюк Е. А., Ершов Д. В. 2012. Методика совместной обработки разносезонных изображений Landsat-TM и создания на их основе карты наземных экосистем Московской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 9. № 4. С. 15–23. [Gavrilyuk E. A., Ershov D. V. 2012. Metodika sovmestnoy obrabotki raznosezonnnykh izobrazhenii Landsat-TM i sozdaniya na ikh osnove karty nazemnykh ekosistem Moskovskoi oblasti // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. T. 9. № 4. P. 15–23.]

Горнов А.В., Горнова М. В., Тихонова Е. В., Шевченко Н. Е., Кузнецова А. И., Ручинская Е. В., Тебенькова Д. Н. 2018. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов европейской части России на основе популяционного подхода // Лесоведение. № 4. С. 1–15. [Gornov A. V., Gornova M. V., Tikhonova E. V., Shevchenko N. E., Kuznetsova A. I., Ruchinskaya E. V., Teben'kova D. N. 2018. Otsenka suksessionnogo statusa khvoyno-shirokolistvennykh lesov yevropeiskoi chasti Rossii na osnove populyatsionnogo podkhoda // Lesovedenie. № 4. P. 1–15.]

Евстигнеев О. И. 2009. Неруссо-Деснянское полевье: история природопользования. Брянск: Группа компаний «Десяточка». 139 с. [Evstigneev O. I. 2009. Nerusso-Desnyanskoe poles'e: istoriya prirodopol'zovaniya. Bryansk: Gruppy kompanii «Desyatochka». 139 p.]

- Евстигнеев О. И., Беляков К. В.* 1997. Влияние деятельности бобра на динамику растительности малых рек (на примере заповедника «Брянский лес») // *Бюл. МОИП. Отд. биол.* Т. 102. Вып. 6. С. 34–41. [*Evstigneev O. I., Belyakov K. V.* 1997. Vliyanie deyatelnosti bobra na dinamiku rastitel'nosti malykh rek (na primere zapovednika «Bryanskiy les») // *Byul. MOIP. Otd. biol.* Т. 102. Вып. 6. С. 34–41.]
- Евстигнеев О. И., Горнова М. В.* 2017. Ельники высокоотравные – климаксные сообщества на низинных болотах Брянского полейя // *Russian Journ. of Ecosystem Ecology.* Vol. 2 (3). P. 1–23. [*Evstigneev O. I., Gornova M. V.* 2017. El'niki vysokotravnye – klimaksnye soobshchestva na nizinnnykh bolotakh Bryanskogo poles'ya // *Russian Journ. of Ecosystem Ecology.* Vol. 2 (3). P. 1–23.]
- Евстигнеев О. И., Мурашев И. А., Коротков В. Н.* 2017. Анемохория и дальность рассеивания семян деревьев восточноевропейских лесов // *Лесоведение.* № 1. С. 45–52. [*Evstigneev O. I., Murashev I. A., Korotkov V. N.* 2017. Anemokhoriya i dal'nost' rasseivaniya semyan derev'ev vostochnoevropeiskikh lesov // *Lesovedenie.* № 1. P. 45–52.]
- Евстигнеев О. И., Федотов Ю. П.* 1999. Оценка разнообразия растительного покрова российско-украинской трансграничной экологической сети (на примере Неруссо-Деснянского полейя) // *Перспективы развития экологической сети и создания трансграничных охраняемых территорий в бассейне Десны.* М. С. 27–44. [*Evstigneev O. I., Fedotov Yu. P.* 1999. Otsenka raznoobraziya rastitel'nogo pokrova rossiisko-ukrainskoi transgranichnoi ekologicheskoi seti (na primere Nerusso-Desnyanskogo poles'ya) // *Perspektivy razvitiya ekologicheskoi seti i sozdaniya transgranichnykh okhranyaemykh territorii v basseine Desny.* М. P. 27–44.]
- Ершов Д. В., Бурцева В. С., Гаврилюк Е. А., Королева Н. В., Алейников А. А.* 2017. Диагностика современного сукцессионного состояния лесных экосистем Печоро-Ильчского заповедника по спутниковым тематическим продуктам // *Лесоведение.* № 5. С. 3–15. [*Ershov D. V., Burtseva V. S., Gavrilyuk E. A., Koroleva N. V., Aleinikov A. A.* 2017. Diagnostika sovremenno sukttsionnogo sostoyaniya lesnykh ekosistem Pechoro-Ilychskogo zapovednika po sputnikovym tematicheskim produktam // *Lesovedenie.* № 5. P. 3–15.]
- Ершов Д. В., Гаврилюк Е. А., Карпухина Д. А., Ковганко К. А.* 2015. Новая карта растительности центральной части Европейской России по спутниковым данным высокой детальности // *Доклады академии наук.* Т. 464. № 5. С. 639–641. [*Ershov D. V., Gavrilyuk E. A., Karpukhina D. A., Kovganko K. A.* 2015. Novaya karta rastitel'nosti tsentral'noi chasti Yevropeiskoi Rossii po sputnikovym dannym vysokoi detal'nosti // *Doklady akademii nauk.* Т. 464. № 5. P. 639–641.]
- Ершов Д. В., Исаев А. С., Лукина Н. В., Гаврилюк Е. А., Королева Н. В.* 2015. Оценка биоразнообразия Центрального федерального округа по спутниковой карте наземных экосистем // *Лесоведение.* № 6. С. 403–416. [*Ershov D. V., Isaev A. S., Lukina N. V., Gavrilyuk E. A., Koroleva N. V.* 2015. Otsenka bioraznoobraziya Tsentral'nogo federal'nogo okruga po sputnikovoi karte nazemnykh ekosistem // *Lesovedenie.* № 6. P. 403–416.]
- Миркин Б. М., Розенберг Л. Г., Наумова Л. Г.* 1989. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М. 224 с. [*Mirkin B. M., Rozenberg L. G., Naumova L. G.* 1989. Slovar' ponyatii i terminov sovremennoy fitotsenologii. М. 224 p.]
- Растительность европейской части СССР.* 1980. Л. 431 с. [*Rastitel'nost' yevropeiskoi chasti SSSR.* 1980. L. 431 p.]
- Черепанов С. К.* 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 992 с. [*Cherepanov S. K.* 1995. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv. SPb. 992 p.]
- Breiman L.* 2001. Random forests // *Machine Learning.* Vol. 45. № 1. P. 5–32.
- Evstigneev O. I., Korotkov V. N.* 2016. Pine Forest Succession on Sandy Ridges within Outwash Plain (Sandur) in Nerussa-Desna Polesie // *Russian Journ. of Ecosystem Ecology.* Vol. 1 (3). P. 1–18.
- Gao Y., Mas J. F.* A Comparison of the Performance of Pixel Based and Object Based Classifications over Images with Various Spatial Resolutions // *Online Journ. of Earth Sciences.* 2008. Vol. 2. P. 27–35.
- Gómez C., White J. C., Wulder M. A.* 2016. Optical Remotely Sensed Time Series Data for Land Cover Classification: A Review // *ISPRS Journ. of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vol. 116. P. 55–72.
- Gould W.* 2000. Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots // *Ecological Applications.* Vol. 10. № 6. P. 1861–1870.
- Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S. A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C. O., Townshend J. R. G.* 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // *Science.* Vol. 342. P. 850–853.
- Li C. C., Wang J., Hu L. Y., Yu L., Clinton N., Huang H. B., Yang J., Gong P.* 2014. A circa 2010 thirty meter resolution forest map for China // *Remote Sensing.* Vol. 6. № 6. P. 5325–5343.
- Liaw A., Wiener M.* 2002. Classification and Regression by randomForest // *R News.* Vol. 2. № 3. P. 18–22.
- Madonsela S., Cho M. A., Ramoelo A., Mutanga O.* 2017. Remote sensing of species diversity using Landsat 8 spectral variables // *ISPRS Journ. of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vol. 133. P. 116–127.
- Mohammadi J., Shataee S.* 2010. Possibility investigation of tree diversity mapping using Landsat ETM+ data in the Hircanian forests of Iran // *Remote Sensing of Environment.* Vol. 114. P. 1504–1512.
- Morris E. K., Caruso T., Buscot F., Fischer M., Hancock C., Maier T. S., Meiners T., Müller C., Obermaier E., Prati D., Socher S. A.* 2014. Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories // *Ecology and Evolution.* Vol. 4. № 18. P. 3514–3524.
- Parviainen M., Luoto M., Heikkinen R. K.* 2010. NDVI-based productivity and heterogeneity as indicators of plant-species richness in boreal landscapes // *Boreal Environment Research.* Vol. 15. № 3. P. 301–318.
- Pasquarella V. J., Holden C. E., Woodcock C. E.* 2018. Improved mapping of forest type using spectral-temporal Landsat features // *Remote Sensing of Environment.* Vol. 210. P. 193–207.
- Redding N. J., Crisp D. J., Tang D., Newsam G. N.* 1999. An efficient algorithm for Mumford-Shah segmentation and its application to SAR imagery // *Proc. Conf. «Digital Image Computing: Techniques & Applications» (DICTA-99).* Australia: Perth. P. 35–41.

Thompson S. D., Nelson T. A., White J. C., Wulder M. A. 2015. Large area mapping of tree species using composited Landsat imagery // Canadian Journ. of Remote Sensing. Vol. 41. № 3. P. 203–218.

Zhu X., Liu D. 2014. Accurate mapping of forest types using dense seasonal Landsat time-series // ISPRS Journ of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 96. P. 1–11.

Сведения об авторах

Гаврилюк Егор Александрович

с. н. с. лаборатории мониторинга лесных экосистем
ФГБУН Центр по проблемам экологии
и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: egor@ifl.rssi.ru

Горнов Алексей Владимирович

к. б. н., зам. директора
ФГБУН Центр по проблемам экологии
и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: aleksey-gornov@yandex.ru

Ершов Дмитрий Владимирович

к. т. н., зам. директора
ФГБУН Центр по проблемам экологии
и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: ershov@ifl.rssi.ru

Gavrilyuk Egor Alexandrovich

Senior researcher of the laboratory of Forest ecosystem monitoring
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS, Moscow
E-mail: egor@ifl.rssi.ru

Gornov Aleksey Vladimirovich

Ph. D. in Biology, Deputy Director
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS, Moscow
E-mail: aleksey-gornov@yandex.ru

Ershov Dmitry Vladimirovich

Ph. D. in Technical sciences, Deputy Director
Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS, Moscow
E-mail: ershov@ifl.rssi.ru

ГЕОБОТАНИКА

УДК 581.6 (633.88)

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И РЕСУРСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *HEDYSARUM THEINUM* KRASNOB. НА ХРЕБТЕ ИВАНОВСКОМ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

© С. А. Кубентаев
S. A. Kubentaev

Ontogenetic structure and resource indicators of the coenopopulations
of *Hedysarum theinum* Krasnob. on the Ivanovsky ridge in Eastern Kazakhstan

РГП «Алтайский ботанический сад» КН МОН Республики Казахстан
071300, Республика Казахстан, г. Риддер, улица Ермакова, д. 1. Тел.: +7 (72336) 2-02-45, e-mail: kubserik@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты эколого-биологических и ресурсных исследований ценопопуляций *Hedysarum theinum* Krasnob. (*Fabaceae*) на хребте Ивановский в Восточном Казахстане. Дана фитоценотическая характеристика местообитаний вида, описан онтогенез и сезонный ритм развития растений, определена численность и отмечено наличие вредителей и возбудителей болезней. Установлено, что на хребте Ивановский копеечник чайный занимает значительные территории. Значительные запасы сырья копеечника выявлены в ценопопуляциях черниково-копеечничково-душистокопеечничково, копеечничково-мытничково-водосборного и доронигово-копеечничкового фитоценозов с общим эксплуатационным запасом 106,67 т, где существует возможность проведения промысловых заготовок. В остальных ценопопуляциях возможна заготовка растения для нужд местной аптечной сети. Копеечник в фитоценозах выступает в роли доминанта или субдоминанта. По возрастной структуре ценопопуляции копеечника чайного из разных мест Ивановского хребта сходны; их возрастные спектры однотипны: абсолютный максимум приходится во всех случаях на взрослые особи, относящиеся к генеративному периоду. Ценопопуляции вида относятся к неполночленным нормального типа, в них преобладают зрелые генеративные особи, количество ювенильных, прематурных мало, полностью отсутствуют сенильные. Семенная продуктивность подвержена значительным колебаниям по годам, а также зависит от абсолютной высоты местообитания и климатических условий вегетационного периода. Высокая семенная продуктивность отмечена почти во всех высотных поясах. В природных ценопопуляциях особи поражаются возбудителями ржавчины и разных видов пятнистостей. Из наиболее вредоносных насекомых – гусеницы пядениц контрастной и цветочной.

Ключевые слова: *Hedysarum theinum* Krasnob., ресурсы, ценопопуляция, онтогенез, эксплуатационный запас сырья.

Abstract. The article contains the results of the research aimed at examination of the ontogenetic structure of coenopopulations of *Hedysarum theinum* Krasnob. (*Fabaceae*) in the natural habitats, identification of the coenotic structure, resource indicators and undergrowth species, pests and diseases, development of the scientific basis for the conservation and sustainable use. The relevance of the research is a comprehensive study of natural populations of rare medicinal plants of *H. theinum*, which need special protection due to excessive anthropogenic impact, as the most vulnerable link in the natural ecosystems of East Kazakhstan. Studies were conducted on the ridge of Ivanovo, in the upper reaches of the river top Poperechka, on the North-Western slope at the altitude of 1860–2000 m above the sea level. Methodological basis for the study of coenopopulations was itinerary-reconnaissance. The structure of each specific coenopopulations was studied according to the procedures of T. A. Rabotnov and O. V. Smimova. The value of the operational reserve and possible volume of annual blanks, including the period of recovery of the studied species is given in «Method of determination of stocks of medicinal plants». Statistical data processing was performed according to the recommendations of G. N. Zaitsev. *H. theinum* on the ridge Ivanovo is the long-growing plant, with annual phases of flowering and fruiting onset, duration of which depends on the height of the habitat and weather conditions. Annual weight gain of the aerial and foliage plants increases with increasing elevation habitat above the sea level. Ontogenetic spectrum of the investigated populations of *H. theinum*, consisting of 4 periods, 7 age-related states that can be considered as the base for the unbroken coenoses in which the life cycle of plants continues 95–120 years. One of the factors adversely affecting the growth and development of *H. theinum* in the Ivanovo population is the activity of pests and pathogens. The coenopopulations of *H. theinum* occupy a large area on the ridge Ivanovo. The large stocks of raw materials were identified in the coenopopulations of *Anthoxanthum-Hedysarum-Vaccinium*, *Pedicularis-Aquilegia-Hedysarum* and *Hedysarum-Doronicum* phytocoenoses, where the total operating margin amounted to 106.67 tons on a total area of 16 hectares.

Keywords: *Hedysarum theinum* Krasnob., resources, coenopopulation, ontogeny, operational stock of raw materials.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-24-36

Введение

Восточный Казахстан является перспективным регионом для использования природных ресурсов лекарственных растений, благодаря богатству и разнообразию флоры Казахстанского Алтая (Котухов, 2005). Инвентаризация природной флоры выявила произрастание на его территории 783 видов лекарственных растений из 99 семейств (Котухов и др., 2015).

Одним из ценных лекарственных растений в этом регионе является копеечник чайный – *Hedysarum theinum* Krasnov. – редкий высокогорный альпийский вид, имеющий дизъюнктивный центрально-азиатский, южносибирский тип ареала (Красноборов и др., 1985). Встречается в высокогорном поясе, в прилегающих районах лесного пояса на альпийских, субальпийских лугах, каменистых склонах, вдоль ручьёв, на лесных лугах (Флора Сибири, 1994). Копеечник чайный распространён в Западном Алтае в пределах Восточного Казахстана, на Тарбагатае, Джунгарском Алатау и горных массивах Западной Монголии (Карнаухова и др., 2012).

Заготовка лекарственного сырья, в том числе и *H. theinum*, имеет в основном стихийный характер, что привело к деградации популяций этого вида во многих горных районах, доступных для заготовителей. Поэтому комплексные исследования, направленные на изучение экологии и биологии этого вида, оценку ресурсных показателей определяют высокую актуальность данного исследования.

H. theinum как самостоятельный вид выделен по ряду морфологических и биохимических признаков из *Hedysarum neglectum* Ledeb. Копеечник чайный отличается строением и химическим составом корня, короткими густыми многосторонними соцветиями, более короткими цветоножками, более длинными прицветниками, прицветничками, достигающими вершины зубцов чашечки, кистевидными зубцами более крупной чашечки, более крупными цветками с лодочкой, закруглённой по нижнему переднему краю и плодами с широкой окраиной (Красноборов, 1985). В более ранних работах *H. theinum* отнесён к *H. obscurum* L. и *H. austrosibiricum* B. Fedtsch. (Ревушкин, 1988).

Изучение ценопопуляций *H. theinum* проводили российские ботаники в высокогорьях Русского и Казахстанского Алтая на высоте 1600–2100 м над ур. м. (Карнаухова, 2013). М. С. Князевым (2013) изучены восточно-европейские и некоторые сибирские популяции; В. Н. Ильиной (2014) – средневожские популяции. Значительный вклад в изучение культивирования и эколого-биологических особенностей, интродукции и реинтродукции, онтогенеза копеечника чайного внесли С. Я. Сыева, Н. А., Карнаухова, О. В. Дорогина, Т. П. Свиридова, Н. С., Зиннер, Ш. М. Зубаирова (Карнаухова, 2007; Карнаухова и др. 2012; Сыева и др., 2008; Свиридова и др., 2008; Зубаирова, 2013).

В надземной части копеечника чайного содержатся моносахара, дисахара, дубильные вещества, витамин С, каротин, вещества ксантоновой природы мангиферин и изомангиферин (Неретина и др., 2004). В подземной части обнаружены олигомерные катехины (Агафонова, 2000), изофлавоноиды, бутилфенолы (Нечепуренко, 2007), алкалоиды, дубильные вещества, флавоноиды, сапонины, кумарины, углеводы, витамин С (Растительные ресурсы..., 1987).

Копеечники обладают широким спектром фармакологических эффектов: противовоспалительным, противоопухолевым, иммуностимулирующим, тонизирующим действием и др. (Гольдберг, 2000; Wang et al., 2000; Тихонов и др., 2004); известно их антибактериальное действие (Kubo et al., 1977). Чайный напиток из красного корня *H. theinum* обладает тонизирующим и общеукрепляющим свойствами (Агафонова и др., 2000). Корни растения широко применяются в народной медицине Казахстанского Алтая при болезнях желудочно-кишечного тракта, женских заболеваниях, как мочегонное, противовоспалительное. Отвар из корней копеечника применяют для лечения печени и желудка, используется как вяжущее средство (Кубентаев, 2016).

Цель нашего исследования заключалась в оценке эколого-биологических особенностей *H. theinum* в природных местообитаниях, выявлении ценотической и онтогенетической структуры и ресурсных показателей его ценопопуляций, распространения болезней и вредителей для разработки научной основы сохранения и рационального использования вида.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования взяты природные ценопопуляции *H. theinum* в естественных местообитаниях на хребте Ивановский, который входит в состав Юго-Западного Алтая. Восточная часть, как наиболее высокая, – около 2800 м над ур. м, начинается у восточной границы Казахстана, у истоков рек Белой и Чёрной Убы и тянется на запад до долины реки Громатуха в окрестностях г. Риддер. На юге граничит с хребтом Ульбинским, на северо-западе р. Громатуха отделяет его от хребта Убинский. Высотные отметки лежат в пределах 2000–2800 м над ур. м. (Егорина и др., 2003).

