

УДК 581.526.42(571.513+571.52)

Дифференциация лесной растительности на границе биоклиматических секторов (западная часть Западного Саяна)

Н. И. Макунина^{1,2,3*}, О. Ю. Писаренко^{1,2,4}

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, г. Новосибирск, 630090, Россия

²Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова, 2, г. Новосибирск, 630090, Россия

³E-mail: natali.makunina@mail.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6908-8835>

⁴ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4108-4821>

* Автор для переписки

Ключевые слова: биоклиматическое районирование, высотная поясность, леса, Сибирь, флористическая классификация, эколого-фитоценотическая классификация.

Аннотация. Впервые выполнено детальное описание лесов северного и южного макросклонов западной части Западного Саяна и проанализированы выявленные различия.

Западный Саян представляет особый интерес для флористических и геоботанических исследований как основной ботанико-географический рубеж Алтае-Саянской горной страны. Северный макросклон Западного Саяна полностью расположен в гумидном секторе; на южном макросклоне условия различаются в разных частях: центральная и восточная части лежат в семигумидном секторе, а западная часть находится в «дождевой тени», в локальном аналоге семиаридного сектора. Леса на данной территории являются фоновой растительностью.

В основу работы положены 120 полных геоботанических описаний, выполненных авторами в 2019 г. по стандартной методике на пробных площадях 20 × 20 м. Пробные площади относительно равномерно распределены на 300-километровой трансекте, пересекающей северный и южный макросклоны в западной части Западного Саяна. В результате выявлено девять базовых единиц лесных сообществ, шесть из которых представляют высотно-зональные леса. Определено положение сообществ в системах эколого-фитоценотической и флористической классификаций. Описано и проанализировано высотное и пространственное распределение высотно-зональных лесов, уточнена схема высотной поясности; результаты проиллюстрированы графическими схемами.

Показано, что в западной части Западного Саяна северный и южный макросклоны различаются по высотным отметкам границ поясов и по набору лесных сообществ: шесть типов последовательно сменяют друг друга с севера на юг на отрезке в 300 км. Существование на изученной территории биоклиматического барьера отображается высоким иерархическим уровнем синтаксономических различий. В рамках эколого-фитоценотической классификации различия имеют ранг классов формаций (друг друга сменяют сообщества лиственных, темнохвойных и светлохвойных лесов); в рамках флористической классификации – ранг классов и порядков (друг друга сменяют сообщества *Brachypodio–Betuletea*, *Asaro–Abitetea*, *Rhytidio–Laricetea* и *Vaccinio–Piceetea*; а в рамках последнего *Ledo–Laricetalia* и *Lathyro–Laricetalia*).

Differentiation of forest vegetation across bioclimatic sector border (western part of the West Sayan Ridge)

N. I. Makunina^{1,2}, O. Yu. Pisarenko^{1,2}

¹ Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of RAS, Zolotodolinskaya str., 101,
Novosibirsk, 630090, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Pirogova str., 2, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Keywords: altitudinal zone, bioclimatic zoning, ecological-phytocenotic classification, floristic classification, forests, Siberia.

Summary. A detailed description of the forests of the northern and southern macroslopes of western part of the West Sayan Ridge has been performed and differences in their forest vegetation have been analyzed.

Along the West Sayan Ridge watershed, the important botanical and geographical boundary of the Altai-Sayan Mountains occurs. Its northern macroslope belongs to the humid bioclimatic sector; bioclimatic conditions throughout the southern macroslope vary in its different parts: the central and eastern parts are resided in the semihumid sector, while the western one is settled in the «rain shadow», where vegetation is similar to the semiarid sector one. The West Sayan background vegetation type is forest.

The work is based on 120 complete geobotanical relevés made by the authors in 2019 using standard methods on test plots of 20 × 20 m. These plots had been uniformly distributed on a 300-kilometer transect crossing the northern and southern macroslopes of West Sayan's western part. After all, 9 basic units of forest communities have been revealed, 6 of them are found to be altitudinal zone forests. These plant community positions in ecological-phytocenotic and floristic classification hierarchy have been ascertained. The altitudinal allocation and areas of altitudinal zone forests have been characterized and analyzed; the scheme of altitudinal zonation has been specified; the pictures in the text illustrate those results.

