

УДК 582.21 (481-922.1)

Современный этап и задачи изучения разнообразия печёночников, мхов, лишайников и цианопрокариот архипелага Шпицберген

© 2014. Н. А. Константинова, д.б.н., зав. лабораторией, О. А. Белкина, к.б.н., с.н.с., Д. А. Давыдов, к.б.н., с.н.с., Л. А. Конорева, к.б.н., н.с., А. А. Вильнет, к.б.н., с.н.с., Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, e-mail: nadya50@list.ru

Подведены итоги 10 лет планомерных исследований разнообразия мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот архипелага Шпицберген коллективом сотрудников Полярно-альпийского ботанического сада-института Кольского НЦ РАН. Территория Шпицбергена изучена достаточно неравномерно и требует дальнейшего обследования, выявленное разнообразие видов по всем изученным группам велико, но, очевидно, неполно. Изучаемые организмы в большинстве случаев характеризуются мелкими размерами и высокой морфологической вариабельностью. Для некоторых групп ранее были описаны многочисленные арктические формы и разновидности. Тем не менее обнаружены образцы, которые невозможно чётко идентифицировать по анатомо-морфологическим данным, использование молекулярно-генетического подхода позволит уточнить систематику родов и видов, и, возможно, выявить новые для науки таксоны.

Results are given of 10-years of systematic research of diversity of mosses, liverworts, lichens and cyanoprokariota by team from Polar Alpine Botanical Garden-Institute (PABGI KSC RAS). The territory of Svalbard has been studied unequally and requires further investigation. The revealed diversity of all the groups of organisms is large, but obviously incomplete. Studied organisms in most cases are small and have high morphological variability. For some of them many arctic forms and variations were described early. Nevertheless, we found samples that can not be clearly identified by anatomical and morphological features. The use of molecular-genetic approach will clarify the taxonomy of genera and species, and possibly identify new taxa for the science.

Ключевые слова: мхи, печёночники, лишайники, цианопрокариоты, Шпицберген, флора, Арктика

Keywords: mosses, liverworts, lichens, cyanoprokaryotes, Svalbard, flora, Arctic

Ботаническое изучение Шпицбергена имеет длительную историю, которая неоднократно освещалась в различных источниках. Обобщение и критический анализ публикаций по разнообразию различных организмов на Шпицбергене выполнены в конце XX века. В том числе были опубликованы критические списки видов мохообразных [1], лишайников [2] и цианопрокариот [3]. Позднее эти списки пополнялись. Наиболее существенные изменения и дополнения были сделаны в отношении лишайников, последняя сводка по которым опубликована относительно недавно [4]. Заметно пополнился список цианопрокариот, история исследований которых и состояние изученности флоры проанализированы одним из авторов ранее [5]. Небольшие дополнения к флоре архипелага опубликованы позже [6 – 9, 29, 30, 35]. Дополнений по мхам и печёночникам, сделанным в XX веке зарубежными исследователями, немного и касаются они преимущественно находок отдельных таксонов [10 – 12].

В 2013 г. исполнилось 10 лет с начала планомерных работ по изучению разно-

образия мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот, проводимых на Шпицбергене сотрудниками Полярно-альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ). В задачи исследований коллектива на архипелаге входило уточнение видового состава, включая описание арктических форм; выявление и анализ распространения видов на архипелаге, подготовка точечных карт распространения; изучение особенностей экологии видов на архипелаге; разработка ключей для определения и описаний видов изучаемых групп и подготовка на этой основе иллюстрированных флор.