Изучение ценопопуляций проведено маршрутно-рекогносцировочным методом (Быков, 1957). При описании растительных сообществ с участием объекта исследования использовались геоботанические методы с визуальной оценкой количества особей по шкале Г. Друде (Быков, 1970). Структура каждой конкретной ценопопуляции изучалась согласно методикам Т. А. Работнова (1964) и О. В. Смирновой (1976). Для выявления онтогенетических состояний применена методика А. А. Уранова (1969). За основу изучения эколого-биологических особенностей вида в полевых условиях взяты разработанные М. Ф. Голубевым и Е. Ф. Молчановым методические указания (Голубев и др., 1978). Величину эксплуатационного запаса и объём возможных ежегодных заготовок с учётом периода восстановления изучаемого вида определяли по «Методике определения запасов лекарственных растений» (Методика..., 1986). Статистическую обработку биометрических параметров особей, проводили согласно рекомендациям Г. Н. Зайцева (1973). Для составления морфометрической характеристики *H. theinum* учитывались следующие количественные показатели: плотность генеративных растений на 1 м², количество генеративных и вегетативных разновозрастных побегов на одну особь, высота генеративных особей. Уровень изменчивости морфометрических признаков определён с использованием коэффициента вариации – V (Зайцев, 1973).

Названия сосудистых растений даны по С. К. Черепанову (1995).

Результаты исследования и обсуждение

Местообитания копеечника чайного приурочены к северо-западным и северо-восточным склонам различной крутизны, защищённым от преобладающих ветров и имеющим достаточно мощный снеговой покров – 110–140 см, а местами – до 200 см в зимнее время; обитает также на выровненных участках вершин и обширных водораздельных пространствах в поясе субальпийских и, реже, альпийских лугов, по днищам долин горных рек. Иногда встречается на зарастающих курумах, где между обломками камней скапливается почва. Вид редко встречается на юго-восточных и юго-западных склонах. Предпочитает богатые гумусом горно-луговые почвы с достаточным увлажнением, заболачивания и застоя талых вод не выносит. На участках, лишённых снега в результате выдувания, вымерзает.

В пределах хребта Ивановский отмечено одно из самых больших по площади местонахождений этого вида на территории Казахстанского Алтая – до 35 км², условно названное нами «Ивановским». Расположено оно в верховьях р. Большая Поперечка на северо-западном склоне; координаты: 50°19'02"N, 83°52' 32"E, 1860 м над ур. м (рис. 1). Растёт *H. theinum* на слабо закрытой древней морене, с бедным разреженным травостоем в виде отдельных бессистемно расположенных групп растений. В данном местонахождении выделено 6 типов фитоценозов, в пределах которых описаны ценопопуляции изучаемого вида: копеечничково-сосюреевый (*Saussurea latifolia*, *H. theinum*), копеечничково-водосборовый (*Aquilegia glandulosa*, *H. theinum*), чернично-копеечничково-душистоколосковый (*Anthoxanthum odoratum*, *H. theinum*, *Vaccinium myrtillus*), копеечничково-мытничково-водосборовый (*Pedicularis proboscidea*, *Aquilegia glandulosa*, *H. theinum*), доронигово-копеечничковый (*H. theinum*, *Doronicum altaicum*), копеечничковый (*H. theinum*). Ниже приводится эколого-фитоценотическая и ресурсная характеристика указанных ценопопуляций на хребте Ивановский.

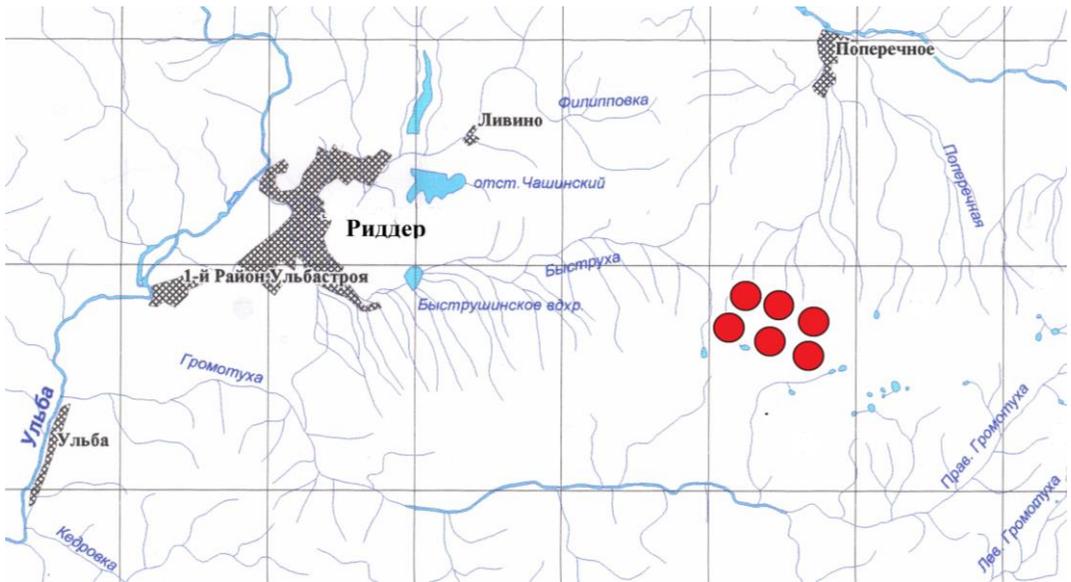


Рис. 1. Картограмма местонахождений *Hedysarum theinum* на хребте Ивановском.

1. Ценопопуляция копеечниково-сосюреевого (*Saussurea latifolia*, *H. theinum*) фитоценоза площадью 1,3 га размещена на склоне с незначительной крутизной. Рельеф очень сложный, 70% площади которого занимают незакрытые обнажения обломков древних пород. Почвенный слой слабо сформирован, представлен в виде опада до 250 г/м². Органика скапливается между обломками курумов и в понижениях, где создаются благоприятные условия для роста *H. theinum*.

Травостой хорошо развит, трёхъярусный, беден в видовом отношении. Общее проективное покрытие составляет не более 40%.

Первый ярус сформирован *H. theinum* – сор₂, на его долю в покрытии приходится около 25 %. Встречается отдельными группами или мощными единичными особями *Saussurea latifolia* – сор₃, на его долю в покрытии приходится 25%. Из сопутствующих видов встречаются: *Rumex acetosella* – сол, *Aquilegia glandulosa* – сол, *Sanguisorba alpina* – сол, *Geranium albiflorum* – сп, *Doronicum altaicum* – сол, *Phlomidoides alpina* – сол, *Poa pratensis* – сол.

Второй ярус слабо выражен, представлен *Carex aterrima* – сол, *Festuca borissii* – сол, *Rhodiola rosea* – сп, *Ptarmica ledebourii* – сп, *Lagotis globosa* – сп, *Solidago virgaurea* – сп-сол, *Bistorta elliptica* – сол, *Festuca kryloviana* – сол, *Taraxacum ceratophorum* – сол.

Третий ярус формируют *Oxytropis alpina* – сол, *Cerastium pauciflorum* – сол, *Pachypleurum alpinum* – сол.

Растения *H. theinum* хорошо развиты, образуют мощные монотипные группы. Плотность генеративных особей составляет 8,47±0,97 шт. на 5 м², V = 44%; количество вегетативных растений – 4,01±0,62 шт. на 5 м², V = 60%; количество генеративных побегов на одну особь – 17,80±1,57 шт., V = 34%; высота генеративных побегов – 75,73±1,52 см, V = 8%; длина соцветия 28,73±1,39 см, V – 18%; длина цветочной метелки 17,80±0,63 см, V = 14%.

2. Ценопопуляция копеечниково-водосборного (*Aquilegia glandulosa*, *H. theinum*) фитоценоза на площади 1,8 га входит в состав альпийских лугов на левом берегу реки Большая Поперечка, на пологом склоне древней морены. Координаты: 50°19'05"N, 83°52'36"E; 1838 м над ур. м. Рельеф выровнен, реже бугристый с нечётко выраженными карнизами. Почвенный слой хорошо развит, достигает до 40 см толщины. Почвы – горные чернозёмы, с незначительным включением мелкой гальки. Напочвенный покров хорошо развит, представлен

опадом и зарослями мхов. Масса опада составила 160 г/м². Общее проективное покрытие 100%. Травостой хорошо развит, трёхъярусный, беден в видовом отношении.

Первый ярус, высотой 80–100 см, сформирован *H. theinum* – сор₂, *Aquilegia glandulosa* – сор₁; на их долю в покрытии приходится 55%. Из второстепенных видов встречаются *Doronicum altaicum* – сол, *Phlomoïdes alpina* – сол, *Rumex acetosella* – сол.

Второй ярус высотой 30–50 см. В нём представлены: *Pedicularis proboscidea* – сп, *Geranium albiflorum* – сп, *Deschampsia cespitosa* – сол, *Ptarmica ledebourii* – сп, *Carex aterrima* – сол, *Festuca kryloviana* – сол, *Solidago virgaurea* – сп-сол, *Anthoxanthum alpinum* – сор₂.

Третий ярус высотой 10–25 см, сформирован *Omalotheca sylvatica* – сол, *Oxytropis alpina* – сп, *Swertia obtusa* – сол, *Sibbaldia procumbens* – сп, *Alchemilla acutiloba* – сол.

H. theinum по площади размещён диффузно отдельными небольшими группами, состоящими из 2–5 генеративных особей. Количество генеративных особей – 5,43±0,44 шт. на 5 м², V = 29%. Количество вегетативных растений – 3,53±0,44 шт. на 5 м², V = 43%. Высота генеративных побегов – 73,33±1,95 см, V = 10%. Количество генеративных побегов в кусте – 16,73±0,42 шт., V = 40%. Количество цветков в соцветии – 42,47±2,50 шт., V = 10%. Длина соцветия – 27,00±1,35 см, V = 20%. Длина цветочной метелки – 13,40±0,55 см, V = 40.

3. Ценопопуляция чернично-копеечниково-душистоколюскового (*Anthoxanthum odoratum*, *H. theinum*, *Vaccinium myrtillus*) фитоценоза на площади 5 га входит в состав низкотравных альпийских лугов на склоне закрытой древней морены крутизной 35–40°. Координаты: 50°19'13"N, 83°52'50"E; 1800 м над ур. м. Рельеф мелкобугристый с хорошо выраженным почвенным слоем до 30–40 см толщины. Напочвенный покров развит, представлен опадом, мхами и лишайниками. Склон хорошо освещён, в зимний период отмечается значительное количество снега. Общее проективное покрытие 100%.

Древесный и кустарниковый ярусы не выражены; изредка встречаются молодые растения *Larix sibirica*.

Травостой полидоминантен хорошо развит, беден в видовом отношении, чётко трёхъярусный.

Первый ярус сформирован *H. theinum* – сор₂, на его долю в покрытии приходится около 35%. Из сопутствующих видов встречаются *Phlomoïdes alpina* – сол, *Rumex acetosella* – сол, *Doronicum altaicum* – сол, *Phleum alpinum* – сп, *Hieracium virosum* – сол, *Aquilegia glandulosa* – сол.

Второй ярус представлен доминирующим видом *Anthoxanthum odoratum* – сор₁, на его долю в покрытии приходится 30%. Субдоминантами выступает *Solidago virgaurea* – сп – сор₁. Из сопутствующих видов встречаются *Saussurea latifolia* – сп, *Rumex acetosella* – сол, *Aquilegia glandulosa* – сол, *Sanguisorba alpina* – сол, *Geranium albiflorum* – сп, *Phlomoïdes alpina* – сол, *Poa pratensis* – сол, изредка группы *Doronicum altaicum* – сол.

Третий ярус сформирован *Vaccinium myrtillus* – сор₁, на его долю в покрытии приходится 25%. Из сопутствующих видов отмечены *Viola altaica* – сол, *Gentiana grandiflora* – сол, *Lloydia serotina* – сол, *Bistorta elliptica* – сол, *Oxytropis alpina* – сол, *Gentiana uniflora* – сол, *Pachypleurum alpinum* – сол, *Dracocephalum grandiflorum* – сол, *Sibbaldia procumbens* – сол, *Thalictrum alpinum* – сол.

Растения копеечника по площади размещены рассеянно в виде небольших групп или крупными единичными особями. Плотность генеративных особей – 4,67±0,36 шт. на 5 м², V = 29%; количество вегетативных побегов 8,07±1,05 шт.; V = 45%; число генеративных побегов – 14,60±1,61 шт. на одну особь, V = 42%; высота растений – 68,37±2,35 см, V = 10%; длина соцветия – 19,00±1,30 см, V = 26%; длина цветочной метёлки – 12,47±0,85 см, V = 36%. Отмечается значительное количество вегетативных растений разного возраста.

4. Ценопопуляция копеечниково-мытнково-водосборового (*Pedicularis proboscidea*, *Aquilegia glandulosa*, *H. theinum*) фитоценоза на площади 2,5 га расположена на альпийском лугу в верхнем пределе закрытой древней морены, в верховье р. Большая Поперечка, на склоне крутизной 45°. Координаты: 50°19'09"N., 83°52'51"E; 1862 м над ур. м. Рельеф мел-

кобугристый, почвенный слой слабо развит, 15–20 см толщины, подстилающий слой – обломки коренных пород морены. Напочвенный покров слабо выражен, представлен в основном мхами. Общее проективное покрытие – 90%. Видовой состав фитоценоза беден; травостой трёхъярусный.

Первый ярус высотой 50–70 см, сформирован *H. theinum* – сор₁ и *Aquilegia glandulosa* – сор₁, на долю которых в покрытии приходится 20–25%. Из сопутствующих видов встречаются *Saussurea latifolia* – сол, *Rumex acetosella* – сол, *Aquilegia glandulosa* – сор₁, *Sanguisorba alpina* – сол, *Geranium albiflorum* – сп, *Phlomoides alpina* – сол, *Poa pratensis* – сол, *Doronicum altaicum* – сол.

Во втором ярусе доминирует *Pedicularis proboscidea* – сор₁ на его долю в покрытии приходится 20 %. Сопутствующие виды представлены *Ranunculus grandifolius* – сор₂, *Ptarmica ledebourii* – сп, *Poa pratensis* – сол, *Tripleurospermum perforatum* – сол. *Deschampsia cespitosa* – сол.

Третий ярус слабо выражен. В нём отмечены *Swertia obtusa* – сол. *Sibbaldia procumbens* – сп., *Alchemilla acutiloba* – сол.

Растения *H. theinum* по площади ценопопуляции размещены перпендикулярно склону в виде узких лент. Плотность генеративных особей – 6,47±0,43 шт. на 5 м², V = 24%; количество вегетативных побегов – 5,2±0,42 шт. на 1 м², V = 36%; количество генеративных побегов – 16,33±1,42 шт. на одну особь, V = 33%; высота растений – 62,15±2,15 см, V = 13%; длина соцветия – 23,00±1,20 см, V = 20%; длина цветочной метёлки – 18,73±1,24 см., V = 25%.

5. Ценопопуляция дорониково-копеечникового (*H. theinum*, *Doronicum altaicum*) фитоценоза размещена на закрытой морене в субальпийском поясе, на склоне крутизной в 50°, занимает площадь 8,5 га. Координаты: 50°19'13"N, 83°52'53"E.; 1812 м над ур. м. Рельеф мелкоуступчатый с хорошо развитым почвенным слоем, 30–35 см толщины, подстилающий слой – обломки породы. Напочвенный покров хорошо развит, представлен опадом и мхами.

Травостой хорошо развит, чётко трёхъярусный. Общее проективное покрытие – 100%.

Первый ярус сформирован доминантами: *Doronicum altaicum* – сор₃ (на его долю в покрытии приходится 45%) и *H. theinum* – сор₂ (доля в покрытии – 20%). Из сопутствующих видов встречаются: *Rumex acetosella* – сол, *Aquilegia glandulosa* – сор₁, *Sanguisorba alpina* – сол, *Geranium albiflorum* – сп, *Phlomoides alpina* – сол, *Poa pratensis* – сол.

Второй ярус формирует плотная вегетативная масса *Doronicum altaicum* – сол, и вегетативная масса *Geranium albiflorum* – сор₁, *Anthoxanthum alpinum* – сп, *Rhodiola rosea* – сп, *Ptarmica ledebourii* – сп, *Lathyrus gmelini* – сп, *Solidago virgaurea* – сп-сол, *Bistorta elliptica* – сол, *Festuca kryloviana* – сол, *Taraxacum ceratophorum* – сол.

Третий ярус хорошо выражен, состоит из *Viola biflora* – сор₁, *Vaccinium myrtillus* – сп, *Alchemilla acutiloba* – сол, *Gentiana grandiflora* – сол, *Viola altaica* – сол.

Копеечник чайный по площади размещён рассеянными группами или единичными крупными особями. Плотность генеративных особей – 8,07±0,80 шт. на 5 м², V = 38%; количество вегетативных побегов – 7,4±0,32 шт. на 1 м², V = 38%; количество генеративных побегов – 10,13±1,35 шт. на одну особь, V = 47%; высота растений – 59,87±2,33 см, V = 15%; длина соцветия – 21,00±1,25 см, V = 20%; длина цветочной метёлки – 16,73±1,34 см, V = 25%.

6. Ценопопуляция копеечникового (*H. theinum*) фитоценоза размещена в верховье р. Большая Поперечка, в узкой ложбине между двух выступов древней морены на площади 1,8 га. Координаты: 50°19'04"N, 83°52'51"E.; 1878 м над ур. м. Рельеф сложный, представлен закрытыми мелкими уступами и различного рода углублениями. Почвы – горный чернозём, образованный продуктами разложения растений с включением мелкой гальки. Напочвенный покров слабо выражен.

Травостой развит слабо, беден в видовом отношении. Общее проективное покрытие 70%. В роли доминанта выступает *H. theinum* – сор₂, на его долю в покрытии приходится 35%. Травостой трёхъярусный.

Первый ярус сформирован *H. theinum* – сор₂; из сопутствующих видов встречаются *Doronicum altaicum* – сол, *Phlomoides alpina* – сол.

Второй ярус изрежен; его составляют *Solidago virgaurea* – sp-sol, *Bistorta elliptica* – sol, *Festuca kryloviana* – sol, *Thalictrum alpinum* – sol, *Poa pratensis* – sol, *Tripleurospermum perforatum* – s. *Deschampsia cespitosa* – sol.

Третий ярус сформирован *Lathyrus gmelini* – sol, *Oxytropis alpina* – sp, *Swertia obtusa* – sol, *Sibbaldia procumbens* – sp, *Alchemilla acutiloba* – sol.

Растения *H. theinum* по площади размещены рассеяно в виде групп или единичных особей. Плотность генеративных особей – 6,01±0,75 шт. на 5 м², V = 43%; количество вегетативных побегов – 11,07±1,30 шт. на 1 м², V = 45%; количество генеративных побегов – 7,33±0,52 шт. на одну особь, V = 27%; высота растений – 52,80±1,72 см, V = 12%; длина соцветия – 19,05±1,29 см, V = 26%; длина цветочной метёлки – 12,73±1,34 см, V = 30%.

Эксплуатационные запасы воздушно-сухого сырья копеечника чайного в ценопопуляциях и объёмы возможных ежегодных заготовок представлены в табл.

Таблица

Сырьевые запасы *Hedysarum theinum* на хребте Ивановский

Тип фитоценоза, в котором описана ценопопуляция	Площадь, занимаемая ценопопуляцией, га	Урожайность воздушно-сухого сырья, кг/га	Эксплуатационный запас воздушно-сухого сырья, т	Объём возможных ежегодных заготовок воздушно-сухого сырья, т
Копеечничково-соснореевый	1,3	3678	4,77	0,47
Копеечничково-водосборный	1,8	4930	8,85	0,88
Черничково-копеечничково-душистоколосковый	5,0	6728	33,60	3,33
Копеечничково-мытнничково-водосборный	2,5	8186	20,46	2,04
Дорониново-копеечничковый	8,5	6190	52,61	5,26
Копеечничковый	1,8	4211	7,47	0,74

В исследуемых ценопопуляциях изучен онтогенез *H. theinum*, в котором выявлены 4 периода и 7 онтогенетических состояний.

