

УДК 528.29 (571.54)

Хемотаксономический состав видов рода *Usnea* из Республики Бурятия Chemotaxonomic studies of species genus *Usnea* from Buryatia Republic

Харпухаева Т. М.

Kharpukhaeva T. M.

ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: takhar@mail.ru

Institute of General and Experimental Biology SB RAS (IGEB SB RAS), Ulan-Ude, Russia

Реферат. *Usnea* – один из самых распространенных родов бореальных эпифитных лишайников. Обсуждаются хемотаксономический состав видов рода *Usnea* на территории Республики Бурятия из гербария УУН. Состав вторичных метаболитов рода *Usnea* изучался при помощи высокоэффективной тонкослойной хроматографии. Большинство образцов принадлежат к широко распространенным хемотипам, но также выявлены и более редкие.

Summary. *Usnea* – one of the widely distributed genus of boreal ephyphitic lichens. Chemotaxonomical features of *Usnea* is considered according herbaria materials of IGEB SB RAS, Ulan-Ude (UUH). Samples studied by High Performance Thin Layer Chromatography. Most samples belong to common chemotypes, but some rare chemotypes have also been detected.

Род *Usnea* Dill. ex Adans. – один из самых распространенных родов бореальных эпифитных лишайников, характеризующийся морфологической и хемотаксономической изменчивостью – существует большое количество хемотипов, сопряженных с географическими расами, часто в одном регионе могут встречаться 2 или 3 хемотипа. На территории Бурятии, по результатам исследования с использованием гербарных материалов УУН (ИОЭБ СО РАН), LE (БИН РАН), встречается 9 видов рода. Изучение морфологии и анатомии проводилось методами световой микроскопии. Проведено изучение вторичных метаболитов методами тонкослойной хроматографии. Дана краткая информация о распространении, приведена современная синонимика. Все виды *Usnea*, встречающиеся в нашем регионе – бореальные, широко распространены в Голарктике, обитают на коре деревьев и древесине. Только один вид – *U. fragilescens* var. *fragilescens*, может встречаться на камнях и замшелых скалах. Протестированные образцы из гербария УУН принадлежат к распространенным в Голарктике хемотипам. Но также обнаружены и другие хемотипы, не столь распространенные.

Материал и методики

При изучении морфологии и анатомии лишайников анатомического строения применялись стандартные методики (световая микроскопия и цветные реакции), тонкослойная хроматография (ТСХ) выполнена по методике описанной Оранжем (Orange, 2001). Были изучены образцы из гербариев УУН (ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ) (100 образцов). Образцы сравнивались с хранящимися в LE (БИН РАН, Санкт-Петербург) (40 гербарных листов). Использовались световые микроскопы, сканирующий электронный микроскоп Hitachi TM-1000. Для определения цветных реакций использовались реактивы: парафенилендиамин (Pd), 10 % р-р КОН (К), раствор гипохлорита натрия (С) и др. Содержание вторичных метаболитов изучалось из гербарных образцов УУН. Бралось по меньшей мере 2 образца от каждого вида, из разных мест произрастания. Применялись пластины для высокоэффективной хроматографии производства «Sorbfil» и 2 системы растворителей А (толуол : диоксан : ледяная уксусная кислота) и С (толуол : ледяная уксусная кислота). Использовалась вытяжка из кусочков таллома в ацетоне.

Результаты

Распространение видов на территории Бурятии и перечень изученных образцов подробно были рассмотрены ранее (Харпухаева, 2011), поэтому ниже дается краткая информация о распространении. Районы даны по Определителю... (2000). Сокращения: С – Восточный Саян (в пределах Бурятии); Сб – Саяно-Байкальский р-н (хребты Хамар-Дабан, Малый Хамар-Дабан, Джидинский, Улан-Бургасы, Морской, Голодинский, Курбинский, Тункинская котловина); Нб – нагорье Байкальское (хребты Икатский, Южно- и Северо-Муйские, Баргузинский, Байкальский, Сынныр, Верхнеангарский, котловины Верхнеангарская, Баргузинская, Муйская); Нв – нагорье Витимское (Витимское плоскогорье (в пределах Бурятии), Худанский хребет, Ципинская (Баунтовская).