Материалы и методы

Проведены сборы и сделаны краткие описания местообитаний в 16 пунктах архипелага Шпицберген (рис.). Использован традиционный маршрутный метод, обследованы все возможные местообитания и субстраты. Особое внимание уделяли микроместообитаниям. Всего за 10 полевых сезонов собрано около 2500 образцов печёночников, 6000 – мхов, 5000 –

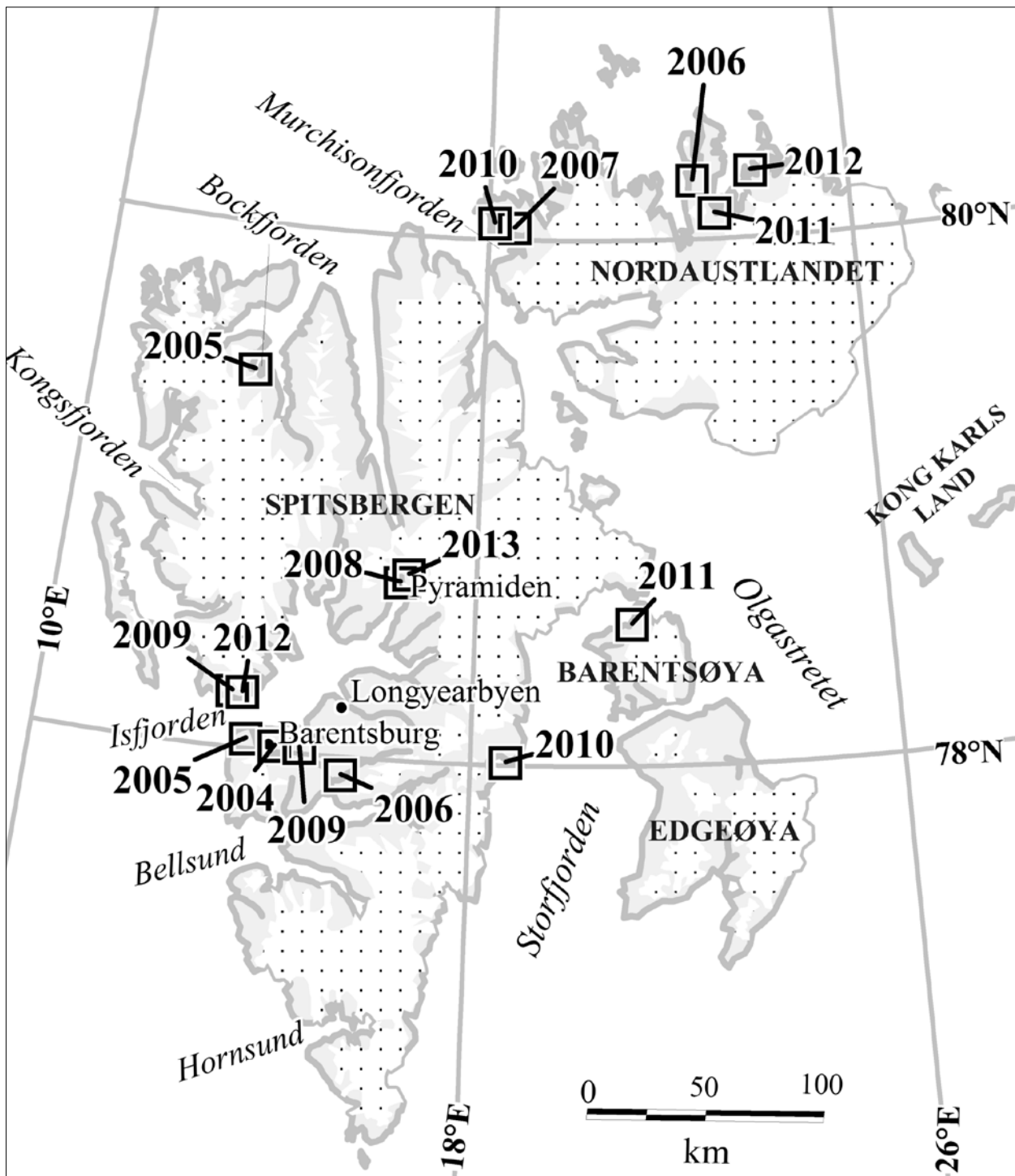


Рис. Места экспедиционных работ коллектива сотрудников ПАБСИ на архипелаге Шпицберген с 2004-го по 2013 год

лишайников и 2000 – цианопрокариот. Эта самая крупная в России и одна из крупнейших в мире коллекций с архипелага Шпицберген хранится в гербарии ПАБСИ КНЦ РАН (КРАВГ). Сведения из этикеток идентифицированных образцов вносятся в разработанные нами базы данных (БД) по мохообразным, лишайникам и цианопрокариотам, она доступна в сети (<http://91.228.200.16/цанопро/>).