Период первичного покоя семян может длиться 4–5 лет. Семенам необходима естественная стратификация в течение 9–10 месяцев. Осенью семена осыпаются, сильно набухают, в таком состоянии уходят под снег.

Прегенеративный период. Представлен следующими возрастными состояниями: *проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные.*

Прорастание семян подземное. Массовое прорастание семян наблюдается весной, в мае – начале июня, сразу после схода снега. *Проростки* существуют в течение одного вегетационного периода. Они имеют две эллиптические семядоли суккулентного типа, с одной стороны немного выемчатые, длиной 5 мм и шириной 3 мм, на черешках 5–7 мм длиной, основания которых, срастаясь, окружают первичную почку; почка открытого типа, подсемядольное колено – 31 мм длиной, первичный корень – 41–52 мм длиной. Первичный лист тройчатого типа, через 12–20 дней развивается второй лист такого же типа. Стебель однолетнего сеянца – 2–2,5 см в длину. Стебель заканчивается почкой закрытого типа. Подсемядольное колено – 0,5–0,7 см в длину, утолщённое; в дальнейшем из него формируется корневище. К концу вегетационного периода сеянец имеет корень до 7 см в длину, на котором образуется до 10 боковых корней первого порядка. На первичном корне к концу вегетации развивается 1–3 азотистых клубенька до 1,5 мм длиной. Семядоли отмирают в августе. К этому времени у основания стебля имеются хорошо сформированные почки: одна замещающая и одна спящая. К концу первого вегетационного периода проростки переходят в ювенильное состояние (рис. 2, а, б, в, г).

В *ювенильном* состоянии растения обычно существуют в течение 3–4 вегетационных периодов. Ювенильные особи – до 12 см высотой с 3–4 тройчатыми листьями. Головка корневища хорошо развита, до 0,5 см в поперечнике, несёт 6–8 почек, одета остатками чешуй и

стеблей прошлых лет. На корневище имеются годовичные кольца в виде валиков (рубцы), на которых располагаются спящие почки (6–8). Утолщённая часть первичного корня светло-бурая, морщинистая, до 4 мм в поперечнике. Основная масса корней первого и второго порядков развивается в нижней части главного корня. Первичный корень заглублен до 15 см; число клубеньков 3–4 (рис. 2, д, е, ж).

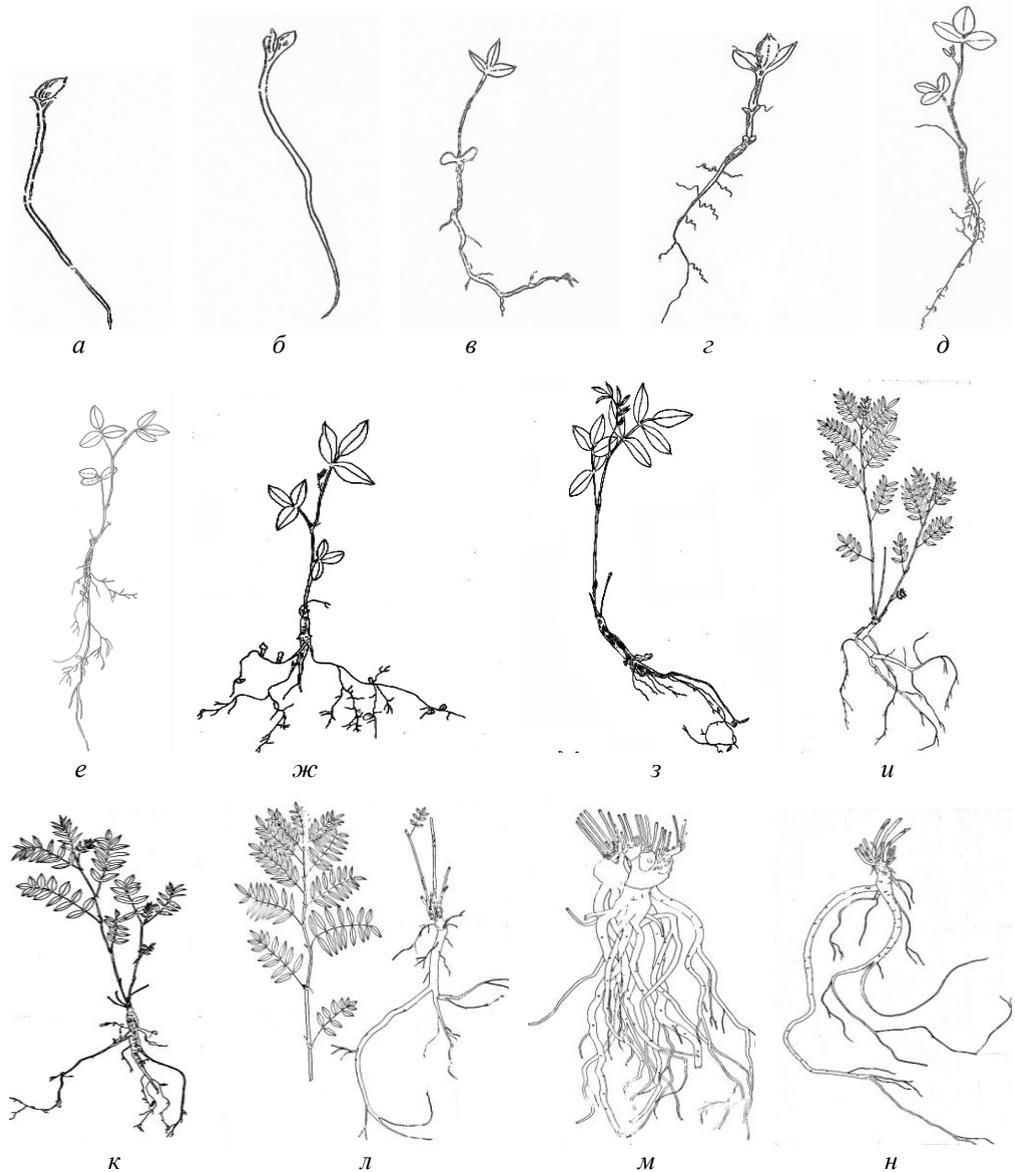


Рис. 2. Онтогенетические состояния копеечника чайного на хребте Ивановский:

а, б, в, г – проростки; д, е, ж – ювенильные, з – прематурные, и – виргинильные, к – молодые генеративные, л – среднегенеративные, м – старые генеративные, н – постгенеративные (сенильные).

В *имматурном* состоянии особи отмечены с 5-летнего возраста до 7–8 лет. Обычно они имеют возраст 6–7 лет. Для них характерно наличие одного стебля 15–17 см в высоту, несущего 4–5 непарноперистых листа с двумя парами листочков, пластинка нижнего листа трой-

чаяя. Корневище хорошо развито и чётко обособлено от утолщённой части главного корня. Почек на корневище 8–10. Главный корень заглублён до 25 см; утолщённая часть его до 4 см в длину и 0,5 см в толщину, веретеновидная, в верхней части морщинистая (рис. 2, з).

В *виргинильном* состоянии особи отмечаются 9–19 лет. Они имеют 1–6 вегетативных побегов, которые различаются по высоте и степени развития. Листья непарноперистые с 4–8 парами листочков. Корневище хорошо сформировано, до 5 см в длину и 2–2,5 см в ширину, плотно одето муфтой из бурой лупящейся коры. Спящих почек 37–53 шт., вегетативных – 2–7 шт, каудекс хорошо развит, до 5 см в ширину, отдельные ветви каудекса достигают 2 см в длину. Главный корень заглублен до 1 м, утолщённая часть – до 30 см в длину, веретеновидная, одета тёмно-бурой лупящейся и гладкой блестящей корой. Главный корень в нижней части интенсивно ветвится (рис. 2, и).

В *генеративном* периоде выделено три онтогенетических состояния: *молодые генеративные, взрослые генеративные и старые генеративные*.

Молодые генеративные особи вступают в период цветения в возрасте 18–20 лет, имеют 1–2 генеративных побега, реже – 3–4 и 1–2 укороченных вегетативных; листья непарноперистые, все с 2–7 парами листочков; каудекс хорошо развит, 8–10 см в поперечнике, многоглавый, ветви которого до 9 см в длину. Почки трех типов: крупные, дающие генеративные побеги; из более мелких развиваются вегетативные побеги и очень мелкие – спящие. Главный корень мощно развит, утолщённая часть 28–32 см в длину, веретеновидная, 3–5 см в поперечнике, покрыта тёмно-бурой лупящейся корой; от утолщённой части отходят 2–5 корня первого порядка, из которых развиваются толстые корни с интенсивным ветвлением в нижней части корней. Заглублена корневая система на 90–110 см, в горизонтальной проекции до 40–50 см (рис. 2, к).

Взрослые генеративные особи. Этот период характерен для 55–80-летних растений. Они характеризуются мощным развитием и многостебельчатостью, обычно стеблей 8–37, 45–140 см высотой, листья все непарноперистые, из 3–7 пар листочков. Корневище и корень мощно развиты, у отдельных особей весом до 7 кг. Каудекс до 23–40 см в поперечнике, многоглавый, из 5–17 ветвей. Пространство между ветвей плотно заполнено органикой и мхами. Утолщённая часть корня до 70 см в длину, в верхней части 8–12 см в поперечнике, покрыта сильно лупящейся корой. У некоторых особей в центральной части главного корня начинается отмирание тканей. Заглубление главного корня до 150 см. Основное количество корней первого порядка направлено вверх по склону. В горизонтальной проекции корневая система занимает 2,5 см в диаметре (рис. 2, л).

Старые генеративные особи. В этом состоянии особи отмечены в возрасте 80–95 лет. Они характеризуются малым числом генеративных побегов (1–3) и значительным числом укороченных вегетативных побегов, интенсивным разрушением утолщенной части главного корня. Корневая система легко распадается на 2–5 партикул. Каудекс плотно заполнен органикой и мхами. Плодоношение слабое (рис. 2, м).

Постгенеративный (сенильный) период. Сенильные особи отмечены в возрасте старше 95–100 лет. Они не имеют генеративных побегов и значительное число более укороченных вегетативных побегов. Подземная часть сильно разрушена, особенно главный корень и толстые корни первого порядка, заметно уменьшилось число почек возобновления (рис. 2, н).

В целом можно отметить, что онтогенез растений продолжается 95–120 лет, иногда и более.

По возрастной структуре ценопопуляции копеечника чайного из разных мест Ивановского хребта сходны, их возрастные спектры однотипны: абсолютный максимум приходится во всех случаях на взрослые особи, относящиеся к генеративному периоду. Популяции этого вида относятся к неполноценным нормального типа, в них преобладают зрелые генеративные особи, число ювенильных, прематурных незначительно и полностью отсутствуют сенильные.

Копеечник чайный относится к длительно вегетирующим растениям. Весной в рост трогается сравнительно рано, при очень низких среднесуточных температурах 0 до +4°C, сразу же после схода снега; нередко начало вегетации наблюдается под снегом. Продолжитель-

ность вегетационного периода до 130 дней. Надземная масса весенними заморозками не повреждается. Сезонное развитие копеечника начинается в мае и заканчивается в середине сентября. По срокам цветения относится к летнецветущим растениям и зацветает в середине июня в нижнем пределе распространения (1700 м над ур. м.) и позднее на 20–30 дней в верхнем пределе (2100 м над ур. м.). Плоды созревают с конца июля и до конца августа, в зависимости от высоты обитания и погодных условий, которые влияют на продолжительность фенофаз. Зрелые плоды почти до середины сентября сохраняются на растениях, затем осыпаются. Листья полностью осыпаются в конце сентября, сухие стебли лежат под тяжестью снега, перегнивают через 2–3 года. Под снег растения уходят с хорошо сформированными почками, погружёнными в субстрат на 1,5–2 см.

Наиболее высокий годичный прирост массы надземных органов – 86,0–273,0 кг/га – отмечен на альпийских низкотравных лугах, где этот вид нередко может выступать в качестве субдоминанта. На альпийских разнотравных лугах с травостоем до 110 см с меньшим обилием копеечника годичный прирост массы надземных органов в среднем составляет 96,0–145,6 кг/га. В разреженных кедрачах в верхнем пределе распространения вида масса надземных органов составляет 35,4–98,0 кг/га. В кедрово-пихтовых разреженных лесах в нижнем пределе распространения копеечника надземная масса обычно не превышает 16,0–78,0 кг/га. Облиственность растений увеличивается с увеличением абсолютной высоты местообитания. В нижнем пределе, на высоте 1700 м над ур. м., она составляет 30% (на 1 кг зеленой массы); в среднем пределе, в кедрачах на высоте 1900 м над ур. м. – около 40%; в верхнем пределе, в кедрово-лиственничных лесах – 50%; за пределами лесного пояса – около 55%. В кедрово-пихтовых разреженных лесах с мощным развитием высокотравья (1700 м над ур. м.) урожай подземной массы, в среднем, равен 87–517 кг/га; в разреженных кедрачах на высоте 1900 м над ур. м. – 120–240 кг/га; на альпийских лугах – 230–570 кг/га.

Семенная продуктивность подвержена значительным колебаниям по годам, а также весьма зависит от абсолютной высоты местообитания вида и климатических условий вегетационного периода, сравнительно высокая почти во всех высотных поясах (коэффициент семеношения – 37–51%). Одно растение в среднем имеет 9 генеративных побегов, которые образуют 1315–1560 семян, из них 17–35% развиваются в семена. В нижнем пределе произрастания вида запас семян составляет 1,2–2,3 кг/га; в среднем пределе в разреженных кедрачах – 1,3–3,8 кг/га; в верхнем – 1,1–3,7 кг/га. Отмечается сравнительно высокая тенденция к продуцированию семян даже в малоблагоприятных климатических условиях, что свидетельствует о высокой приспособленности вида к условиям обитания в высокогорьях.

При обследовании природных популяций копеечника чайного на хребте Ивановском выявлен комплекс вредителей и возбудителей болезней.

Из болезней в природных популяциях наблюдается развитие ржавчины, которая появляется во второй половине вегетации в виде ржавых или бурых пятен на листьях и стеблях. Ржавчина копеечника чаевого в природе вызывается двумя видами возбудителей: *Uromyces hydissaris* Lev. и *Puccinia coronifera* Kleb. Ржавчина, вызываемая *Uromyces hydissaris*, образует на копеечнике только летнее и осеннее спороношение. Промежуточный хозяин, на котором идёт весеннее спорообразование, пока не установлен. Корончатая ржавчина (*Puccinia coronifera*) на копеечнике чаевого проходит полный цикл развития с образованием весеннего, летнего и осеннего спороношения.

Кроме ржавчины на листьях во всех обследованных ценопопуляциях в слабой степени наблюдается развитие возбудителей, вызывающих пятнистость – филлостиктоз (*Phyllosticta* sp.), рамуляриоз (*Ramularia* sp.).

Из насекомых, собранных на вегетирующих органах копеечника чаевого в природе, в разряд вредителей могут быть отнесены при численности выше 5–7 штук на одном взрослом растении гусеницы пядениц контрастной (*Ortholitha chenopodiata* L.), цветочной (*Eupithecia succenturiata* L.), дроковой (*Hypoxystis pluviana* F.), линейчатой серобурой (*Ortholitha moeniata* Scop.), листоеда травяного (*Chrysomela graminis* L.). Из наиболее вредоносных насекомых – гусеницы пядениц контрастной и цветочной.

Семена копеечника повреждаются личинками долгоносика-семяеда из рода *Oxystoma* F. При этом степень проявления его вредоносности находится в прямой зависимости от произрастания генеративных особей копеечника над ур. м. В верхнем пределе границы ареала на высоте 2100 м над ур. м. урожай семян повреждается на 1–3%; на высоте 2000 м над ур. м., в среднем поясе разреженного кедрача 19–25%, в нижнем поясе кедрача на высоте 1900 м над ур. м. 21–30%, а в пихтово-кедровом лесу на высоте 1800 м над ур. м. поражённые семена в выборке составляют 37–40%.

Неравномерность размножения семяеда объясняется особенностями сезонного ритма развития копеечника, при котором в высокогорных ценопопуляциях цветение и плодоношение генеративных растений происходит в более поздние сроки, что, вероятно, является лимитирующим фактором для размножения семяеда в большом количестве.

Опылителями копеечника чайного во всех природных популяциях являются два вида шмелей: шмель лесной (*Bombus sylvarum* Linnaeus, 1761) и шмель каменный (*B. lapidarius* Linnaeus, 1761).

Для сохранения вида необходимо часть Ивановской популяции от р. Разливанки и до р. Большая Поперечка включить в охранную зону Западно-Алтайского государственного природного заповедника. Желательно установить контроль за состоянием популяций во всех местонахождениях вида, особенно в верховьях рек Белая Уба и Большой Тургусун. Кроме того, нужно упорядочить сбор корней местным населением на территориях, неохваченных охранными мероприятиями.

Выводы

Копеечник чайный на хр. Ивановский – длительно вегетирующее растение, с ежегодными фазами цветения и плодоношения, наступление и продолжительность которых зависят от абсолютной высоты местообитания и погодных условий. Годичный прирост массы надземных органов и облиственность растений увеличиваются с увеличением высоты обитания вида над уровнем моря. Онтогенез вида в исследуемых ценопопуляциях состоит из 4 периодов и 7 онтогенетических состояний и продолжается 95–120 лет. Одним из факторов, отрицательно влияющим на рост и развитие копеечника чайного в Ивановском местонахождении является деятельность вредителей и возбудителей болезней. В фитоценоотическом отношении ценопопуляции копеечника чайного на хребте Ивановский полидоминантны, занимают большие площади. Из обследованных ценопопуляций значительные запасы сырья выявлены в черниково-копеечничково-душистоколосковом, копеечничково-мытничково-водосборовом и доронигово-копеечничковом фитоценозах, где общий эксплуатационный запас составил 106,67 т и существует возможность проведения промысловых заготовок. Остальные ценопопуляции рекомендуются заготавливать для нужд местной аптечной сети.

Работа выполнена в рамках государственного заказа по темам «Изучение лекарственных растений Казахского Алтая, применяемых в официальной и народной медицине, оценка их распространения, сырьевых запасов и возможности практического применения» и «Оценка состояния ценопопуляций малоизученных редких видов растений для решения проблемы сохранения биоразнообразия Казахского Алтая».

Список литературы

Агафонова О. В., Володарская С. Б. 2000. Продуктивность и содержание олигомерных катехинов у *Hedysarum theinum* Krasnob. в Центральном и Юго-Западном Алтае // Растительные ресурсы. Т. 36. Вып. 3. С. 47–52. [Agafonova O. V., Volodarskaya S. B. 2000. Produktivnost' i sodержanie oligomernykh katekhinov u *Hedysarum theinum* Krasnob. v Central'nom i Yugo-Zapadnom Altae // Rastitel'nye resursy. T. 36. Вып. 3. P. 47–52.]

Быков Б. А. 1957. Геоботаника. Алма-Ата: Изд-во АНКазССР. 287 с. [Bykov B. A. 1957. Geobotanika. Alma-Ata: Izd-vo ANKazSSR. 287 p.]

Быков Б. А. 1970. Введение в фитоценологию. Алма-Ата: Изд-во АНКазССР. 226 с. [Bykov B. A. 1970. Vvedenie v fitocenologiyu. Alma-Ata: Izd-vo ANKazSSR. 226 p.]