1. *Usnea barbata* (L.) F.H. Wigg. s. lat. (syn. *U. scabrata* Nyl., *U. scabrata* subsp. *nylanderiana*) – Сб, Нб. Образцы *U. barbata* не содержат вторичных метаболитов.

2. *Usnea cavernosa* Tuck. – С, Сб, Нб. В образцах вида *U. cavernosa* (Джергинский и Баргузинский заповедники) обнаружен хемотип с салациновой кислотой, широко распространенный в Европе и Северной Америке (Randlane et al., 2009).

3. *Usnea dasopoga* (Ach.) Nyl. (syn. *U. dasypoga* (Ach.) Nyl., *U. filipendula* Stirt.) – Сб, Нб.

Поскольку образец *U. dasopoga* (Джергинский заповедник) был единственный в УУН, то для контроля взят образец из Красноярского края. В них обнаружены протоцетраровая или/и салациновая кислота. Рандлане (Randlane et al., 2009) указывает, что данный хемотип распространен в Европе, встречается в Японии (Ohmura, 2001). На хроматограмме образец из Бурятии дает четкое пятно, а образец из Байкита (Красноярский край), взятый для контроля – следы. В Японии иногда встречаются следы протоцетраровой кислоты (Ohmura, 2001).

4. *Usnea fragilescens* Hav. ex Lynge – С, Сб, Нб, Нв, Сел. Вторичных метаболитов нет, как в var. *fragilescens*, так и в var. *mollis* (Vain.) P. Clerc (рис. 1а). Такой хемотип не отмечался для Европы и Северной Америки. В Европе и Северной Америке отмечались хемотипы со норстиктовой, псоромовой и салациновой кислотой (Clerc, 2007; Halonen, 2000; Randlane et al., 2009). В Японии в *Usnea fragilescens* обнаружены барбатовая, 4-О-деметилбарбатовая, следы протоцетраровой и салациновой кислоты (Ohmura, 2001). Однако в той же работе Ohmura описывает расу без химических веществ, которую счи-