Как сбор, так и определение мхов, печёночников, лишайников и цианопрокариот в высокоширотных районах сопряжены со значительными трудностями, на что неоднократно указывали практически все исследователи Арктики. Эти трудности обусловлены как суровыми климатическими условиями, в которых приходится работать, так и спецификой произрастания и облика растений в

Арктике. Мелкие размеры, множество видов в образцах, морфологическая вариабельность и наличие большого числа арктических форм и разновидностей приводят к тому, что идентификация, проводимая по стандартным методикам, с использованием самых современных определителей и монографических обработок, занимает много времени и тем не менее не всегда позволяет более или менее точно определить образец. В связи с этим в последние годы все чаще приходилось прибегать к использованию молекулярно-генетических методов. Методика выделения ДНК, амплификации и секвенирования фрагментов ITS1-2 яд ДНК, *trnL-F* и интрона гена *trnG* хп ДНК, методы молекулярно-филогенетического анализа подробно описаны в опубликованной ранее работе [13].

Результаты

В результате наших работ на архипелаге впервые выявлены 33 вида цианопрокариот [6, 7, 14, 15], 12 – печёночников [16, 17], 7 – лишайников [18], 5 – мхов. Кроме того, подтверждено нахождение на архипелаге по 11 видов печёночников и мхов, указывавшихся для региона ранее, но исключённых при подготовке сводного каталога [1]. Всего в настоящее время с учётом наших данных для Шпицбергена известно 208 видов цианопрокариот, 757 видов лишайников, 310 видов мхов и 108 видов печёночников.

Проанализировано состояние изученности флоры цианопрокариот архипелага [5], подведены итоги изучения локальных флор мхов [19] и лишайников [20]. Существенно уточнены данные о распространении и экологии многих видов, считавшихся здесь редкими или очень редкими [15, 18, 20 – 22 и др.].

Аннотированные списки видов по всем изучаемым группам организмов опубликованы только для восточного берега залива Грен-фьорд [15]. Из-за специфики идентификации видов списки для других обследованных нами территорий составляли по разным группам независимо друг от друга. Более или менее полные сводки подготовлены по цианопрокариотам для восточного берега залива Рийп-фьорд [6, 9, 23] и западного берега залива Грен-фьорд [7]. По печёночникам опубликован относительно полный список для северного побережья Мэрчисон-фьорда [24]. Составлены списки и проведён анализ локальных флор мхов районов долин Линне, Рейндален [19, 25, 26].

Неоднократно были обследованы окрестности пос. Пирамида (рис.). Для этой территории определён видовой состав цианопрокариот, насчитывающий 55 таксонов, в том числе 42 вида, пять таксонов указываются как *conformis*, для восьми не установлена видовая принадлежность. Список лишайников окрестностей пос. Пирамида дополнен 60 видами, среди которых *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy – новый для архипелага, пять видов являются редкими. С учётом новых данных в этом районе в настоящее время известно 143 вида. Это, по нашим оценкам, составляет около половины от общего разнообразия лишайников данного разнообразного в ценотическом и субстратном отношении района. В рассматриваемом районе найдено 118 видов мхов, в том числе 77 отмечено на территории самого посёлка. На стадии завершения находится идентификация образцов печёночников и подготовка аннотированных списков видов всех рассматриваемых групп для этого района.

Особое внимание уделено изучению флоры наименее исследованной территории архипелага – о. Северо-Восточная Земля, на котором обследованы пять локальных флор (рис.). Несмотря на то, что идентификация коллекций с этого острова ещё не завершена, сведения о разнообразии известных для данной территории видов рассматриваемых групп заметно пополнились. Впервые на о. Северо-Восточная Земля найдено 62 вида мхов, в том числе три новых для архипелага, и в настоящее время для этого острова известно 160 видов. Составлены списки мхов для районов залива Нордвика (80 видов) и Земли Принца Оскара (78). Завершена обработка и опубликованы данные о печёночниках северного берега Мэрчисон фьорда, где в окрестностях станции Кинвика зарегистрирован 31 вид; 23 таксона указаны впервые для острова, а два вида и одна разновидность – впервые для архипелага [24].