- Голубев В. Н., Молчанов Е. Ф. 1978. Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма. Ялта. 41 с. [Golubev V. N., Molchanov E. F. 1978. Metodicheskie ukazaniya k populyacionno-kolichestvennomu i ehkologo-biologicheskomu izucheniyu redkih, ischezayushchih i ehndemichnyh rastenij Kryma. Yalta. 41 p.]
- Гольдберг Е. Д., Зуева Е. П. 2000. Препараты из растений в комплексной терапии злокачественных новообразований. Томск. 130 с. [Gol'dberg E. D., Zueva E. P. 2000. Preparaty iz rastenij v kompleksnoj terapii zlokachestvennyh novoobrazovaniy. Tomsk. 130 p.]
- Егорина А. В., Зинченко Ю. К., Зинченко Е. С. 2003. Физическая география Восточного Казахстана. Усть-Каменогорск: Альфы-Пресс. 187 с. [Egorina A. V., Zinchenko Yu. K., Zinchenko E. S. 2003. Fizicheskaya geografiya Vostochnogo Kazahstana. Ust'-Kamenogorsk: Al'fy-Press. 187 p.]
- Зайцев Г. Н. 1973. Методика биометрических расчетов. М.: Наука. 150 с. [Zajcev G. N. 1973. Metodika biometricheskikh raschetov. M.: Nauka. 150 p.]
- Зубайрова Ш. М. 2013. Особенности семенной продуктивности *Hedysarum dagestanicum* Boiss. ex Rupr. в природных популяциях // Фундаментальные исследования. № 6–2. С. 352–355. [Zubairova Sh. M. 2013. Osobennosti semennoj produktivnosti *Hedysarum dagestanicum* Boiss. ex Rupr. v prirodnyh populyaciyah // Fundamental'nye issledovaniya. № 6–2. P. 352–355.]
- Ильина В. Н. 2014. Структура и состояние популяций Средневолжских видов рода *Hedysarum* L. (*Fabaceae*) // Самарский научный вестник. № 2 (7). С. 37–40. [Il'ina V. N. 2014. Struktura i sostoyanie populyacij Srednevolzhskih vidov roda *Hedysarum* L. (*Fabaceae*) // Samarский научный вестник. № 2 (7). P. 37–40.]
- Карнаухова Н. А. 2007. Особенности развития *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) Krasnob. в природных условиях и при интродукции в Центральный сибирский ботанический сад (г. Новосибирск) // Растительные ресурсы. Т. 43. Вып. 3. С. 14–25. [Karnauhova N. A. 2007. Osobennosti razvitiya *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) Krasnob. v prirodnyh usloviyah i pri introdukcii v Central'nyj sibirskij botanicheskij sad (g. Novosibirsk) // Rastitel'nye resursy. T. 43. Vyp. 3. P. 14–25.]
- Карнаухова Н. А., Сыева С. Я. 2012. Опыт создания искусственных популяций *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) // Растительный мир Азиатской России. № 2 (10). С. 142–149. [Karnauhova N. A., Syeva S. Ya. 2012. Opyt sozdaniya iskusstvennyh populyacij *Hedysarum theinum* (*Fabaceae*) // Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii. № 2 (10). P. 142–149.]
- Карнаухова Н. А., Селютина И. Ю. 2013. Оценка состояния популяций *Hedysarum theinum* Krasnob. (*Fabaceae*) на Алтае // Сибирский экологический журнал. № 4. С. 543–550. [Karnauhova N. A., Selyutina I. Yu. 2013. Ocenka sostoyaniya populyacij *Hedysarum theinum* Krasnob. (*Fabaceae*) na Altae // Sibirskij ehkologicheskij zhurnal. № 4. P. 543–550.]
- Князев М. С. 2013. Обзор восточно-европейских и некоторых сибирских копеечников (*Hedysarum*, *Fabaceae*) // Бот. журн. Т. 98. № 10. С. 1261–1273. [Knyazev M. S. 2013. Obzor vostochno-evropejskih i nekotoryh sibirskih kopeechnikov (*Hedysarum*, *Fabaceae*) // Bot. zhurn. T. 98. № 10. P. 1261–1273.]
- Котухов Ю. А. 2005. Флора сосудистых растений Казахстанского Алтая // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. С. 11–85. [Kotuhov Yu. A. 2005. Flora sosudistyh rastenij Kazahstanskogo Altaja // Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazahstana. P. 11–85.]
- Котухов Ю. А., Данилова А. Н., Кубентаев С. А. 2015. Перечень лекарственных растений Казахстанского Алтая. Риддер: Медиа-Альянс. 155 с. [Kotuhov Yu. A., Danilova A. N., Kubentaev S. A. 2015. Perechen' lekarstvennyh rastenij Kazahstanskogo Altaja. Ridder: Media-Al'yans. 155 p.]
- Красноборов И. М., Азовцев Г. П., Орлов В. П. 1985. Новый вид рода *Hedysarum* (*Fabaceae*) из Южной Сибири // Бот. журн. Т. 70. № 7. С. 968–973. [Krasnoborov I. M., Azovcev G. R., Orlov V. P. 1985. Novyj vid roda *Hedysarum* (*Fabaceae*) iz Yuzhnoj Sibiri // Bot. zhurn. T. 70. № 7. P. 968–973.]
- Кубентаев С. А. 2016. Этноботанические исследования лекарственных растений Казахстанского Алтая, используемых в народной медицине // Традиционная медицина. М.: Изд-во: ООО «Фастинфосервис». С. 53–57. [Kubentaev S. A. 2016. Ehtnobotanicheskie issledovaniya lekarstvennyh rastenij Kazahstanskogo Altaja, ispol'zuemyh v narodnoj medicene // Tradicionnaya medicina. M.: Izd-vo: OOO «Fastinfoservis». P. 53–57.]
- Методика определения запасов лекарственных растений. 1986. Разработали А. И. Шрегер и др. М.: ЦБНТИ-лесхоза. 50 с. [Metodika opredeleniya zapasov lekarstvennyh rastenij. 1986. Razrabotali A. I. Shreger i dr. M.: CBN-Tleskhoza. 50 p.]
- Неретина О. В., Громова А. С., Луцкий И. В., Семенов А. А. 2004. Компонентный состав видов рода *Hedysarum* (*Fabaceae*) // Растительные ресурсы. Т. 40. Вып. 4. С. 111–137. [Neretina O. V., Gromova A. S., Luckij I. V., Semenov A. A. 2004. Komponentnyj sostav vidov roda *Hedysarum* (*Fabaceae*) // Rastitel'nye resursy. T. 40. Vyp. 4. P. 111–137.]
- Нечепуренко И. В., Половинка М. П., Сальникова О. И. и др. 2007. Компоненты этилацетатного экстракта корней *Hedysarum theinum* Krasnob. // Химия природных соединений. № 1. С. 6–9. [Nechepurenko I. V., Polovinka M. P., Sal'nikova O. I. et al. 2007. Komponenty ehtilacetatnogo ehkstrakta kornej *Hedysarum theinum* Krasnob. // Himiya prirodnyh soedinenij. № 1. P. 6–9.]
- Работнов Т. А. 1964. Определение возрастного состава популяций видов в сообществе // Полевая геоботаника. М.–Л.: Изд-во АН СССР. С. 132–145. [Rabotnov T. A. 1964. Opredelenie vozrastnogo sostava populyacij vidov v soobshchestve // Polevaya geobotanika. M.–L.: Izd-vo AN SSSR. P. 132–145.]
- Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование. Сем. *Hydrangeaceae–Haloragaceae*. 1987. Л. 326 с. [Rastitel'nye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie. Sem. *Hydrangeaceae–Haloragaceae*. 1987. L. 326 p.]
- Ревушкин А. С. 1988. Высокогорная флора Алтая. Томск: Изд-во ТГУ. 320 с. [Revushkin A. S. 1988. Vysokogornaya flora Altaja. Tomsk: Izd-vo TGU. 320 p.]

Свиридова Т. П., Зиннер Н. С. 2008. Перспективы выращивания *Hedysarum alpinum* L. и *Hedysarum theinum* Krasnob. в условиях Томской области // Вестник Томского гос. ун-та. № 2 (3). С. 5–11. [Sviridova T. P., Zinner N. S. 2008. Perspektivy vyrashchivaniya *Hedysarum alpinum* L. i *Hedysarum theinum* Krasnob. v usloviyah Tomskoj oblasti // Vestnik Tomskogo gos. un-ta. № 2 (3). P. 5–11.]

Смирнова О. В. 1976. Объём счётной единицы при изучении ценопопуляций растений различных биоморф // Ценопопуляции растений: Основные понятия и структура. М. С. 72–80. [Smirnova O. V. 1976. Ob'yom schetnoj edinicy pri izuchenii cenopopulyacij rastenij razlichnyh biomorf // Cenopopulyacii rastenij: Osnovnye ponyatiya i struktura. M. P. 72–80.]

Сыева С. Я., Карнаухова Н. А., Дорогина О. В. 2008. Копеечники Горного Алтая. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский НИИ сельского хозяйства. 184 с. [Syeva S. Ya., Karnauhova N. A., Dorogina O. V. 2008. Kopeechniki Gornogo Altaia. Gorno-Altajsk: Gorno-Altajskij NI sel'skogo hozyajstva. 184 p.]

Тихонов В. Н., Калинкина Г. И., Сальникова Е. Н. 2004. Лекарственные растения, сырьё и фитопрепараты: учебное пособие / ред. С. Е. Дмитрук. Ч. 2. Томск. С. 126–127. [Tihonov V. N., Kalinkina G. I., Sal'nikova E. N. 2004. Lekarstvennyye rasteniya, syr'yo i fitopreparaty: uchebnoe posobie / red. S. E. Dmitruk. Ch. 2. Tomsk. P. 126–127.]

Уранов А. А. 1969. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 1. Вып. 1. С. 141–149. [Uranov A. A. 1969. Zhiznennoe sostoyanie vida v rastitel'nom soobshchestve // Byul. MOIP. Otd. biol. T. 1. Vyp. 1. P. 141–149.]

Флора Сибири. 1994. Под ред. А. В. Положий, Л. И. Малышева. Новосибирск: Наука. Т. 9. 279 с. [Flora Sibiri. 1994. Pod red. A. V. Polozhij, L. I. Malysheva. Novosibirsk: Nauka. T. 9. 279 p.]

Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья. 995 с. [Cherepanov S. K. 1995. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR). SPb.: Mir i sem'ya. 995 p.]

Kubo M., Odani T., Hotta S., Arichi S., Wamba K. 1977. Studies on the Chiese crude drug haunggi. I. Isolation of an antibacterial compound from Hnggi (*Hedysarum* polysaccharide) // Shoyakugaku Zasshi. Vol. 31. N 1. P. 82–86

Wang W., You C., Wang C., Hu J., Zheng H. 2000. Effect of Radix hedysari total saponins on mouse immunocytes and relation with CaM levels in cells. // Lanzhou Daxue Xuebao, Ziran Kexueban. Vol. 36. N 5. P. 107–111.

Сведения об авторах

Кубентаев Серик Аргынбекович

магистр с.-х. н., с. н. с.

РГП «Алтайский ботанический сад»

КН МОН Республики Казахстан, Риддер

E-mail: kubserik@mail.ru

Kubentaev Serik Argynbekovich

Master of Agricultural sciences, Senior Researcher

Altay botanical garden, Ridder

E-mail: kubserik@mail.ru

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 635.9:631.535+631.811.98

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ НА УКОРЕНЕНИЕ ЧЕРЕНКОВ ГЕРБЕРЫ

© Н. М. Глушакова, Г. Ч. Шамшур
N. M. Glushakova, G. C. Shamshur

Study of the effectiveness of stimulators of roots formation on the rooting of gerbera cuttings

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

220012, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, д. 2В. Тел.: +375295037985, e-mail: mihno.nm@mail.ru

Аннотация. В статье описывается изучение эффективности влияния стимуляторов корнеобразования (рибав-экстра и корневин) на укоренение черенков герберы при вегетативном размножении в условиях закрытого грунта. В качестве объектов для размножения использованы растения сортов Анце (латвийской селекции), Клементина и Сакса (голландской селекции), Лотос (селекция ЦБС НАН Беларуси) и четыре гибридных сеянца. Эффективность укоренения черенков оценивали по проценту укоренения. Стимулятор рибав-экстра в большинстве случаев оказался наиболее эффективным, особенно для таких сортов как Анце, Микус, Лотос, Сакса и Сеянец 4. Стимулятор корнеобразования корневин, исходя из процента укоренения черенков, оказался наиболее эффективным для Сеянца 3, а количество корней при использовании корневина выше у всех черенков герберы. В целом оба стимулятора с учётом сортовой специфики эффективны при укоренении черенков герберы.

Ключевые слова: *Gerbera*, вегетативное размножение, черенкование, стимуляторы, корнеобразование, укоренение.

Abstract. The article describes the study of the effectiveness of the use of regulators of roots formation (ribav extra and kornevin) on the rooting of gerbera cuttings in vegetative reproduction in case of cultivation inside the greenhouse. The cultivars used were Ance and Mikus (Latvian selection), Clementine and Saxa (Dutch selection), Lotos (selection of CBG of NAN of Belarus) and four hybrid seedlings. Effectiveness of rooting the cuttings was assessed by the percentage of rooting. Rooting stimulator ribav-extra in most cases turned out to be the most effective, particularly for such species as Ance, Mikus, Lotus, Sachs and Seedling 4. Kornevin rooting stimulator based on percent rooting cuttings, proved the most effective for Seedling 3, and gerbera cuttings have the biggest number of roots with use of kornevin of all. In general, both stimulators are effective for the rooting of gerbera cuttings (taking into account specifics of varietal stimulant).

Keywords: *Gerbera*, vegetative reproduction, cuttings, stimulators, occurrence of roots in plants, rooting.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-37-41

Введение

Род *Gerbera* Cass. corr. Spreng (*Compositae*) включает, по разным данным, от 30 до 80 видов (Тахтаджян, 1987; The Plant List..., 2018). Коллекционный фонд рода в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси представлен 41 образцом, в том числе 6 видами, 11 сортами, 24 комбинациями скрещивания гибридных сеянцев, что вместе составляет около 1000 посадочных единиц. В составе сортового материала 6 сортов голландской (Клементина, Гелиос, Марлен, Сакса, Казак, Тендер), 2 – латвийской (Анце, Микус) и 3 – собственной селекции (Мая мара, Лотос, Павлинка), объединённых под названием *Gerbera* × *hybrida* Hort.; 6 видов – в оранжерейной культуре (*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook. f., *G. anandria* (L.) Schultz-Bip., *G. nivea* (DC.) Schultz-Bip., *G. nepalensis* Schultz-Bip., *G. maxima* (D. Don) Beauverd и образцами *G. anandria* (L.) Schultz-Bip., культивируемыми в открытом грунте.

Культивирование ценных видов и сортов цветочных культур предполагает эффективные способы их вегетативного размножения, поскольку не все важные сортовые признаки растений при семенном размножении наследуются (Мантрова, 1988). Одним из способов

вегетативного размножения герберы является черенкование с использованием различных стимуляторов роста и корнеобразования (Коваленко и др., 2011). В данной статье приведены результаты изучения эффективности влияния стимуляторов корнеобразования на укоренение черенков герберы на материалах ЦБС.

Материалы и методы

Опыты по размножению черенкованием растений герберы пяти сортов и четырёх гибридных сеянцев проводили в оранжерее ЦБС.

Для эксперимента высаживали по три маточных растения герберы для черенкования. Черенки срезали каждую неделю у растений каждого сорта и гибридного сеянца. В зависимости от того, сколько их было (от 3 до 18), делили на три варианта: с использованием стимуляторов рибав-экстра, корневин и контроль (без стимуляторов). При черенковании 04.05.2017 трёхлетние маточные растения герберы выкапывали, частично очищали верхнюю часть ризомы с сохранением корневого кома. При этом длинные корни укорачивали, а листья удаляли, сохраняя ризому.

Растения высаживали на 5 см выше субстрата (рис. 1, слева), двукратно обрабатывали 6-бензиладенином в концентрации 50 мг/л с интервалом в 30 дней (Звиргздине и др., 1984), принимая во внимание, что цитокинины аденинового ряда (Романов, 2009), способствуют увеличению числа побегов у маточных растений герберы при черенковании.

При температуре воздуха 22–24°C, почвы – 21–23°C и влажности воздуха – 72–75% у герберы формировались побеги, которые еженедельно снимали, укорачивали листья на 1/2 длины и укореняли в субстрате агроперлит+песок в соотношении 1 : 1 (Глушакова, 2015) с использованием укоренителей рибав-экстра и корневин (рис. 1, справа).

Черенки укореняли в течение 60 дней, после чего их извлекали из субстрата, определяли морфологические параметры и пересаживали в грунт для дальнейшего роста.



Рис. 1. Посадка маточных кустов герберы для черенкования (слева) и укоренение черенков (справа).

Результаты и их обсуждение

В результате проведённых исследований выявлено влияние стимуляторов корнеобразования корневин и рибав-экстра на такие параметры, как количество листьев, длина листа, длина корней и количество корней герберы. Как оказалось, эффективность стимуляторов характеризуется выраженной сортовой спецификой (табл.).

У черенков герберы сорта Микус количество листьев и количество корней больше при использовании корневина; длина листа и длина корней растений – при использовании рибав-экстра (табл.). У черенков сорта Лотос значения таких параметров, как длина листа и количество корней, были выше при использовании корневина; количество листьев – при использовании рибав-экстра. У черенков сортов Анце, Сакса и Клементина количество корней больше при использовании корневина, а количество листьев и длина листа незначительно больше при использовании рибав-экстра для сортов Сакса и Клементина.

Морфологические признаки укоренённых черенков герберы при обработке стимуляторами корнеобразования

Стимулятор корнеобразования	Показатель			
	Количество листьев, шт.	Длина листа, см	Количество корней, шт.	Длина корней, см
<i>Микус</i>				
корневин	3,2±0,9	7,2±0,7	9,0±2,7	2,0±0,1
рибав-экстра	2,8±0,3	8,5±0,7	4,0±0,6	4,3±0,6
контроль	2,8±0,2	7,5±0,3	6,0±0,7	2,2±0,2
<i>Лотос</i>				
корневин	3,1±0,5	8,9±0,7	12,2±1,4	2,6±0,21
рибав-экстра	4,0±0,4	8,1±0,7	8,4±1,1	2,9±0,2
контроль	3,0±0,3	8,2±0,5	8,8±0,9	3,0±0,3
<i>Сакса</i>				
корневин	2,3±0,2	6,9±0,5	20,2±1,9	3,6±0,4
рибав-экстра	2,6±0,2	7,2±0,7	14,5±2,0	3,7±0,3
контроль	2,3±0,1	6,7±0,5	12,1±2,2	3,5±0,5
<i>Анце</i>				
корневин	3,8±0,5	9,8±0,9	9,8±0,9	4,6±0,2
рибав-экстра	3,5±0,6	9,9±0,9	7,0±1,2	4,2±0,3
контроль	3,4±0,5	9,0±0,5	6,7±0,5	4,2±0,9
<i>Клементина</i>				
корневин	3,7±0,3	7,2±1,2	16,3±5,6	3,8±0,2
рибав-экстра	5,0±0,1	8,8±2,0	11,0±0,2	4,5±0,5
контроль	3,3±0,3	7,5±0,4	8,1±0,8	3,7±0,1
<i>Сеянец 1</i>				
корневин	2,4±0,2	11,6±0,8	9,0±1,7	2,5±0,1
рибав-экстра	2,7±0,2	10,6±0,5	4,5±0,5	2,2±0,2
контроль	2,0±0,0	10,5±0,7	5,0±0,3	2,2±0,2
<i>Сеянец 2</i>				
корневин	1,3±0,3	10,2±1,1	8,7±2,0	3,2±0,3
рибав-экстра	2,8±0,5	11,3±0,7	6,8±0,8	4,2±0,3
контроль	1,0±0,0	8,3±0,3	6,1±0,7	3,1±0,1
<i>Сеянец 3</i>				
корневин	2,7±0,4	9,7±1,0	16,3±1,7	3,8±0,2
рибав-экстра	3,2±0,5	13,4±1,1	7,8±1,1	5,9±0,5
контроль	2,6±0,3	9,0±0,5	6,7±1,4	3,7±0,1
<i>Сеянец 4</i>				
корневин	2,0±0,6	8,8±0,4	8,7±1,8	1,7±0,1
рибав-экстра	4,8±0,2	9,5±0,6	6,0±0,8	3,8±0,3
контроль	2,0±0,4	8,4±0,7	5,7±0,6	2,2±0,2

У черенков Сеянец 1 длина листа, количество корней и длина корней были больше при использовании корневина; количество листьев – при использовании рибав-экстра (табл.). На увеличение количества корней у черенков Сеянец 2, Сеянец 3, Сеянец 4 более эффективно использование корневина, а на количество листьев, их длину и длину корней – рибав-экстра (табл.).