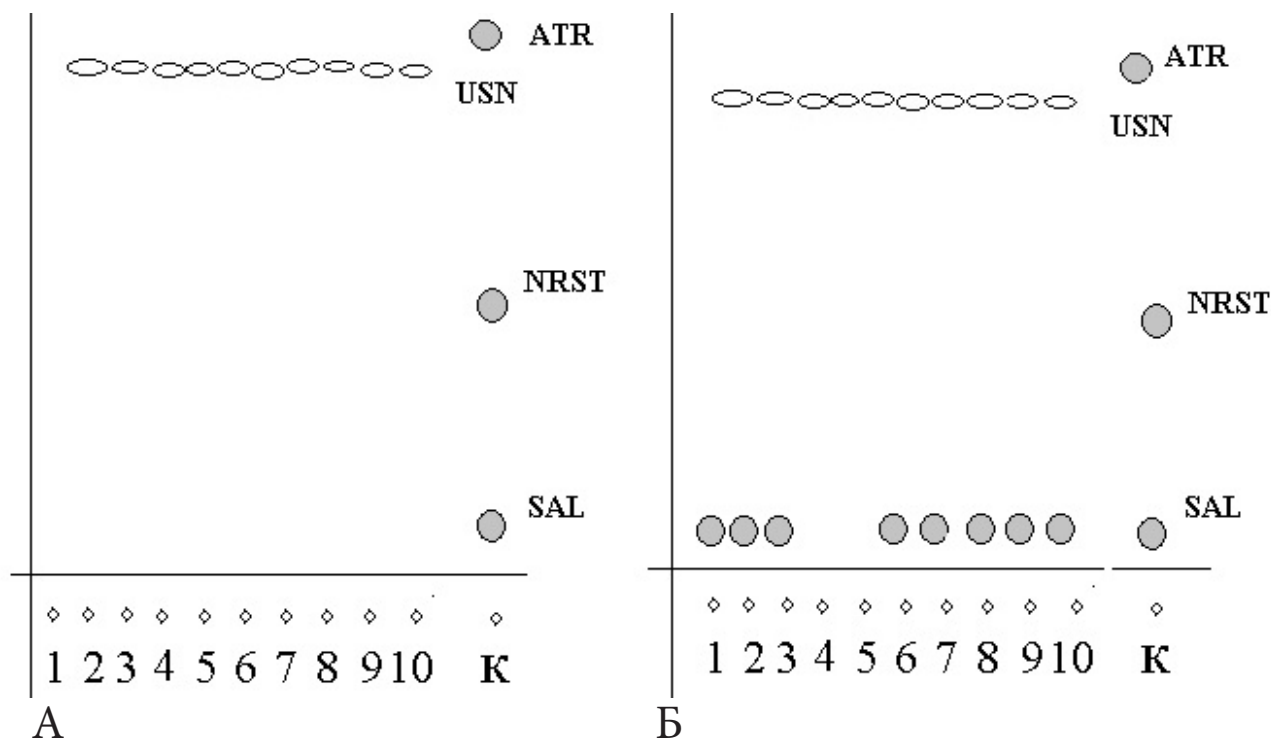


Рис. 1. Хроматограмма а) *U. fragilescens*; б) *U. glabrescens*. Условные обозначения: SAL – салациновая кислота, NRST – норстиктовая, ATR – атранорин, ТНА – тамноловая, SQU – скваматовая. К - контроль.

тает характерной и географически изолированной в Японии. Но теперь эта хемораса обнаружена в Сибири. Учитывая, что сибирские образцы рода хемотаксономически не исследованы, возможно, в дальнейшем будут обнаружены другие популяции с подобным хемотипом.

5. *Usnea glabrata* (Ach.) Vain. – Нб. В образцах *U. glabrata* не обнаружено сердцевинных веществ, подобный хемотип встречается в Европе и Северной Америке (Randlane et al., 2009).

6. *Usnea glabrescens* (Nyl. ex Vain.) Vain. – С, Сб, Нб, Нв, Сел. В образцах выявлено 3 хемотипа: 1) с салациновой кислотой; 2) без вторичных метаболитов (рис.1 б); 3) один экземпляр с норстиктовой кислотой. Разные авторы отмечают, что первый хемотип широко распространен в Фенноскандии, второй только на востоке Фенноскандии (Halonen et al., 1999; Randlane et al., 2009). Хемотип с норстиктовой кислотой также нередкий.

7. *Usnea lapponica* Vain. – С, Сб, Нб, Нв, Сел. Среди образцов *U. lapponica* обнаружены хемотипы с салациновой кислоты и без веществ, выявляемых ТСХ; первый распространен в Европе, второй – как в Европе, так и в Северной Америке (Randlane et al., 2009). Среди изученных образцов в УУН преобладает второй хемотип (рис. 2).