В результате обследования трёх территорий [27] и частичной обработки собранных материалов список лишайников острова увеличился на 44 вида и включает в настоящее время 267 видов. Среди впервые приведённых для о. Северо-Восточная Земля лишайников *Umbilicaria leiocarpa* DC. является новым для архипелага, *Gyalecta erythrozona* Lettau и *Rinodina terrestris* Tomin. ранее были известны из единичных точек нахождения на Шпицбергене и являются редкими в мире.

Проанализирован видовой состав цианопрокариот полярных пустынь Шпицбер-

гена, проведено сравнение с флорами других территорий (арх. Земля Франца Иосифа, Северная Земля, Новая Земля). Выявлены значительные различия видового состава, обусловленные, вероятно, разной степенью изученности, а не объективными причинами. Наиболее сходными (30%) оказались флоры цианопрокариот полярных пустынь Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа [9].

По большинству обследованных районов о. Западный Шпицберген опубликованы [18, 20 – 22 и др.] или подготовлены к печати только предварительные результаты.

В ходе проведённых исследований выяснилось, что представления о редкости многих видов на архипелаге не соответствуют действительности. Это объясняется как резкой дифференциацией флор, так недостаточной их изученностью. Виды, которые ранее относили к числу редких, нередки, а порой и обильны в подходящих для них местообитаниях. Например, из 28 печёночников, считавшихся очень редкими на Шпицбергене, большинство найдено в ходе наших работ в исследованных регионах, причём 9 из них локально могут быть обильны. С другой стороны, ряд видов, относимых к широко распространённым на Шпицбергене, локально могут быть очень редки или не представлены вовсе. Так, например, один из самых широко распространённых на архипелаге печёночников – *Cephalozia bicuspidata* (L.) Dumort. не представлен в окрестностях пос. Пирамида.

При обследовании территории, освобождающейся ото льда в результате быстрого таяния одного из ледников Шпицбергена (Альдегонда), был прослежен процесс постепенного изменения флористического состава цианопрокариот [7] и мхов [28] в ходе первичной сукцессии. Выявлены пионерные виды, а также некоторые особенности заселения обнажившегося субстрата. Впервые на Шпицбергене обследованы популяции, стабильно существующие на льду ледников. В 2009 г. на леднике Восточный Гренфьорд были изучены популяции мхов *Hygrohypnella polare* (Lindb.) Ignatov et Ignatova, *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske [31], а в 2012 г. описано формирование двух- и трёхвидовых куртин мхов на льду.

Начато картирование распространения печёночников на архипелаге. По описанию местонахождений видов, приведённых в каталоге мохообразных Шпицбергена [4], составлена база данных мест сбора редких и очень редких печёночников, регулярно пополняемая новыми данными.

Ряд образцов печёночников, собранных на архипелаге, вовлечены в молекулярно-генетические работы с целью изучения разнообразия, внутривидовой вариабельности, распространения, филогении и систематики отдельных родов. Для 50 образцов печёночников получены последовательности ITS1-2 ядДНК и trnL-F хлДНК. Вариабельность по изученным локусам у шпицбергенских популяций *Barbilophozia hatcheri* (A. Evans) Loeske, *Plectocolea subelliptica* (Lindb. ex Kaal.) A. Evans, *Lophozia excisa* (Dicks.) Dumort. низка, однако они значительно обособлены от популяций из других регионов [32, 33]. Включение ряда полученных последовательностей в построение филогенетических схем позволило уточнить идентификацию видов из родов *Lophozia* (Dumort.) Dumort., *Tritomaria* Schiffn. ex Loeske, *Jungermannia* L. и др., а также выявить новые для науки виды [34].