Эффективность укоренения черенков испытанных нами сортов герберы оценивали по проценту укоренения (рис. 3). Как следует из полученных данных, стимулятор корнеобразования рибав-экстра в большинстве случаев оказался наиболее эффективным, особенно для таких сортов как Анце, Микус, Лотос, Сакса и Сеянец 4.

Стимулятор корнеобразования корневин, исходя из процента укоренения черенков, оказался наиболее эффективным для Сеянца 3, а количество корней при использовании корневина выше у всех черенков герберы.

В целом оба стимулятора с учётом сортовой специфики эффективны при укоренении черенков герберы.

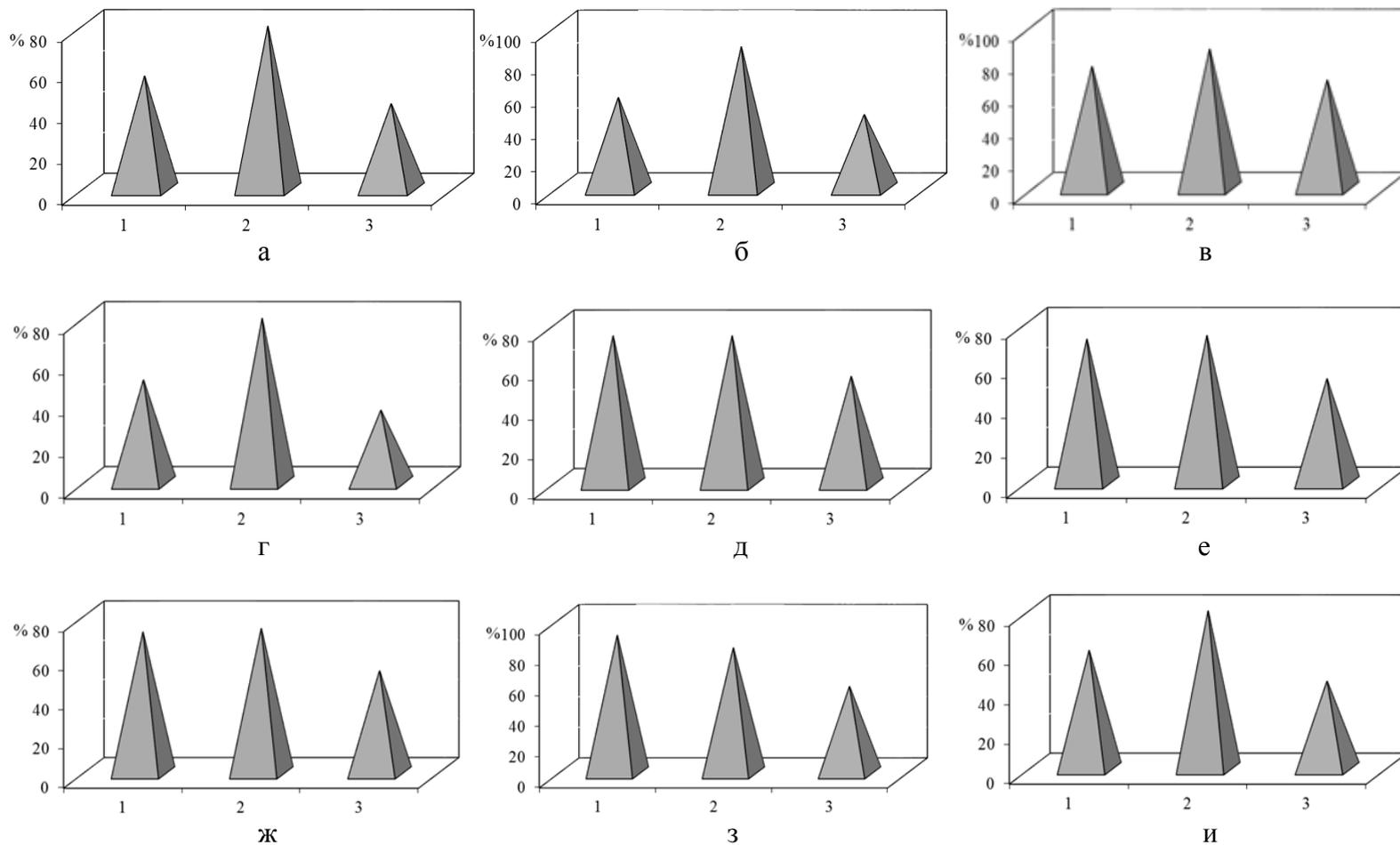


Рис. 2. Процент укоренения черенков герберы при использовании стимуляторов роста.
 Варианты: 1 – корневин; 2 – рибав-экстра; 3 – контроль; сорта: а – Микус; б – Клементина; в – Лотос; г – Анце; д – Сакса;
 гибридные сеянцы: е – Сеянец 1; ж – Сеянец 2; з – Сеянец 3; и – Сеянец 4.

Список литературы

- Глушакова Н. М. 2015. Черенкование герберы (*Gerbera hybrida*) // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: мат. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 110-летию со дня рождения академика Н. В. Смольского (Минск, 7–9 октября 2015 г.) / отв. ред. В. В. Титок. Минск. С. 326–330. [Glushakova N. M. 2015. Cherenkovanie gerbery (*Gerbera hybrida*) // Problemy sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya i ispol'zovaniya biologicheskikh resursov: mat. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashchen-noi 110-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N. V. Smol'skogo (Minsk, 7–9 oktyabrya 2015 g.) / отв. red. V. V. Titok. Minsk. P. 326–330.]
- Звиргздине В. Я., Гутмане Л. Я., Муцениеце Г. Я. 1984. Гербера в Латвии. Рига. С. 114–115. [Zvirgzdine V. Ya., Gutmane L. Ya., Mutsenietse G. Ya. 1984. Gerbera v Latvii. Riga. P. 114–115.]
- Коваленко Н. Н., Кузнецова А. П., Драбуд'ко Н. Н. 2011. Стимуляторы корнеобразования и их влияние на укоренение зелёных черенков клоновых подвоев плодовых культур // Науч. журн. КубГАУ. № 73 (09). С. 1–10. [Kovalenko N. N., Kuznetsova A. P., Drabud'ko N. N. 2011. Stimulyatory korneobrazovaniya i ikh vliyanie na ukorenenie zelenykh cherenkov klonovykh podvoev plodovykh kul'tur // Nauch. zhurn. KubGAU. № 73 (09). P. 1–10.]
- Мантрова Е. З. 1988. Гербера (особенности питания и удобрения). М. С. 124–128. [Mantrova E. Z. 1988. Gerbera (osobennosti pitaniya i udobreniya). M. P. 124–128.]
- Романов Г. А. 2009. Как цитокинины действуют на клетку // Физиология растений. Т. 56. № 2. С. 295–319. [Romanov G. A. 2009. Kak tsitokininy deistvuyut na kletku // Fiziologiya rastenii. T. 56. № 2. P. 295–319.]
- Тахтаджян А. Л. 1987. Система магнолиофитов. Л.: Наука. 439 с. [Takhtadzhyan A. L. 1987. Sistema magnoliofitov. L.: Nauka. 439 p.]
- The Plant List – A working list for all plant species [Electronic resource]. URL: <http://www.theplantlist.org/>. Date of address: 20.07.2018.

Сведения об авторах

Глушакова Наталья Михайловна
н. с. заведующая отделом садоустройства
и садово-паркового строительства
Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск
E-mail: mihno.nm@mail.ru

Шамиур Галина Чеславовна
м. н. с., куратор коллекции «Гербера»
Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск
E-mail: kewra72@mail.ru

Glushakova Natalia Mikhailovna
Researcher, Head of Dpt. of the Landscape gardening
Central Botanical Garden of the NAS of Belarus, Minsk
E-mail: mihno.nm@mail.ru

Shamshur Galina Cheslavovna
Junior researcher, curator of the «Gerbera» collection
Central Botanical Garden of the NAS of Belarus, Minsk
E-mail: kewra72@mail.ru

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 58.085

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ АКВАРИУМНЫХ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

© **Е. В. Немцова, Д. М. Новиков, Т. П. Выхорь**
E. V. Nemtsova, D. M. Novikov, T. P. Vykhor'

The microclonal propagation of some aquarium plants

ФГБОУ «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14. Тел.: +7 (4832) 66-68-34, e-mail: elenanemz@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние состава питательных сред на морфометрические показатели некоторых аквариумных растений, размножаемых микроклонально. Приводятся результаты изучения влияния состава питательных сред Мурашиге-Скуга, Квирин-Лепувра, Андерсона, а также среды Андерсона с добавлением аморфного диоксида кремния на коэффициент размножения, длину побегов, количество и длину корней растений регенерантов *Rotala indica*, роталы Макрандра (*Rotala macrandra*), гигрофилы щитовидной (*Hygrophila corymbosa* sp. *Stricta*), альтернантеры Рейнека (*Alternanthera reineckii* sp. *Mini*) и линдернии круглолистной (*Lindernia rotundifolia*). Выявлено стимулирующее рост действие аморфного кремнезема в составе питательной среды Андерсона на микропобеги роталы индийской.

Ключевые слова: клональное микроразмножение, акваскейпинг, аквариумные растения, культура *in vitro*.

Abstract. The article reveals the results of the study of the influence of different culture media on the microclonal propagation of aquarium plants. The effect of Murashige-Skoog, Quoirin-Lepoivre and Anderson media on number of explants and their length, number of shoots per explant and their length is given. The aquarium plants tested were *Rotala indica*, *Rotala macrandra*, *Hygrophila corymbosa* sp. *Stricta*, *Alternanthera reineckii* sp. *Mini*, *Lindernia rotundifolia*. The morphometric characteristics and the shoot multiplication of *Rotala indica* explants were found efficient for the modified Anderson medium containing amorphous silica.

Keywords: microclonal propagation, aquascaping, aquarium plants, *in vitro* culture.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-42-48

Введение

Новым направлением в современной аквариумистике является акваскейпинг (англ. *aquascaping*) – создание декоративных водных «ландшафтов» в аквариуме. Существует множество направлений и стилей аквадизайна, основанных на многообразии способов оформления внутреннего пространства аквариума. Одним из них является использование водных растений, размножаемых в культуре *in vitro*. Как правило, водные растения хорошо размножаются вегетативно, однако в искусственных условиях часто подвержены заболеваниям, например, в результате избыточного размножения цианобактерий и водорослей. Поэтому в последнее время для аквадизайна используется оздоровленный материал, свободный от внутренних инфекций. Одним из эффективных способов получения растений, не содержащих патогенов, является клональное микроразмножение – метод получения большого количества оздоровленных клонов в стерильной культуре *in vitro*. В настоящее время многие аквариумные растения, используемые в коммерческих целях, размножаются таким способом, например, *Lilaeopsis*, *Rotala*, *Utricularia* и др. Растения, размноженные микроклонально, не содержат внутренних инфекций и быстро адаптируются к субстрату и образуют красочный покров.

Клональное микроразмножение аквариумных растений с целью применения их в акваскейпинге – быстроразвивающееся, но слабоизученное направление. Лишь немногие виды водных растений размножаются в культуре тканей и только для некоторых разработаны составы питательных сред и оптимизированы условия клонального микроразмножения. Успешными являются результаты по клонированию гибридов *Nymphaea* (Lakshmanan, 1994) и *Cryptocorine* (Kane, 1990). Разработана технология клонального микроразмножения *Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O. Kuntz. (*Menyanthaceae*) – определены оптимальный режим стерилизации, оптимальные концентрации цитокининов на стадии микроразмножения (Малаева, 2017).

Разработаны технология введения в культуру *in vitro* и этапы клонального микроразмножения растений *Lilaeopsis brasiliensis* Affolter (*Apiaceae*) – одного из популярных в акваскейпинге видов растений, страдающего от обрастания водорослями. Изучены режимы стерилизации, влияние концентрации фитогормонов и регуляторов роста (Сосина, 2016).

В современной литературе существуют методики размножения *in vitro* представителей семейства *Amaranthaceae* – например, для культивирования *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC. успешно применяется питательная среда Мурасиге-Скуга, содержащая 6-БАП и 2,4-D в концентрации 1 мг/л (Singh, 2009).

Для культивирования *Lindernia antipoda* (L.) Alston (*Linderniaceae*) оптимизирован состав среды Мурасиге-Скуга, содержащей половину от общего количества всех минеральных и органических компонентов, а также определены оптимальные концентрации регуляторов роста для размножения и укоренения мериклонов (Jabir, 2016).

Целью данного исследования стало изучение влияния типа питательной среды на культивирование некоторых видов аквариумных растений *in vitro*. Объектами исследования являлись растения-регенеранты селекционного гибрида роталы индийской (*Rotala indica* (Willd.) Koehne), роталы Макрандра (*R. macrandra* Koehne) (*Lythraceae*), гигрофилы щитовидной (*Hygrophila corymbosa* Lindau sp. *Stricta*) (*Acanthaceae*), альтернантеры Рейнека (*Alternanthera reineckii* Griseb. sp. *Mini*) и линдернии круглолистной (*Lindernia rotundifolia* (L.) Alston).

Rotala indica – одно из растений, которое хорошо адаптируется к большинству типу водных условий, быстро растёт и распространяется по поверхности субстрата. В настоящей работе использовался гибрид роталы индийской, известной как Аммания Бонсай (*Ammania* sp. «*Bonsai*»), который используется только аквариумистами и не встречается в природе. Представляет собой невысокое растение с прочным прямостоячим стеблем и небольшими овальными листьями, расположенными попарно по всей длине стебля. При хорошем уходе кончики листьев красные, что создает хороший декоративный эффект.

R. macrandra имеет листья яйцевидной формы с волнистыми краями, крупные – до 5 см, располагаются на длинном стебле супротивно. Нижняя сторона листа окрашена в пурпурный цвет, верхняя – от красного до зелёного.

Hygrophila corymbosa sp. *Stricta* – растение с мощным прочным стеблем, от которого отходят крупные, расположенные попарно листья вытянутой формы. Внешняя сторона листа – от жёлтой и зелёной до красной и багровой окраски. Нижняя – с серебристым металлическим оттенком. Может достигать довольно крупных размеров и подниматься над водой.

Alternanthera reineckii sp. *Mini* – растение с округлым прямостоячим стеблем красного цвета и супротивно расположенными листьями. Соседние пары листьев расположены перпендикулярно друг другу. Листья широколанцетные, с коротким черешком с заострённой верхушкой и основанием клиновидной формы, красного цвета. В данной работе использовалась гибридная форма альтернантеры мини, отличающаяся от исходной формы небольшими размерами (5–10 см в высоту).

Lindernia rotundifolia имеет прямой стебель до 30–50 см в высоту с овальными листьями, расположенными попарно. Листья нежно-салатового цвета с белыми прожилками. Растение хорошо приживается, быстро растёт и сильно ветвится, создавая привлекательный фон.

Методика исследования

Объектом исследования стали микропобеги перечисленных выше аквариумных растений, размножаемых в культуре *in vitro*. Культивирование растений-регенерантов осуществлялось на питательных средах Мурасиге-Скуга (MS, Murashige, 1966), Кворина-Лепуавра (QL, Quoirin, 1977), Андерсона (AM, Anderson, 1975), а также на среде Андерсона с добавлением аморфного диоксида кремния «Ковелос», производимого ООО «Экокремний». Препарат предварительно стабилизировали 1х раствором минеральной части среды Андерсона и вносили в питательную среду перед автоклавированием в количестве 50, 100, 150 мг/л (в пересчёте на диоксид кремния).

Побеги отделяли от первичного эксплантата, делили на черенки и высаживали на питательную среду. Культивирование микропобегов осуществляли при 20°C под лампами дневного света при 16-часовом фотопериоде. Длительность субкультивирования составляла 8 недель. Определяли среднюю длину побегов и корней, коэффициент размножения и среднее число корней растений регенерантов.

Все эксперименты проводили в двукратной повторности, на каждый вариант опыта по 30–40 микропобегов. Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программы MS Excel'2010; отличия достоверны при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования влияния типа питательных сред, а также введения в их состав аморфного кремнезёма на морфометрические параметры роталы индийской *Rotala indica* в культуре *in vitro* представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Влияние типа питательной среды на растения-регенеранты *Rotala indica* в культуре *in vitro* (* – отличия достоверны при $p \leq 0,05$)

Показатель	Коэффициент размножения, шт.	Длина побега, мм	Число корней, шт.	Длина корней, мм
Среда Андерсона (контроль)	1,11±0,08	6,76±0,37	7,82±1,14	12,67±0,84
Среда Андерсона + 50 мг SiO ₂ /л	1,73±0,24*	8,93±0,51	15,40±1,08*	17,47±0,55*
Среда Андерсона + 100 мг SiO ₂ /л	1,58±0,18*	8,58±0,46	13,00±0,88*	16,25±0,95*
Среда Андерсона + 150 мг SiO ₂ /л	1,63±0,18*	8,37±0,54	11,38±1,33*	16,75±1,26*
Среда Андерсона (+активированный уголь, 600 мг/л)	1,92±0,26*	5,85±0,55	7,77±0,39	15,31±1,49
Среда Мурасиге-Скуга, MS	1,36±0,20	6,27±0,35	5,36±0,97	6,90±1,32*
Среда Кворина-Лепуавра, QL	1,91±0,34*	4,90±0,30	7,41±1,43	8,45±1,75

Применение аморфного кремнезёма положительно влияло на побего- и корнеобразование *R. indica*. Оптимальной средой для размножения роталы индийской являлась среда Андерсона с добавлением 50 мг SiO₂/л – в этом случае средняя длина побега растений регенерантов составляла 8,93±0,51 мм (в 1,3 раза больше показателя контрольного варианта), длина корней – 17,47±0,55 мм (в 1,4 раза больше показателя контрольного варианта), среднее число корней на микропобег – 15,40±1,08 шт (в 2 раза больше показателя контрольного варианта). Коэффициент размножения *R. indica* при использовании аморфного кремнезема в количестве 50 мг/л составлял 1,73±0,24, что в 1,6 раз больше, чем при использовании среды Андерсона, не содержащей аморфного диоксида кремния.

Внесение аморфного диоксида кремния в состав среды Андерсона в других количествах (100 и 150 мг/л) являлось менее эффективным, однако также приводило к существенному увеличению параметров роста растений регенерантов *R. indica*, по сравнению с контрольным вариантом.