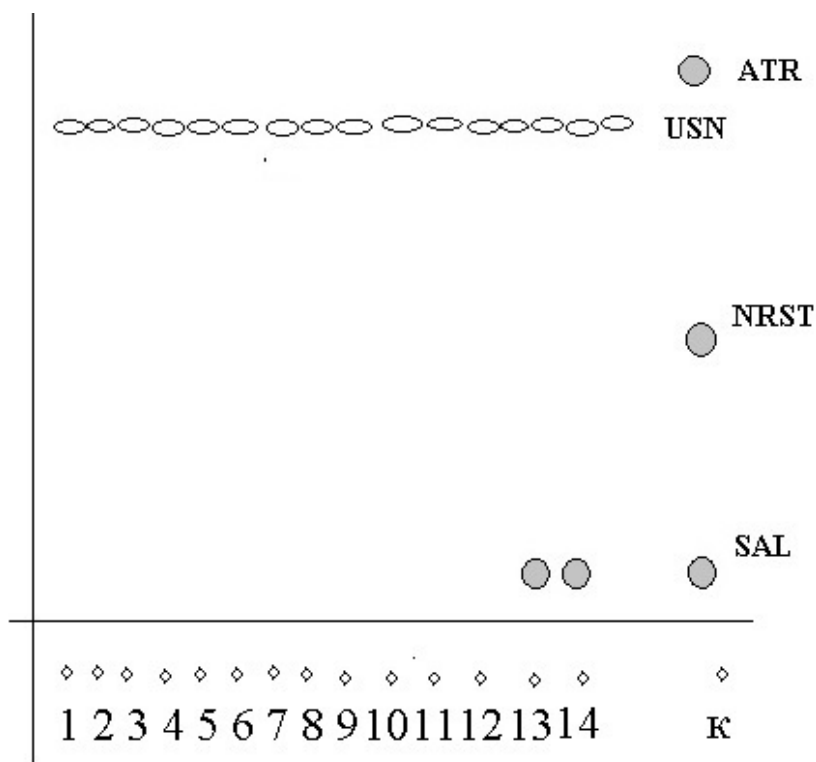


Рис. 2. Хроматограмма *U. lapponica*. Условные обозначения: SAL – салациновая кислота, NRST – норстиктовая, ATR – атранорин, ТНА – тамноловая, SQU – скваматовая. К - контроль.

8. *Usnea longissima* Ach. – С, Сб, Нб. В образце *U. longissima* из Баргузинского заповедника не выявлено сердцевинных веществ. В образце из Природного парка «Шумак» – обнаружены диффрактаевая и барбатовая кислоты.

9. *Usnea subfloridana* Stirt. – С, Сб, Нб, Нв, Сел. В образцах *U. subfloridana* обнаружено 5 хемотипов (рис. 3). Первые три – распространенные хемотипы: 1) со скваматовой и с тамноловой кислотой, 2) со скваматовой и 3) с тамноловой. Только со скваматовой кислотой – 1 экземпляр, собранный на склоне Тункинских гольцов (Восточный Саян), окрестности с. Тагархай. Данные хемотипы распространены в Европе и Северной Америке (Randlane et al., 2009; Halonen, 2000). В Японии выявлена 4-я хемораса с норстиктовой кислотой. Среди наших образцов также выявлен образец с норстиктовой кислотой (рис. 3), а также образцы без веществ, включая определенные Н. С. Голубковой. Пятый хемотип не содержащий в сердцевине вторичных метаболитов, указывался для Якутии (Gagarina et al., 2017).

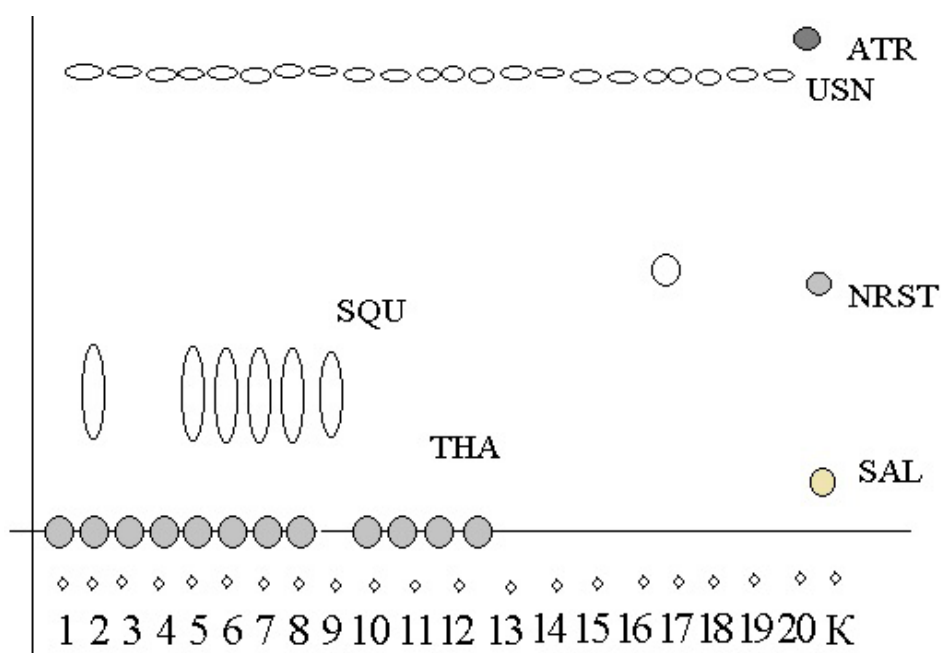


Рис. 3. Хроматограмма *U. subfloridana*. Условные обозначения: SAL – салициновая кислота, NRST – норстиктовая, ATR – атранорин, THA – тамноловая, SQU – скваматова. К - контроль.