Заключение

Территория Шпицбергена изучена пока еще крайне неравномерно, собранные коллекции идентифицированы менее чем наполовину, выявленное разнообразие видов по всем изученным группам велико, но, очевидно, пока неполное. Наблюдается значительное число морфологически или экологически обособленных популяций (экоморф) цианопрокариот, подтверждение таксономического статуса которых требует дополнительных культуральных и молекулярно-генетических исследований. Значительно число образцов печёночников, которые невозможно достоверно идентифицировать по анатомо-морфологическим признакам. Проведение молекулярно-генетических исследований, вероятно, позволит более чётко дифференцировать таксоны, в том числе новые для науки.

В дальнейшем планируется вести работу по всем обозначенным выше направлениям. Будут продолжены обследования ранее неизученных территорий и подготовка аннотированных списков локальных флор. Важной составляющей обобщения результатов исследований останутся внесение информации в базы данных и подготовка на этой основе карт распространения видов. Полученные в предыдущие годы результаты, в том числе данные молекулярно-генетических исследований, позволяют приступить к таксономической обработке отдельных родов. Актуальной представляется подготовка ил-

люстрированных научно-популярных книг, включающих фотографии и дифференциальные описания широко распространённых на Шпицбергене цианопрокариот, лишайников, мхов и печёночников. Широкое распространение, обилие, продуктивность сообществ цианопрокариот на Шпицбергене делают возможным проведение экофизиологических исследований.

Литература

1. Frisvoll A. A., Elvebakk A. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Bryophytes Part 2 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 57–172.
2. Elvebakk A., Hertel H. Lichens. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Part 6 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 271–359.
3. Sculberg O.M. A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Terrestrial and limnic algae and cyanobacteria. Part. 9 // Norsk Polarinstittutt Skifter. 1996. V. 198. P. 383–395.
4. Øvstedal D. O., Tønsberg T., Elvebakk A. The lichen flora of Svalbard // Sommerfeltia. 2009. V. 33. 393 p.
5. Давыдов Д. А. Цианопрокариота Шпицбергена, состояние изученности флоры // Ботан. журн. 2010. Т. 95. № 2. С. 169–176.
6. Давыдов Д. А. Дополнение к флоре цианопрокариот полярных пустынь Земли Принца Оскара (остров Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген: Матер. X междунар. науч. конф. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М. 2010. С. 374–376.
7. Давыдов Д. А. Видовой состав Цианопрокариота западного берега залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) // Ботан. журн. 2011. Т. 96. № 11. С. 1409–1420.
8. Komárek J., Kovacik L., Elster J., Komárek O. Cyanobacterial diversity of Petuniabukta, Billefjorden, central Spitsbergen // Polish Polar Research. 2012. V. 33. P. 347–368.
9. Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Rijpfjorden east coast, North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen // Algological Studies. 2013. V. 142. P. 29–44.
10. Thinggaard K., Damsholt K. Bryological notes from Svalbard // Lindbergia. 2007. V. 31. P. 126–130.
11. Wojtuń B. The first documented record of *Sphagnum riparium* (Bryophyta: Sphagnaceae) from Spitsbergen // Polish Polar research. 2007. V. 28. №. 4. P. 269–276.
12. Hesse C., Jalink L. M., Stech M., Kruijer H.J.D. Contribution to the moss flora of Edgøya and Barentsøya, Svalbard (Norway) // Polish Bot. J. 2012. V. 57. № 1. P. 167–179.
13. Vilnet A.A, Konstantinova N.A, Troitsky A.V. Molecular phylogeny and systematics of the suborder Cephalozieae with special attention to the family Cephalozieaceae s.l. (Jungermanniales, Marchantiophyta) // Arctoa. 2012. V. 21. P. 113–132.
14. Давыдов Д. А. Наземные цианобактерии восточного побережья Грен-фьорда (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 5. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. С. 377–382.
15. Королёва Н. Е., Константинова Н. А., Белкина О. А., Давыдов Д. А., Лихачёв А. Ю., Урбанавичене И. Н. Флора и растительность побережья залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген). Апатиты. 2008. 111 с.
16. Borovichev E.A. New liverwort records from Svalbard. 1. // Arctoa. 2010. V. 19. P. 280–281.
17. Konstantinova N.A., Savchenko A.N. Contribution to the hepatic flora of Svalbard // Lindbergia. 2008. V. 33. P. 13–22.
18. Konoreva L. Five lichen species new to Svalbard // Graphis Scripta. 2011. V. 23. P. 24–26.
19. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Некоторые итоги изучения локальных флор листостебельных мхов архипелага Шпицберген // Тезисы конференции по созданию программы Международного полярного десятилетия. – Сочи, 2010а. http://www.onlinereg.ru/ipy2010/Abstracts_ipy2010.doc. С.82-83.
20. Конорева Л.А. Лишайники в локальных флорах архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген: Материалы. X Междунар. науч. конф. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М. 2010. С. 402–407.
21. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. К изучению лишайников Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты. 2004. Вып. 4. С. 290–295.
22. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. Лишайники в высокоширотных экосистемах Западного Шпицбергена // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты. 2006. Вып. 6. С. 373–379.
23. Давыдов Д.А. Цианопрокариоты полярных пустынь Земли Принца Оскара (остров Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: Материалы международной научной конференции. Вып. 8. М. 2008. С. 85–90.
24. Konstantinova N.A., Savchenko A.N. Contribution to the Hepatic flora of the Nordaustlandet (Svalbard). I. Hepatics of the north coast of Murchison Fjorden // Polish Botanical Journal. 2012. V. 57. № 1. P. 181–195.
25. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. К флоре листостебельных мхов долины Рейндален (о. Западный Шпицберген, Ван-Мейен-фьорд). // Природа шельфа и архипелагов европейской Арктики: Матер. VIII Междунар. конф. Вып. 8. (Мурманск, 9-11 ноября, 2008 г.). Мурманск. 2008. С. 33–37.
26. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Флора листостебельных мхов долины озера Линне (о. Западный Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: Материалы междунар. науч. конф. Вып.