Оптимальными для получения большого количества мериклонов *R. indica* являлись среда Андерсона с добавлением активированного угля (0,6 г/л) и среда Кворина-Лепуавра – в

этом случае коэффициент размножения был максимален и составлял $1,92 \pm 0,26$ и $1,91 \pm 0,34$ соответственно, что в 1,5–2 раза больше, чем при использовании других сред.

Выявлена существенная зависимость между составом питательной среды и укореняемостью растений регенерантов *R. indica* – использование среды Андерсона, в том числе содержащей активированный уголь или аморфный кремнезем, приводило к достоверному увеличению длины корней в 1,8–2,2 раза по сравнению с другими типами сред (QL, MS).

Для получения мериклонов с максимальной длиной микропобегов и объёмом корневой системы целесообразно использование сред с аморфным кремнезёмом. Длина побегов опытных растений в 1,3–1,8 раза превышала длину мериклонов ротал, культивируемых с использованием других питательных сред, длина корней – в 1,4–2 раза.

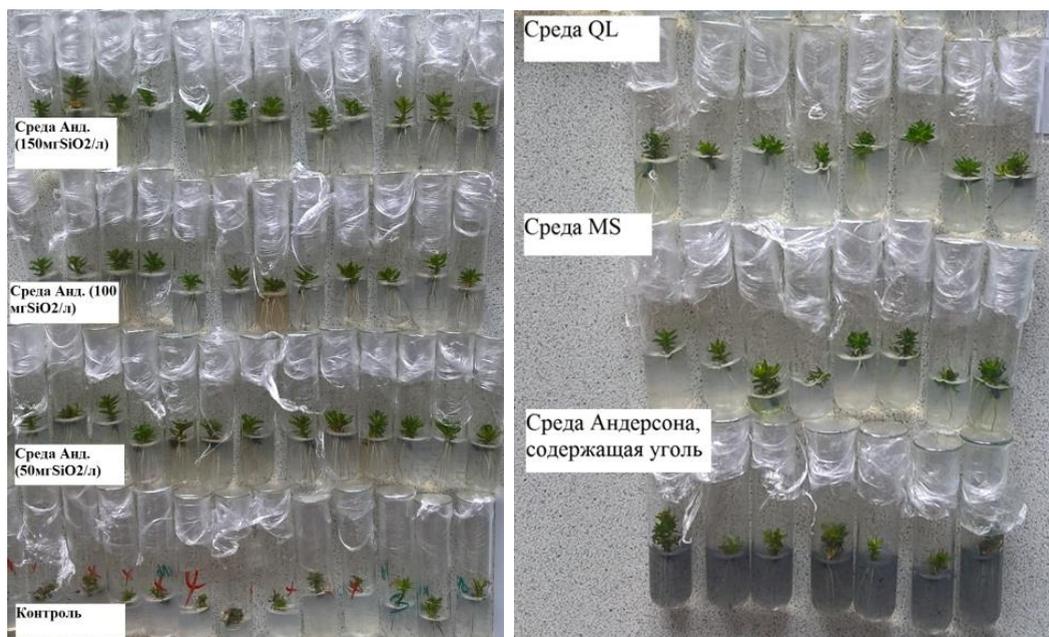


Рис. 1. Растения-регенеранты *Rotala indica* в культуре *in vitro*: контроль – среда АМ, вариант 1 – среда АМ + аморфный диоксид кремния (50 мг/л), вариант 2 – среда АМ + аморфный диоксид кремния (100 мг/л), вариант 3 – среда АМ + аморфный диоксид кремния (150 мг/л), вариант 4 – среда АМ + 0,6 г/л активированного угля, вариант 5 – среда MS, вариант 6 – среда QL.

Результаты исследования влияния состава питательной среды на растения-регенеранты *R. macrandra* в культуре *in vitro* приводятся в табл. 2.

Таблица 2
Влияние типа питательной среды на растения-регенеранты *Rotala macrandra* в культуре *in vitro*
(* – отличия достоверны при $p \leq 0,05$)

Показатель	Среды Кворина-Лепуавра, QL	Среды Мурасиге-Скуга, MS	Среды Андерсона (+ активированный уголь, 600 мг/л)
Коэффициент размножения, шт.	$3,42 \pm 0,51$	$3,80 \pm 0,21$	$2,6 \pm 0,28$
Длина побега, мм	$5,32 \pm 0,45$	$4,10 \pm 0,12$	$4,81 \pm 0,32$
Число корней, шт.	$2,40 \pm 0,18$	0	$6,55 \pm 0,38^*$
Длина корней, мм	$4,90 \pm 0,37^*$	–	$1,80 \pm 0,16$

Оптимальными для культивирования *R. macrandra in vitro* являлись среды Кворина-Лепуавра и среда Андерсона с активированным углем. Роталы обычно имеют слабую корневую систему, однако при культивировании *in vitro* её объём значительно повышается.

При выращивании *R. macrandra* на среде Кворина-Лепуавра длина корней являлась максимальной и составляла $4,90 \pm 0,37$ мм, что в 2,7 раза больше, чем при использовании среды Андерсона. Наиболее объёмной являлась корневая система мериклонов *R. macrandra* на среде Андерсона – $6,55 \pm 0,38$ шт. на микропогект, что в 2,7 раза больше, чем при использовании среды Кворина-Лепуавра. Растения-регенеранты, выращиваемые на питательной среде Мурасиге-Скуга, не формировали корневой системы.

Коэффициент размножения *R. macrandra* при использовании всех изученных типов питательных сред варьировал незначительно и составлял $3,80 \pm 0,21$ при использовании среды Мурасиге-Скуга, $2,6 \pm 0,28$ – среды Андерсона, содержащей активированный уголь (600 мг/л), $3,42 \pm 0,51$ – среды Кворина-Лепуавра. Оптимальными средами для получения большого количества мериклонов являлись среда Мурасиге-Скуга и Кворина-Лепуавра.

Длина побегов мериклонов *R. macrandra* также варьировала незначительно – максимальные значения наблюдались при использовании среды Кворина-Лепуавра ($5,32 \pm 0,45$ мм), менее благоприятной являлась среда Андерсона, содержащая активированный уголь ($4,81 \pm 0,32$ мм). Минимальная длина побегов растений регенерантов *R. macrandra* наблюдалась при использовании среды Мурасиге-Скуга – $4,10 \pm 0,12$ мм.

Результаты исследования влияния состава питательной среды на растения-регенеранты *Hugrophila corymbosa* в культуре *in vitro* приводятся в табл. 3.

Таблица 3
Влияние типа питательной среды на растения-регенеранты *Hugrophila corymbosa* в культуре *in vitro*

Показатель	Среда Андерсона (+ активированный уголь, 600 мг/л)	Среда Кворина-Лепуавра, QL	Среда Мурасиге-Скуга, MS
Коэффициент размножения, шт.	$1,22 \pm 0,23$	$1,10 \pm 0,10$	$1,10 \pm 0,14$
Длина побега, мм	$22,31 \pm 2,61$	$24,87 \pm 1,59$	$12,56 \pm 1,21$
Число корней, шт.	$4,20 \pm 1,21$	$8,12 \pm 0,66$	$3,23 \pm 0,54$
Длина корней, мм	$22,34 \pm 1,74$	$13,52 \pm 1,22$	$5,37 \pm 0,76$

Оптимальными для культивирования *H. corymbosa in vitro* являлись питательные среды Андерсона и Кворина-Лепуавра – при их использовании длина микропобегов опытных растений в 2 раза превышала длину мериклонов на среде Мурасиге-Скуга и составляла $22,31 \pm 2,61$ мм и $24,87 \pm 1,59$ мм соответственно. Длина растений-регенерантов при использовании питательной среды Мурасиге-Скуга составляла $12,56 \pm 1,21$ мм.

Коэффициент размножения *H. corymbosa* в культуре *in vitro* был небольшим при использовании любого типа питательных сред, варьировал незначительно и составлял $1,22 \pm 0,23$, $1,10 \pm 0,10$ и $1,10 \pm 0,14$ при использовании питательной среды Андерсона, Кворина-Лепуавра и Мурасиге-Скуга соответственно.

Наибольшее число корней у мериклонов *H. corymbosa* наблюдалось при использовании среды Кворина-Лепуавра – показатель составил $8,12 \pm 0,66$, что в 2–2,5 раза больше, чем при использовании других сред. Применение среды Андерсона, содержащей 600 мг/л активированного угля, приводило к формированию меньшего числа корней, которое составило $4,20 \pm 1,21$ шт.

Оптимальным для укоренения растений регенерантов *H. corymbosa* являлось использование среды Андерсона, содержащей 600 мг/л активированного угля – в этом случае длина корней составляла $22,34 \pm 1,74$ мм, что в 1,7 раза больше чем при использовании среды Кворина-Лепуавра ($13,52 \pm 1,22$ мм) и в 4,2 раза больше, чем при использовании среды Мурасиге-Скуга ($5,37 \pm 0,76$ мм).

Данные по влиянию состава питательной среды на параметры роста *Alternanthera reineckii* sp. *Mini* в культуре *in vitro* приведены в табл. 4.

Оптимальной средой для размножения *A. reineckii* являлась среда Мурасиге-Скуга – в этом случае коэффициент размножения составлял $2,02 \pm 0,32$, что в 2 раза больше, чем при использовании других видов питательных сред. Средняя длина растений-регенерантов *A. reineckii* на среде Мурасиге-Скуга составляла $8,08 \pm 0,62$ мм, длина корней – $16,81 \pm 2,31$ мм, число корней на эксплант – $28,24 \pm 1,87$ шт.

Таблица 4

Влияние типа питательной среды на растения-регенеранты *Alternanthera reineckii* sp. *Mini* в культуре *in vitro*

Показатель	Среда Андерсона + 150 мг SiO ₂ /л	Среда Кворина- Лепуавра	Среда Андерсона (+ активированный уголь, 600 мг/л)	Среда Мурасиге-Скуга
Коэффициент размножения, шт.	1,12±0,12	1,14±0,16	1,22±0,21	2,02±0,32
Длина побега, мм	6,12±0,88	9,47±0,90	7,63±0,77	8,08±0,62
Число корней, шт.	9,03±0,31	16,21±1,21	33,45±2,33	28,24±1,87
Длина корней, мм	4,51±0,55	10,11±0,89	19,82±2,12	16,81±2,31

Приемлемым для укоренения мериклонов *A. reineckii* являлось использование среды Андерсона, содержащей активированный уголь (600 мг/л) – в этом случае такие морфометрические показатели, как длина побегов и корней, количество корней растений регенерантов коррелируют с аналогичными показателями растений, культивируемых на среде Мурасиге-Скуга. Однако коэффициент размножения мериклонов *A. reineckii* на среде Андерсона, содержащей активированный уголь, почти в два раза меньше (1,22±0,21).

Данные по влиянию состава питательной среды на параметры роста мериклонов *Lindernia rotundifolia* в культуре *in vitro* представлены в табл. 5. Оптимальной средой для размножения *L. rotundifolia* являлась среда Мурасиге-Скуга – в этом случае средняя длина растений регенерантов составляла 30,1±4,5 мм (в 2–5 раз больше, чем при использовании других питательных сред), длина корней – 14,61±0,99 мм (в 1,6–3,5 раз больше, чем при использовании других питательных сред), число корней на микропобег – 18,17±1,97 шт. (в 1,6–3,8 раз больше, чем при использовании других питательных сред).

Таблица 5

Влияние типа питательной среды на растения-регенеранты *Lindernia rotundifolia* в культуре *in vitro*

Показатель	Среда Андерсона + 150 мг SiO ₂ /л	Среда Андерсона (+активированный уголь, 600 мг/л)	Среда Мурасиге-Скуга, MS	Среда Кворина-Лепуавра, QL
Коэффициент размножения, шт.	12,2±2,23	1,21±0,55	7,63±0,24	3,82±0,57
Длина побега, мм	6,02±1,13	10,82±2,54	30,11±4,50	16,80±2,87
Число корней, шт.	4,81±1,36	7,50±1,34	18,17±1,97	11,41±1,69
Длина корней, мм	9,02±1,34	4,20±0,56	14,61±0,99	7,02±0,99

Наибольшее количество мериклонов *L. rotundifolia* развивалось при использовании среды Андерсона, содержащей 150 мг SiO₂/л – в этом случае коэффициент размножения являлся максимальным и составлял 12,2±2,23, что в несколько раз выше, чем при использовании других сред. Однако выращенные на такой среде мериклоны характеризовались минимальной длиной побега – 6,02±1,13 мм, что в 2–5 раз меньше, чем при использовании других сред.

Коэффициент размножения *L. rotundifolia* при использовании среды Мурасиге-Скуга составлял 7,63±0,24, что в 2 раза больше, чем при использовании среды Кворина-Лепуавра и в 6 раз больше, чем при использовании среды Андерсона с активированным углём.

Заключение

Выявлены наиболее оптимальные типы питательных сред для культивирования некоторых видов аквариумных растений *in vitro*. Оптимальной средой для размножения *Rotala indica* являлась среда Андерсона, содержащая аморфный диоксид кремния в количестве 50 мг/л. Для культивирования *in vitro* *Hygrophila corymbosa* и *Rotala macrandra* оптимальными являлись среда Кворина-Лепуавра и среда Андерсона, содержащая активированный уголь. Растения-регенеранты *R. macrandra*, полученные на питательной среде Мурасиге-Скуга, не формировали корневой системы. Для размножения *Alternanthera reineckii* и *Lindernia rotundifolia* оптимальной являлась среда Мурасиге-Скуга.

Список литературы

- Sosina A. V., Cherednichenko M. Yu.* 2016. Введение в культуру *in vitro* и клональное микроразмножение *Lilaeopsis brasiliensis* (Glaz.) Affolter // Мат. VII Междунар. науч.-практ. конф. «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиологобиохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)», посвященной 30-летию отдела биотехнологии растений Никитского ботанического сада, г. Ялта, Республика Крым, Россия. 25 сентября – 1 октября 2016 г. Симферополь: «АРИАЛ». С. 126–127. [*Sosina A. V., Cherednichenko M. Yu.* 2016. Vvedenie v kul'turu *in vitro* i klonal'noe mikrorazmnozhenie *Lilaeopsis brasiliensis* (Glaz.) Affolter // Мат. VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Biotekhnologiya kak instru-ment sokhraneniya bioraznoobraziya rastitel'nogo mira (fiziologobiokhimicheskie, embriologicheskie, geneticheskie i pravovye aspekty)», posvyashchennoi 30-letiyu otdela biotekhnologii rastenii Nikitskogo botanicheskogo sada, g. Yalta, Respublika Krym, Rossiya. 25 sentyabrya – 1 oktyabrya 2016 g. Simferopol': «ARIAL». P. 126–127.]
- Малаева Е. В., Синельникова К. П.* 2017. Размножение нимфейника щитовидного (*Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O. Kuntz. в культуре *in vitro* // Актуальные вопросы теории и практики биологического образования: мат. XI-й всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., посвященной Году экологии в России. Волгоград. С. 51–53. [*Malaeva E. V., Sinel'nikova K. P.* 2017. Razmnozhenie nimfeinika shchitolistnogo (*Nymphoides peltata* (S. G. Gmel.) O. Kuntz. v kul'ture *in vitro* // Aktual'nye voprosy teorii i praktiki biologicheskogo obrazovaniya: mat. XI-i vseros. s mezhdunar. uchastiem nauch.-prakt. konf., posvyashchennoi Godu ekologii v Rossii. Volgograd. P. 51–53.]
- Anderson W. C.* 1975. Propagation of rhododendrons by tissue culture. Part. 1. Development of culture medium for multiplication of shoots // Proc. Intern. Plant Prop. Soc. Vol. 25. P. 1929–1935.
- Jabir T., Sheeja G., Anjana R., Sree Lakshmi S., Aneykutty J.* 2016. Micropropagation and *in vitro* flowering of an ornamental aquarium plant *Lindernia antipoda* (L.) Alston // International Journ. of Aquaculture. Vol. 6. № 8. P. 1–10.
- Kane M. E.* 1990. An efficient *in vitro* plantlet regeneration of *Cryptocoryne wendtii* and *Cryptocoryne beckettii* through shoot tip culture // Hort. Science. Vol. 25. № 6. P. 687–689.
- Lakshmanan P.* 1994. *In vitro* establishment and multiplication of *Nymphaea* hybrid 'James Brydon' // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. Vol. 36. P. 145–148.
- Murashige T., Skoog F.* 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. Vol. 15. № 3. P. 473–497.
- Quoirin M., Lepoivre P.* 1977. Etude de milieux adaptes aux cultures *in vitro* de *Prunus*. Acta Hort. Vol. 78. P. 437–442.
- Singh A., Kandasamy T., Odhav B.* 2009. *In vitro* propagation of *Alternanthera sessilis* (Sessile Joyweed), a famine food plant // African Journ. of Biotechnology. Vol. 8. № 21. P. 5691–5695.

Сведения об авторах

Немцова Елена Валентиновна
к. б. н., старший преподаватель кафедры биологии
Брянский государственный университет
им. акад. И. Г. Петровского, Брянск
E-mail: elenanemz@mail.ru

Новиков Дмитрий Михайлович
магистрант кафедры биологии
Брянский государственный университет
им. акад. И. Г. Петровского, Брянск
E-mail: dim.novikov@yandex.ru

Выхорь Татьяна Павловна
магистрант кафедры биологии
Брянский государственный университет
им. акад. И. Г. Петровского, Брянск
E-mail: vyxor2016@mail.ru

Nemtsova Elena Valentinovna
Ph. D. in Biology, Ass. Professor of the Dpt. of Biology
Bryansk State University
named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk
E-mail: elenanemz@mail.ru

Novikov Dmitry Mikhailovich
Postgraduate student of the Dpt. of Biology
Bryansk State University
named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk
E-mail: dim.novikov@yandex.ru

Vykhor' Tatyana Pavlovna
Postgraduate student of the Dpt. of Biology
Bryansk State University
named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk
E-mail: vyxor2016@mail.ru

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 547.728.23:582.29

СОДЕРЖАНИЕ УСНИНОВОЙ КИСЛОТЫ В РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТЯХ ТАЛЛОМОВ *EVERNIA PRUNASTRI* (L.) ACH., *RAMALINA POLLINARIA* (WESTR.) ACH. И *CLADONIA ARBUSCULA* (WALLR.) FLOT.

© О. М. Храмченкова, Р. И. Новиков
V. M. Khramchankova, R. I. Novikau

Usnic acid concentration in different thallus parts of *Evernia prunastri* (L.) Ach.,
Ramalina pollinaria (Westr.) Ach. and *Cladonia arbuscula* lichens (Wallr.) Flot.

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»
246019, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Советская, д. 104. Тел.: +375 (2322) 57-89-05, e-mail: hramchenkova@gsu.by
ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»
246007, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Фёдоровского, д. 4. Тел.: +375 (2322) 68-32-26, e-mail: novikovr86@mail.ru

Аннотация. Методом ВЭЖХ определяли содержание усниновой кислоты в измельчённых и неизмельчённых талломах лишайников *Evernia prunastri*, *Ramalina pollinaria* и *Cladonia arbuscula*, а также в соредиях и апотециях. Измельчение биомассы лишайников повышало достоверность определения содержания усниновой кислоты. У *E. prunastri* и *R. pollinaria* наибольшее содержание усниновой кислоты было в соредиях – $1,0 \pm 0,05\%$ и $1,1 \pm 0,05\%$ воздушно-сухой массы соответственно; наименьшее – в нижней части таллома – $0,15 \pm 0,01\%$ и $0,26 \pm 0,01\%$ соответственно. Содержание усниновой кислоты в подетциях *C. arbuscula* было наибольшим в их верхней части ($9,0 \pm 0,43\%$ воздушно-сухой массы); одинаковым – в апотециях и средней части подетциев ($4,1 \pm 4,6\%$); наименьшим – в нижней части подетциев ($1,9 \pm 0,09\%$).