В образцах *U. hirta* auct. не обнаружено жирных кислот. Таким образом, подтверждается предположение (Харпухаева, 2011), что в Бурятии данный вид не встречается, а образцы являются экологическими модификациями других видов. По анатомо-морфологическим признакам образцы *U. fulvoreagens* и *U. substerilis* были переопределены как *U. subfloridana* (Харпухаева, 2011). Анализ данных образцов подтвердил переопределения: у *U. fulvoreagens* auct. анализ не показал наличия веществ в сердцевине, а у образца *U. substerilis* auct. выявлено наличие тамноловой кислоты, характерной для *U. subfloridana*.

Закключение

Это первое системное изучение хемотипов видов рода *Usnea* в Бурятии, которое показало большое разнообразие. Большинство хемотипов относятся к широко распространенным в Голарктике. Содержание веществ в сердцевине варьирует. У многих видов выявлены хемотипы с отсутствием вторичных метаболитов и количество экземпляров с таким хемотипом превышает количество экземпляров с другими хемотипами, как например, у *U. lapponica*, *U. fragilescens*. Морфологические видоизменения («щетковидные») экземпляры не показали изменения состава вторичных метаболитов, по сравнению с хорошо развитыми экземплярами тех же видов.

Обнаружен редкий хемотип *Usnea fragilescens*, приводимый из Японии. По мнению некоторых авторов, разнообразие хемотипов указывает на вероятность интрогрессии и межвидовой гибридизации (Mark et al., 2016), а также географических рас, так различается содержание метаболитов в североевропейских, японских и восточноазиатских, североамериканских образцах (Halonen, 2000; Randlane et al., 2009; Ohmura, 2001). Например, при наличии пяти хемотипов у *U. subfloridana*: три из них распространены циркумполярно, а два встречаются в Японии и Якутии. В том числе хемотип *Usnea fragilescens* без химических веществ, описанный для Японии (Ohmura, 2001).

Благодарности. Исследования выполнены в рамках бюджетного проекта ИОЭБ СО РАН № АААА-А17-117011810036-3; ФАНО 0337-2016-0001.

ЛИТЕРАТУРА

Определитель растений Бурятии / Аненхонов О. А. и др. – Улан-Удэ, 2001. – 672 с.

Харнухаева Т. М. Виды рода *Usnea* (Parmeliaceae) в Республике Бурятия / Нов. сист. низш. раст. – СПб, М.: КМК, 2011. – Т. 45. – С. 257–267

Clerc P. Systematics of the *Usnea fragilescens* aggregate and its distribution in Scandinavia // Nordic J. Bot., 2007. – Vol. 7, № 4. – P. 479–495.

Gagarina L. V., Poryadina L. N., Chesnokov S. V., Konoreva L. A. The lichen genus *Usnea* Dill. ex Adans. in the Sakha Republic (Yakutia) // Botanica Pacifica. – 2017. 6(1). – P. 31–36.

Halonen P. Studies on the genus *Usnea* in East Fennoscandia and Pacific North America / Acta Universitatis Ouluensis, A Scientiae Rerum Naturalium Vol. 240. – 2000. – P. 1–29.

Halonen P., Myllys L., Ahti T., Petrova O. The lichen genus *Usnea* in East Fennoscandia. III. The shrubby species. // Ann. Bot. Fennici.– Helsinki, 1999. – Vol. 36. – P. 235–256.

Mark K., Saag, L., Leavitt, S.D., Will-Wolf, S., Nelsen, M.P., Tõrra, T., Saag, A., Randlane, T., Lumbsch, H.T. Evaluation of traditionally circumscribed species in the lichen-forming genus *Usnea*, section *Usnea* (Parmeliaceae, Ascomycota) using a six-locus dataset. – Organisms Diversity & Evolution, 2016. – Vol. 16. – P. 497–524.

Ohmura Y. Taxonomic study of the genus *Usnea* (lichenized Ascomycetes) in Japan and Taiwan // J. Hattori Bot. Lab, 2001. – № 90. – P. 1–96.

Orange A., James P. W., White F. J. Microchemical Methods for the Identification of Lichens // British Lichen Society, 2001. – 101 p.

Randlane, T., Tõrra, T., Saag, A., Saag, L. Key to European *Usnea* species. The Diversity of Lichenology: Jubilee, 2009. – Vol. 100 (100) – P. 419–462.