10. (Мурманск, 27-30 октября 2010 г.). М.: Геос, 2010. С. 362–367.
27. Конорева Л. А., Редкие виды лишайников острова Северо-Восточная Земля (NORDAUSTLANDET), архипелаг Шпицберген // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Материалы всероссийской конференции. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 222–224.
28. Белкина О.А., Лихачёв А.Ю. Изменение видового состава мхов при первичной сукцессии после отступления ледника Альдегонда (о. Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Материалы Междунар. науч. конф. Вып. 11. (Мурманск, 1-3 ноября 2012 г.). М.: Геос, 2012. С. 27–33.
29. Matuła J., Pietryka M., Richter D., Wojtun B. Cyanoprokaryota and algae of Arctic terrestrial ecosystems in the Hornsund area, Spitsbergen // *Pol. Polar Res.* 2007. V. 28. P. 283–315.
30. Richter D., Matuła J., Pietryka M. Cyanobacteria and algae of selected tundra habitats in the Hornsund fiord area (West Spitsbergen) // *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 2009. V. 38. P. 65–70.
31. Белкина О.А., Мавлюдов Б.Р. Мхи на ледниках Шпицбергена // *Ботан. журн.* 2011. Т. 96. № 5. С. 582–596.
32. Vilnet A. A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. Phylogeny and systematics of the genus *Lophozia* s. str. (Dumort.) Dumort. (Hepaticae) and related taxa from nuclear ITS1-2 and chloroplast trnL-F sequences // *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 2008. V. 47. P. 403–418.
33. Vilnet A.A., Konstantinova N.A., Troitsky A.V. Molecular phylogenetic data on reticulate evolution in the genus *Barbilophozia* Löske (Anastrophyllaceae, Marchantiophyta) and evidence of non-concerted evolution of rDNA in *Barbilophozia rubescens* allopolyploid // *Phytotaxa.* 2012. V. 49. P. 6–22.
34. Bakalin V.A., Vilnet A.A. New combinations and new species of *Solenostoma* and *Plectocolea* (Solenostomataceae) from the Russian Far East // *The Bryologist.* 2012. V. 115. P. 566–584.