Ключевые слова: лишайники, *Evernia prunastri*, *Ramalina pollinaria*, *Cladonia arbuscula*, ВЭЖХ, усниновая кислота, талломы, соредии, подетции, апотеции.

Abstract. HPLC was used to determine the usnic acid concentration in shredded and unshredded thalli of *Evernia prunastri*, *Ramalina pollinaria* and *Cladonia arbuscula* lichens, as well as in soredia and apothecia. Crushing the lichens biomass increased the reliability of the usnic acid determination. For *E. prunastri* and *R. pollinaria* thalli, the highest usnic acid concentration was in the soredia $1,0 \pm 0,05\%$ and $1,1 \pm 0,05\%$ of air-dry mass, respectively; the lowest – in the lower part of the thallus – $0,15 \pm 0,01\%$ and $0,26 \pm 0,01\%$, respectively. The usnic acid concentration in the *C. arbuscula* podetia was the greatest in their upper part ($9,0 \pm 0,43\%$ of air-dry mass); equal in apothecia and podetia middle part ($4,1 \pm 4,6\%$); the lowest – in the podetia lower part ($1,9 \pm 0,09\%$).

Keywords: lichen, *Evernia prunastri*, *Ramalina pollinaria*, *Cladonia arbuscula*, HPLC, usnic acid, thalli, soredia, podetia, apothecia.

DOI: 10.22281/2307-4353-2018-3-49-53

Введение

О неравномерности распределения вторичных метаболитов в талломах лишайников исследователи догадывались ещё в те времена, когда наиболее информативными показателями их присутствия являлись цветные и микрокристаллические реакции. Интенсивность окраски, количество и вид кристаллов, образовавшихся при нанесении реактива на поверхность слоевища, свидетельствовали о наличии варибельности концентраций даже тех веществ, на чьё присутствие используемый тест указывал однозначно. Со временем были раскрыты химический состав, механизмы синтеза вторичных метаболитов лишайников, описаны зависимости образования некоторых из них от градиентов факторов внешней среды

(Fahselt, 1994; Huneck, Yoshimura, 1996; Elix, 2014). Не растворимые в воде вторичные метаболиты на поверхности клеточных оболочек микобионта образуют гидрофобную фазу, способствующую сохранению внутри таллома некоторого количества воздуха, необходимого для функционирования клеток фотобионта (Nash, 1999; Molnar, Farkas, 2011). Лишайником регулируются процессы синтеза вторичных метаболитов, вследствие чего не происходит их неограниченного накопления. Несмотря на большой прогресс в изучении лишайниковых веществ, существует не много работ, посвящённых распределению вторичных метаболитов в талломах (Mirando, Fahselt, 1978; Hamada, 1982; Толпышева, 2014; Кононенко, Буркин, 2015). Одним из наиболее изученных лишайниковых веществ является усниновая кислота, которая в талломах выполняет ряд физиологических функций и имеет широкий спектр применения в медицине (Cocchietto et al., 2002; Sokolov, Luzina, Salakhutdinov, 2012). Целью настоящего исследования было определение содержания усниновой кислоты в различных частях талломов трёх видов лишайников: *Evernia prunastri*, *Ramalina pollinaria* и *Cladonia arbuscula*.

Методы и материалы исследований

Для исследования были выбраны виды лишайников, часто встречающиеся на юго-востоке Беларуси (Цуриков, Храменкова, 2009; Tsurukau, Khramchankova, 2011; Цуриков, 2013): *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. [*Cladonia sylvatica* (L.) Hoffm.]. О присутствии усниновой кислоты в талломах данных видов лишайников упоминается в литературе (Горбач, 1973; Определитель..., 1978; Справочное..., 1990; Определитель..., 1996; The Lichens..., 2009).

Лишайники собирали на территории Государственного лесохозяйственного учреждения «Гомельский лесхоз» на типичных для каждого вида субстратах (Цуриков, 2013). К анализу принимали образцы генеративного периода онтогенеза (Сутина, Ямбердова, 2010). Талломы *E. prunastri*, *R. pollinaria* и подеции *C. arbuscula* делили на три равные части – верхнюю, среднюю и нижнюю. Из биомассы лишайников отбирали также образцы соредий и апотециев. Половину образцов измельчали до размера частиц 0,5 мм, другую – оставляли intactной. Таким образом, к анализу принимали измельчённые и неизмельчённые талломы лишайников, их фрагменты и органы размножения.

Образцы экстрагировали ацетоном по методике, изложенной в литературе (Cansaran-Duman et al., 2010; Smeds, Kytöviita, 2010); растворитель отгоняли. Экстракты из лишайников (20 мг) растворяли в 2 мл диметилсульфоксида (ДМСО), центрифугировали (10 минут, 21000 g, 15 °C). Растворы разводили в 60, 80 и 100 раз в 40% растворе ацетонитрила в 0,1% водном растворе уксусной кислоты, фильтровали через шприцевые фильтры Econofilters (размер пор 20 мкм), анализировали методом ВЭЖХ на микроколоночном хроматографе Agilent Technologies 1100 (USA) с последующей компьютерной обработкой результатов в программе ChemStation. Разделение проводили на обращённо-фазовой колонке Zorbax размером 4,6 × 150 мм, сорбент – 300SB-C18 с зернистостью 3,5 мкм. Элюировали в градиентном режиме с увеличением доли ацетонитрила от 40 до 90% в течение 20 минут при скорости потока 1 мл/мин. В качестве подвижных фаз использовали ацетонитрил и 0,1% водный раствор уксусной кислоты. Детектировали с помощью сканера с диодной матрицей при длинах волн 230 и 280 нм, объём вводимого образца – 10 мкл (Ji, Khan, 2005). Концентрацию усниновой кислоты в образцах определяли по калибровочной кривой зависимости площади пика от концентрации стандарта в диапазоне 0,4÷180 мкг/мл. Время удерживания для усниновой кислоты – 12,1 мин.

Измерения выполняли в трёх повторностях; полученные данные пересчитывали в проценты воздушно-сухой массы лишайников. Статистическую обработку данных проводили с использованием программных продуктов STATISTICA 7.0, GraphPadPrism 5.02, Microsoft Excel.

Результаты исследований

Содержание усниновой кислоты в талломах изучаемых видов лишайников отличалось в зависимости от того, подвергалась ли биомасса измельчению перед экстракцией, или не подвергалась.

Для *E. prunastri* предварительное измельчение биомассы способствовало повышению эффективности извлечения усниновой кислоты в 1,6–3,2 раза (рис. 1).

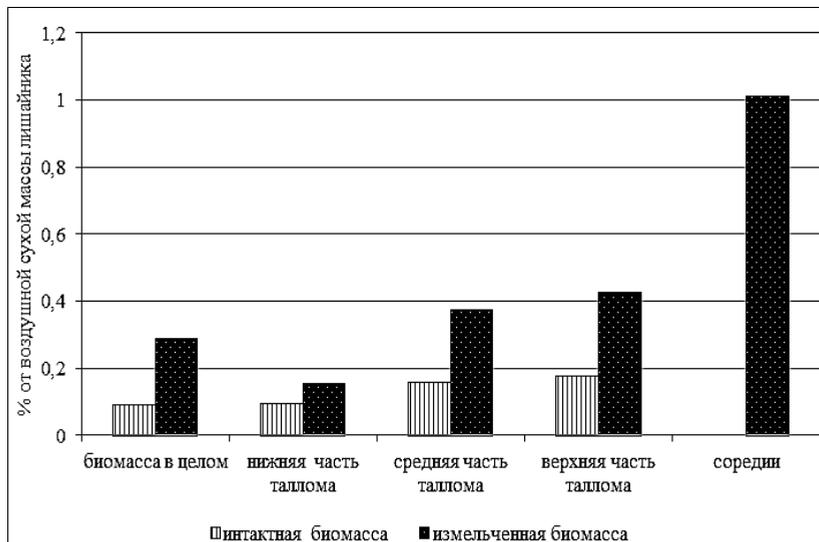


Рис. 1. Содержание усниновой кислоты в различных частях таллома *Evernia prunastri*.

Содержание усниновой кислоты было наибольшим в соредиях – $0,81 \div 1,22\%$; наименьшим – в нижней части таллома ($0,12 \div 0,19\%$); в средней и верхней частях – $0,21 \div 0,45\%$ воздушно-сухой массы лишайника.

Измельчение биомассы *R. pollinaria* в 2,7–10,4 раза повышало извлекаемость усниновой кислоты (рис. 2).

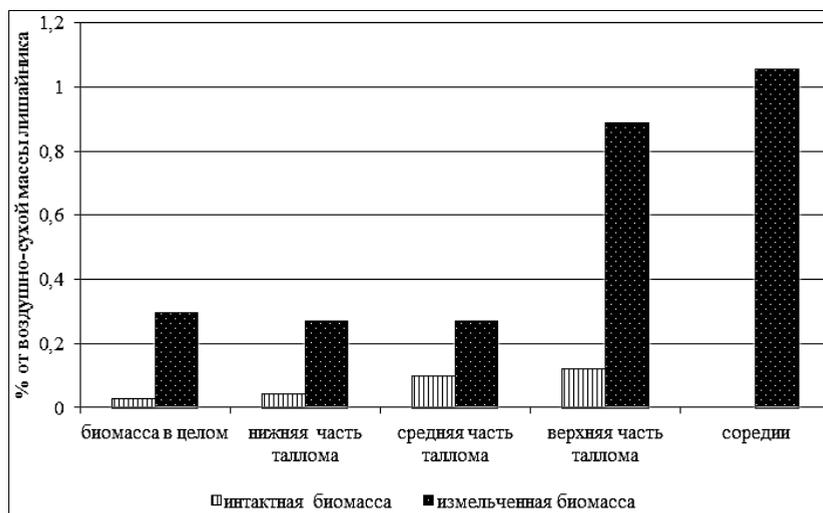


Рис. 2. Содержание усниновой кислоты в различных частях таллома *Ramalina pollinaria*.

Содержание усниновой кислоты было наибольшим в соредиях и верхней части таллома – $1,1 \pm 0,51\%$ и $0,9 \pm 0,04\%$ соответственно, тогда как в средней и нижней частях – $0,21 \pm 0,32\%$.

Если для *E. prunastri* и *R. pollinaria* усниновая кислота является одним из кортикальных метаболитов (присутствуют еще, как минимум, атранорин и эверновая кислота), то для *C. arbuscula* характерно отсутствие корового слоя в подоцехиях и высокое содержание в них прежде всего усниновой кислоты, с которой сочетаются псоромовая и/или фумарпротоцетраровая кислоты (The Lichens..., 2009). Эти соображения в какой-то степени подтверждаются данными, полученными нами ранее (Храмченкова, Новиков, 2018), и обосновывают меньший размах величины влияния измельчения биомассы *C. arbuscula* на эффективность экстракции усниновой кислоты (рис. 3).

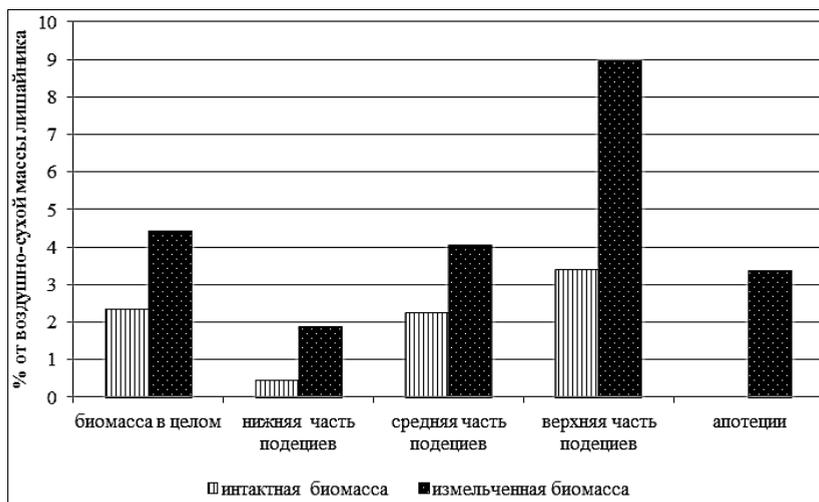


Рис. 3. Содержание усниновой кислоты в различных частях таллома *Cladonia arbuscula*.

Среднее содержание усниновой кислоты в измельчённой биомассе *C. arbuscula* более чем на порядок выше, чем в *E. prunastri* и *R. pollinaria*; и в 25–80 раз выше таковой в неизмельчённой.

Для *E. prunastri* и *R. pollinaria* содержание усниновой кислоты в биомассе лишайника не равно среднему арифметическому из концентраций метаболита в различных частях слоевища. Данный факт объясняется тем, что в экстрагируемый материал включались не только собственно талломы, но и находящиеся на них апотеции с высоким содержанием усниновой кислоты, количество которых крайне сложно учесть. Для биомассы *C. arbuscula* такой эффект не отмечен, что связано, по-видимому, с меньшим содержанием усниновой кислоты в апотециях.

Заключение

Таким образом, среднее содержание усниновой кислоты в талломах *E. prunastri* составило $0,09 \pm 0,004\%$ и $0,29 \pm 0,001\%$ для неизмельчённой и измельчённой биомассы соответственно. В талломах *R. pollinaria* содержалось $0,03 \pm 0,001\%$ и $0,30 \pm 0,004\%$ усниновой кислоты. В подоцехиях *C. arbuscula* – $2,35 \pm 0,112\%$ и $4,41 \pm 0,212\%$. Для нижней, средней и верхней частей таллома, а также соредиев *E. prunastri* в случае анализа интактной биомассы лишайника соотношение концентраций усниновой кислоты составило 1 : 1,6 : 1,8 : 10,5; для измельченной биомассы – 1 : 2,4 : 2,8 : 6,6. Аналогичные показатели для нижней, средней и верхней частей таллома, а также соредиев *R. pollinaria* – 1 : 2,2 : 2,8 : 24,3 и 1 : 1 : 3,3 : 3,8 для не измельченной и измельченной биомассы лишайника соответственно. Для нижней, средней и верхней частей подоцехиев, а также апотециев *C. arbuscula* соотношения концентраций усниновой кислоты были равны 1 : 4,9 : 7,4 : 7,3 и 1 : 2,2 : 4,8 : 1,8 для не измельченной и измельченной биомассы лишайника соответственно.

Список литературы

- Горбач Н. В. 1973. Лишайники Белоруссии. Определитель. Минск: Наука и техника. 368 с. [Gorbach N. V. 1973. Lishainiki Belorussii. Opredelitel'. Minsk: Nauka i tekhnika. 368 p.]
- Кононенко Г. П., Буркин А. А. 2015. Характер распределения микотоксинов и усниновой кислоты в слоевищах эпигейных лишайников // Известия РАН. Сер. Биол. № 3. С. 265–271. [Kononenko G. P., Burkin A. A. 2015. Charakter raspredeleniya mikotoksinov i usninovoy kisloty v sloevishchah epigeynykh lishaynikov // Izvestiya RAN. Ser. Biol. № 3. P. 265–271.]
- Определитель лишайников России. Вып. 6. Алекториевые, Пармелиевые, Стереокаулоновые. 1996. Н. С. Голубкова [и др.]; под. ред. Н. С. Голубковой. СПб.: Наука. 203 с. [Opredelitel' lishainikov Rossii. Vyp. 6. Alektorievye, Parmelievye, Stereokaulonovye. 1996. N. S. Golubkova [i dr.]; pod. red. N. S. Golubkvoi. SPb.: Nauka. 203 p.]
- Определитель лишайников СССР. Вып. 5. Кладониевые – Акароспоровые. 1978. Н. С. Голубкова [и др.]; под. ред. И. И. Абрамова. Л.: Наука. 304 с. [Opredelitel' lishainikov SSSR. Vyp. 5. Kladonievye – Akarosporovye. 1978. N. S. Golubkova [i dr.]; pod. red. I. I. Abramova. L.: Nauka. 304 p.]
- Справочное пособие по хемотаксономии лишайников (методическое пособие). 1990. Е. А. Вайнштейн [и др.]; под. ред. Н. С. Голубковой. Л.: БИН АН СССР. 152 с. [Spravochnoe posobie po khemotaksonomii lishainikov (metodicheskoe posobie). 1990. E. A. Vainshtein [i dr.]; pod. red. N. S. Golubkvoi. L.: BIN AN SSSR. 152 p.]
- Суетина Ю. Г., Ямбердова Е. И. 2010. Онтогенез и возрастено-витагитетная структура популяции лишайника *Evernia prunastri* (L.) Ach. // Вестник Удмуртского ун-та. Вып. 6–3. С. 44–51. [Suetina Yu. G. Yamberdova E. I. 2010. Ontogenez i vozrastno-vitalitetnaya struktura populyatsii lishaynika *Evernia prunastri* (L.) Ach. // Vestnik Udmurtskogo un-ta. Vyip. 6–3. P. 44–51.]
- Толышева Т. Ю. 2014. Микотоксины, усниновая кислота и их распределение в лишайниках родов *Cetraria*, *Flavocetraria*, *Cladonia* // Вестник Московского ун-та. Сер. 16. Биология. № 3. С. 37–40. [Tolpyshcheva T. Yu. 2014. Mikotoksiny, usninovaya kislota i ih raspredelenie v lishaynikah rodov *Cetraria*, *Flavocetraria*, *Cladonia* // Vestnik Moskovskogo un-ta. Ser. 16. Biologiya. № 3. P. 37–40.]
- Цурыков А. Г. 2013. Лишайники юго-востока Беларуси (опыт лишеномониторинга). Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 276 с. [Tsurykau A. G. 2013. Lishajniki yugo-vostoka Belarusi (opyt lichenomonitoringa). Gomel': GGU im. F. Skoriny. 276 p.]
- Цурыков А. Г., Храмченкова О. М. 2009. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. 123 с. [Tsurykau A. G., Hramchenkova O. M. 2009. Listovatyie i kustistyie gorodskie lishajniki: atlas-opredelitel'. Gomel': GGU im. F. Skoriny. 123 p.]
- Cansaran-Duman D., Cetin D., Simsek H., Coplu N. 2010. Antimicrobial activities of the lichens *Hypogymnia vittata*, *Hypogymnia physodes* and *Hypogymnia tubulosa* and HPLC analysis of their usnic acid content // Asian Journ. of Chemistry. Vol. 22 (8). P. 6125–6132.
- Cocchietto M., Skert N., Nimis P., Sava G. 2002. A review on usnic acid, an interesting natural compound // Naturwissenschaften. Vol. 89 (4). P. 137–146.
- Elix J. A. 2014. A Catalogue of Standardized Thin Layer Chromatographic Data and Biosynthetic Relationships for Lichen Substances. Canberra: Australian National University. 330 p.
- Fahselt D. 1994. Secondary biochemistry of lichens // Symbiosis. Vol. 16. P. 117–165.
- Hamada N. 1982. The distribution pattern of the medullary depsidone salazinic acid in the thallus of *Ramalina siliquosa* (lichens) // Canadian Journ. of Botany. Vol. 60 (4). P. 379–382.
- Huneck S., Yoshimura I. 1996. Identification of lichen substances. Berlin: Springer. 493 p.
- Mirando M., Fahselt D. 1978. The effect of thallus age and drying procedure on extractable lichen substances // Canadian Journ. of Botany. Vol. 56 (13). P. 1499–1504.
- Molnár K., Farkas E. 2011. Current Results on Biological Activities of Lichen Secondary Metabolites: a Review // Zeitschrift für Naturforschung C. Vol. 65 (3–4). P. 157–173.
- Nash III T.H. 1999. Lichen biology. Cambridge: Cambridge University Press. 486 p.
- Smeds A. I., Kytöviita M. 2010. Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts // The Lichenologist. Vol. 42 (06). P. 739 – 749.
- Sokolov D. N., Luzina O. A., Salakhudinov N. F. 2012. Usnic acid: preparation, structure, properties and chemical transformations // Russian Chemical Rev. Vol. 81 (8). P. 747–768.
- The Lichens of Great Britain and Ireland. 2nd ed. 2009. Eds.: C. W. Smith [et al.]. London: British Lichen Society. 700 p.
- Tsurykau A., Hramchankova V. 2011. Lichens from Gomel region: a provisional checklist // Bot. Lith. Vol. 17 (4). P. 157–163.

Сведения об авторах

Храмченкова Ольга Михайловна

к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений
Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель
E-mail: hramchenkova@gsu.by

Khranchankova Volga Mikhaylauna

PhD in Biology, Ass. Professor of the Dpt. of Botany and Plant Physiology
Francisk Skorina Gomel State University, Gomel
E-mail: hramchenkova@gsu.by

Новиков Роман Игоревич

младший научный сотрудник
Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель
E-mail: novikovr86@mail.ru

Novikau Roman Igorevich

Junior researcher
Institute of Radiobiology of the NAS of Belarus, Gomel
E-mail: novikovr86@mail.ru

ХРОНИКА

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР «РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ, КАРТОГРАФИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ» (Республика Беларусь, Минск–Гродно, 26–29 сентября 2018 г.)

III International scientific seminar «Vegetation of peatlands: modern problems of classification, mapping, using and protection» (Republic of Belarus, Minsk–Grodno, September, 26–29, 2018)

Международный семинар был организован Институтом экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси при участии Гродненского государственного университета им. Я. Купалы на базе Гродненского дома науки и техники с целью обсуждения результатов исследования биоразнообразия болот, рассмотрения актуальных вопросов классификации и картографирования растительности, мониторинга, практического использования и охраны болотных экосистем. В мероприятии приняли участие 87 учёных и специалистов в области болотоведения, ресурсоведения, экологии и охраны природы, географии, представляющие 42 научных, образовательных и природоохранных организации из Беларуси, Литвы, России и Украины.

В соответствии с задумкой организаторов встречи, на проходящем уже в третий раз семинаре его участники должны были не просто пообщаться на актуальные темы изучения и охраны болот, но и увидеть новые для себя болотные экосистемы. Поэтому в этот раз мероприятие прошло в западной части Беларуси – в Гродненской и Брестской областях. Начался же семинар в одном из древнейших и знаменитейших городов страны – Гродно. Этот город символично расположен у государственных границ Беларуси, Литвы и Польши, что подчёркивало международный характер встречи.

27 сентября в Гродненском доме науки и техники состоялось первое заседание семинара. С приветственным словом к собравшимся обратился один из главных организаторов мероприятия – заместитель директора по научной и инновационной работе Института экспериментальной ботаники **Д. Г. Груммо** (г. Минск), отметивший важность интеграции учёных для решения вопросов болотоведения и охраны природы и эффективность проведения узкопредметных научных встреч. Заместитель проректора по научной работе, начальник научно-исследовательской части Гродненского госуниверситета им. Я. Купалы **А. А. Глазев** сделал акцент на интернациональные задачи современных научных исследований болотоведов в Беларуси. Завершил официальную часть встречи директор Гродненского дома науки и техники **В. В. Барсуков**, эмоционально рассказавший о достопримечательностях древнего Гродно, с которыми участники семинара смогли познакомиться позднее.

Научную программу первого заседания (председатели – Р. Пакалнис и Д. Г. Груммо) открыл **О. Л. Кузнецов** (г. Петрозаводск), обозначивший необходимость учёта географической вариабельности флористического состава болотных ассоциаций бореальной зоны Европы и Западной Сибири. Автор озвучил идею установления географических субассоциаций и обратил внимание на сложность идентификации «викарирующих» синтаксонов и их географических «рас». **В. А. Смагин** (г. Санкт-Петербург) сделал обзор болот возвышенностей Северо-Запада Европейской России. Ботанико-географическим особенностям болот Камчатского края посвятила сообщение **В. Ю. Нешатаева** (г. Санкт-Петербург), которая продемонстрировала новое болотное районирование этого крупного природного региона и его соотношение с авторским геоботаническим районированием, проведённым ранее.

О современном состоянии торфяников Беларуси рассказал **А. В. Козулин** (г. Минск). В качестве важного достижения белорусских болотоведов автор продемонстрировал интер-

активную базу данных «Торфяники Беларуси» (<http://www.peatlands.by>) с комплексом данных о болотных ресурсах, реализованных на специализированных картах. Эти материалы являются основой стратегии сохранения и устойчивого развития торфяников в стране на пути создания национального закона об охране и использовании торфяников. Методологическими наработками в области использования мультиспектральных спутниковых данных для оценки состояния растительного покрова антропогенно-нарушенных и обводняемых торфяников поделился **А. А. Сири́н** (Московская область). Автор обозначил проблему высокой пожароопасности выработанных торфяников и необходимости мониторинга их состояния. Эта актуальная в современном болотоведении тема получила продолжение в докладе **С. Г. Русецкого** (г. Минск), посвящённом методам оперативной оценки пожарной опасности торфяных болот с использованием данных космической радиолокационной съёмки Sentinel-1. О возможностях межгодовой экстраполяции спектральной информации болотных фитоценозов по снимкам Sentinel-2 сообщил **А. А. Яновский** (г. Минск).

О. В. Галанина (г. Санкт-Петербург) рассказала о типологии и структуре болотных массивов в связи с геоботаническим картографированием. Автор обратила внимание на актуальность создания крупномасштабных карт в традиционном «ручном» режиме, позволяющим творчески отразить тонкие различия в экологии растительных сообществ. Результатами международного проекта по изучению парниковых газов на болотах в Балтийском регионе поделилась **Ю. Сенджикайте** (г. Вильнюс).

Вторую часть заседания (председатели – В. Ю. Нешатаева и О. Л. Кузнецов) открыл **О. В. Созинов** с докладом об инвентаризации потенциальных мест заготовок растительных ресурсов на примере лесоболотного комплекса «Болото Дикое». **Ю. А. Семенищев** (г. Брянск) рассказал об экологических и ботанико-географических особенностях гигрофитных и гелофитных леса в бассейне Верхнего Днепра в свете синтаксономии на основе метода Ж. Браун-Бланке. О своеобразных мезотрофных болотных сосняках Беларуси сообщил **Р. В. Цвирко** (г. Минск). Автор обосновал их синтаксономическую дифференциацию от сосновых лесов других типов на основе флористического сравнения и проведённой ординации растительности.

Вопросы антропогенной трансформации болот были затронуты в докладе **Л. В. Канцеровой** (г. Петрозаводск), показавшей, что болотные сообщества формируются в искусственно создаваемых местообитаниях, примыкающих к автодорогам. Анализу динамики растительных сообществ для мониторинга процесса восстановления болотных экосистем на разработанных торфяниках в рамках международного проекта в Тверской области был посвящён доклад **К. Л. Шахматова** (г. Тверь).

Несколько сообщений освятили вопросы изучения экологии, биологии и физиологии компонентов болотных экосистем. Экологическое взаимодействие низших растений на примере сдерживания альгофлорой экспансии сфагновых мхов на малые водоёмы олиготрофных болот продемонстрировал **М. Я. Войтехов** (г. Талдом). Разнообразие диатомовых водорослей р. Ельнянка в ландшафтном заказнике республиканского значения «Ельня» в Беларуси охарактеризовал **В. Н. Петров** (г. Минск). О влиянии условий произрастания на состав липидов сфагновых и зелёных мхов сообщил **Н. В. Козел** (г. Минск). Особенности роста сфагнов в Западной Сибири стали темой доклада **Н. Г. Коронатовой** (г. Новосибирск), которая, по результатам исследований, связала высокую продуктивность некоторых видов мхов с их доминантными свойствами. О бюджете кальция и магния в экосистемах верхового болота Средней тайги Западной Сибири рассказала **Е. К. Вишнякова** (г. Новосибирск).

В завершении первого дня работы семинара состоялась научная дискуссия, в которой собравшиеся поделились соображениями об актуальности исследований болот и обсудили проблемные вопросы, затронутые в докладах. **А. А. Сири́н** обратил внимание на важность использования многочисленных опубликованных данных и, особенно, работ классиков болотоведения в современных исследованиях. Он с сожалением отметил узкую специализацию работ многих начинающих болотоведов. Важной проблемой остаётся и отсутствие заказчиков у научных работ по болотоведению, делающее результаты исследований невостребованными.

В этом смысле опыт белорусских болотоведов, реализующих многочисленные проекты по практическому внедрению научных разработок на болотах, вызывает положительную оценку. На важность научного диалога в решении сложных практических вопросов болотоведения обратила внимание **В. Ю. Нешатаева**. Возвращаясь к вопросам картографирования болот, озвученным в докладе О. В. Галаниной, она предостерегла исследователей от поспешного выбора методов картографии и обозначила важность синтеза традиционных и наиболее современных разработок для создания качественных картографических материалов.

Большую разноплановость докладов на семинаре отметил **О. Л. Кузнецов**. При этом как положительный момент можно оценить возрастающий интерес к вопросам функционирования болотных экосистем, включающим изучение круговорота веществ и элементов, динамику продуктивности и т. д. Знание закономерностей таких процессов является ключом к реставрации болот в будущем. Опытom восстановления болот в Литве поделился **Р. Пакалнис**, который отметил что на современном этапе при разработке проектов восстановления необходимо учитывать тенденции изменения климата. О неоднозначности подходов к реставрации болот высказались **Е. А. Борисова**, **Д. Г. Груммо**, **О. В. Созинов**, **Н. И. Тановицкая**, **А. В. Козулин**. Дискуссия запомнилась живым общением учёных, неравнодушных к сохранению болот, и, как отметил **Д. Г. Груммо**, сама по себе является главным достижением семинара. Своеобразным напутствием собравшимся прозвучало юмористическое выражение, высказанное **Р. Пакалнисом**: «Жизнь очень коротка, и болота нужно сохранить даже для того, чтобы иногда присесть на сфагновый мох и подумать, куда ты торопишься...».



Выступает известный болотовед из Литвы – эксперт Литовского фонда дикой природы **Р. Пакалнис**

28 сентября, во второй день семинара, состоялась экскурсия на болото Святое, где участники ознакомились с озерковым комплексом болотных экосистем заказника и пойменным гипновым болотом р. Соломянка. В рамках экскурсии состоялось посещение визит-центра ГПУ «Республиканский ландшафтный заказник Озёры», где собравшиеся узнали о природоохранной и научно-просветительской деятельности ООПТ. О беспрецедентном опыте сохранения уникальных болот в Беларуси и сложных поисках компромисса с хозяйствующими субъектами рассказали **О. В. Созинов**, **Д. Г. Груммо** и **Н. А. Зеленкевич**. Участники семинара тепло приветствовали достижения белорусских защитников болот, которые смогли привлечь внимание общественности к важности сохранения болотных ООПТ в республике и озвучили эту проблему на самом высоком уровне в стране.

После возвращения с экскурсии участники семинара вновь собрались на заседании, на котором **А. В. Кручонок** (г. Минск) сообщила об особенностях сохранения редких и исчезающих видов растений болот резервированием зародышевой плазмы в рамках совместного белорусско-литовского проекта. Доклад вызвал оживлённую дискуссию. Подобные проекты в последнее десятилетие становятся возможными благодаря совершенствованию методики и современного оборудования. Тем не менее, вопросы возможной репатриации и реинтродукции растений в природные сообщества неоднозначно воспринимаются учёными. О перспективах экотуризма на болотах Беларуси рассказал **Д. Е. Винчевский** (г. Минск). «Бёрдвочинг» – наблюдение за птицами, которое под силу даже не специалистам-орнитологам, набирает популярность в Европе. В последние годы подобные наблюдения финансируются международными фондами, в них участвуют тысячи людей, а результатами становятся обширные данные о распространении птиц, нуждающихся в охране.



Участники семинара в визит-центре республиканского ландшафтного заказника «Озёры». Фото: Н. А. Зеленкевич.

29 сентября семинар продолжился круглым столом по вопросам охраны и восстановления Рамсарской территории «Болото Дикое» на базе Новодворской средней школы Свислочского района Гродненской области. Данное мероприятие было проведено в рамках поддержки заповедности Беловежской пуши общественной организацией «Ахова птушак Бацькаўшчыны» и Национального парка «Беловежская пуша» при поддержке Франкфуртского зоологического общества (Германия). К участию в круглом столе присоединились учителя средних школ Свислочского района, заинтересованные в опыте природоохранной работы и методических наработках по организации экологического просвещения в регионе. На заседании (председатели – Д. Г. Груммо и А. А. Фенчук) уникальным опытом по созданию районного ресурсного центра по формированию экологической культуры школьников поделилась директор Свислочской школы **А. И. Гончаревич**. Школа носит титул «Зелёной», что делает её региональной площадкой по экологическому образованию. Представленные достижения школьников и учителей школы можно расценивать как уникальный образец экологического просвещения в сельских поселениях Беларуси.

Предваряя предстоящую экскурсию, **Д. Г. Груммо** рассказал об уникальном природном комплексе «Болото Дикое», которое образовано на базе отметившего 50-летие гидрологического заказника и с 2015 года стало Рамсарской территорией. Этот объект, в центре которого расположено обширное низинное болото, характеризуется высоким биоразнообразием и является ключевой орнитологической территорией, а в настоящее время вошёл в состав национального парка «Беловежская пуша». Болото предоставляет учёным обширный материал для исследований и экспериментов по выработке стратегии сохранения болот. **Д. Г. Груммо** рассказал об одном из них – изучении режима кошения на структуру и динамику растительности пойменного болота. Постановка данного эксперимента была обусловлена необходимостью сохранения исчезающих видов птиц, в том числе вертлявой камышёвки и большого подорлика. О динамике их численности и распространении на болоте Дикое рассказал **В. А. Фенчук** (г. Минск). Особого внимания заслуживает проект по изучению и сохранению вертлявой камышёвки, реализуемый в Беларуси на базе общественной организации «Ахова птушак Бацькаўшчыны» (<http://ptushki.org>).

Тема многообразия научных исследований на данном природном объекте была продолжена в сообщении **С. А. Рыбчинского** (г. Пинск) о комплексе планирующихся мероприятий по укреплению целостности болота. Представленный план действий по заболачиванию вызвал большой интерес у слушателей. В дискуссии выступили **А. А. Сирин, М. Я. Войтехов, Р. Палкнис** и др., обозначившие необходимость тщательной оценки современного состояния болота при разработке рекомендаций по его восстановлению. Завершилось заседание зоологическим докладом **Н. Д. Черкаса** (Брестская область) о результатах мониторинга численности и перемещения волков на территории болота Дикое с использованием электронных ошейников.

После заслушанных докладов участники круглого стола смогли насладиться уникальной природой болота Дикое, увидели места, в которых проводили исследования белорусские болотоведы, оценили современное состояние системы осушительных каналов и отметили своеобразие флоры низинного болота. Во время полевой экскурсии состоялся тренинг «Флора и растительность низинных болот» для школьных учителей и любителей природы, проведённый ведущим кафедрой ботаники Гродненского госуниверситета **О. В. Созиновым** (г. Гродно).

В заключении программы семинара участники посетили агроусадьбу «Залесье», где познакомились с традиционными сооружениями и особенностями быта белорусского села. Такие агроусадьбы в последнее десятилетие активно создаются в республике и привлекают большое число туристов как из Беларуси, так и из других стран.

Международный семинар, проведённый белорусскими учёными, запомнился прекрасной организацией, интересным и полезным общением на актуальные темы современного болотоведения. Безусловно, главной особенностью белорусских научных встреч является ёмкая и познавательная экскурсионная программа, возможная благодаря уникальной природе Беларуси. Высокий научный уровень докладов и широкий круг специалистов, принявших участие в семинаре, свидетельствуют о значительных успехах в изучении болот и растущем интересе общественности к проблемам их сохранения.

По результатам работы конференции издан сборник материалов: Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны: мат. III Междунар. науч. семинара, (Минск–Гродно, Беларусь, 26–28 сентября 2018 г.). Минск: Колорград, 2018. 164 с.

Ю. А. Семенищенок
Yu. A. Semenishchenkov

*Д. б. н., профессор кафедры биологии
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14. Тел.: +7 (4832) 66-68-34, e-mail: yuricek@yandex.ru*

*ScD in Biology, Professor of the Dpt. of Biology, Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky
241036, Russia, Bryansk, Bezhitskaya str., 14. Tel.: +7 (4832) 66-68-34, e-mail: yuricek@yandex.ru*

СОДЕРЖАНИЕ

Флористика

Анищенко Л. Н. Мохообразные лесо-болотных комплексов Неруссо-Деснянского Полесья 3–12

Геоботаника

Гаврилюк Е. А., Горнов А. В., Ершов Д. В. Оценка пространственного распределения видов деревьев заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны на основе разносезонных спутниковых данных Landsat ... 13–23

Кубентаев С. А. Онтогенетическая структура и ресурсные показатели ценопопуляций *Hedysarum theinum* Krasnob. на хребте Ивановском в Восточном Казахстане 24–36

Интродукция растений

Глушакова Н. М., Шамшур Г. Ч. Изучение эффективности влияния стимуляторов корнеобразования на укоренение черенков герберы 37–41

Биотехнология растений

Немцова Е. В., Новиков Д. М., Выхорь Т. П. Клональное микроразмножение некоторых видов аквариумных растений в культуре *in vitro* 42–48

Физиология и биохимия растений

Храмченкова О. М., Новиков Р. И. Содержание усниновой кислоты в различных частях талломов *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. 49–53

Хроника

III Международный научный семинар «Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны» (Республика Беларусь, Минск–Гродно, 26–29 сентября 2018 г.) 54–58

CONTENTS

Flora studying

Anishchenko L. N. Bryophytes of forest-mire complexes of the Nerusso-Desnyanskoye Polesseye 3–12

Geobotany

Gavrilyuk E. A., Gornov A. V., Ershov D. V. Estimation of spatial trees species distribution in Bryansk Forest Nature Reserve based on multitemporal Landsat data 13–23

Kubentaev S. A. Ontogenetic structure and resource indicators of the coenopopulations of *Hedysarum theinum* Krasnob. on the Ivanovsky ridge in Eastern Kazakhstan 24–36

Introduction of plants

Glushakova N. M., Shamshur G. C. Study of the effectiveness of stimulators of roots formation on the rooting of gerbera cuttings 37–41

Biotechnology of plants

Nemtsova E. V., Novikov D. M., Vychor' T. P. The microclonal propagation of some aquarium plants 42–48

Physiology and biochemistry of plants

Khranchankova V. M., Novikau R. I. Usnic acid concentration in different thallus parts of *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. and *Cladonia arbuscula* lichens (Wallr.) Flot. 49–53

Chronicle

III International scientific seminar «Vegetation of peatlands: modern problems of classification, mapping, using and protection» (Republic of Belarus, Minsk–Grodno, September, 26–29, 2018) 54–58

Оригинал-макет: *Ю. А. Семенецков*

На обложке – *Sphagnum squarrosum* Crome
Подписано в печать 18.11.2018. Дата выхода 19.11.2018.
Формат 70 x 100 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Печать офсетная. Усл. п. л. 4,88. Тираж 300 экз. Заказ № 8.

Отпечатано в типографии ИП В. В. Капитанова.
Адрес: 243140, г. Клинцы, пр-т Ленина, д. 22.

Распространяется бесплатно