In West Sayan's western part, the northern and southern macroslopes are shown to have different altitudinal zone boundary marks and a different set of forest communities: six types of forests follow each other from north to south throughout 300 km. The significant hierarchical level of syntaxonomic differences of altitudinal zone forests on northern and southern macroslopes supports the presence of a bioclimatic barrier. In ecological-phytocenotic classification hierarchy these differences are reflected by the rank of classes of formations (deciduous, dark coniferous, and light coniferous forests substitute each other); in floristic classification hierarchy – the rank of classes (the forests of *Brachypodio–Betuletea*, *Asaro–Abitetea*, *Vaccinio–Piceetea*, and *Rhytidio–Laricetea* substitute each other from north to south).

Введение

Западный Саян – часть Алтае-Саянской горной страны, простирающаяся от Алтая до Восточного Саяна. Западный Саян имеет общую протяженность около 650 км, образован системой субширотно вытянутых хребтов; в западной, более возвышенной части, отдельные вершины превышают 3000 м над ур. м. На севере Западный Саян граничит с Минусинской котловиной, на юге – с Центрально-Тувинской и Турано-Уюкской котловинами.

Алтае-Саянская горная страна контрастна в отношении растительности; высотное распределение растительных сообществ в разных её частях существенно различается. Для объяснения существующих закономерностей в конце прошлого века была предложена концепция

биоклиматического районирования (Polikarpov et al., 1986); на сегодняшний день она выглядит следующим образом. В Алтае-Саянской горной стране различают четыре биоклиматических сектора: гумидный, семигумидный, семиаридный и аридный (рис. 1). Под биоклиматическим сектором понимают группу районов, характеризующихся одинаковым набором поясов, сходными значениями высотных границ поясов и сходными по флористическому составу сообществами, слагающими одинаковые высотные ступени. В центральной и восточной части горной страны секторы имеют субширотное простираение: с севера на юг друг друга сменяют гумидный, семигумидный, семиаридный и аридный секторы. В западной части ориентация биоклиматических секторов меняется на субдолготную: с запада на восток расположены гумидный, семигумидный,

семиаридный и аридный секторы. В пределах основных биоклиматических секторов расположены локальные биоклиматические районы, существование которых обусловлено проявлением эффектов «навстречного и подветренного макросклона» и «дождевой тени». Распределение «дождевых теней» на территории горной системы неравномерно. В западной части Алтае-Саянской горной страны – на Алтае – «дождевые тени» не выражены, поскольку субширотно расположенные хребты мало препятствуют проникновению влажных атлантических воздушных масс вглубь горной страны. В восточной же части с севера на юг сменяют друг друга серия долготно расположенных барьерных хребтов: Кузнецкий Алатау, Абаканский и Шапшальский хребты. В «дождевой тени» двух первых горных сооружений расположены Минусинские котловины, в «дождевой тени» последнего – Хемчикская котловина и прилегающая к ней часть южного макросклона Западного Саяна. К настоящему моменту для каждого биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной страны

построены общие колонки высотной поясности (Polikarpov et al., 1986; Makunina, 2016a, b). На современном этапе исследований на первый план выходит детализация общей картины: на конкретных участках горной системы предстоит выявить растительные сообщества, характеризующие каждый подпояс (высотно-поясные типы), и определить их ареалы. Полученные результаты позволят ответить на многие вопросы: где именно проходят биоклиматические рубежи, какую часть высотно-поясной колонки они охватывают и насколько сильно отличается растительность по разные их стороны. В этом плане актуальным представляется анализ растительности трансект, пересекающих уже обозначенные биоклиматические границы и установление различий растительности каждого из поясов, расположенных по ту и другую сторону биоклиматической границы. Наша работа направлена на решение этой проблемы на ключевом участке в западной части Западного Саяна; в качестве объекта для сравнения выбраны леса – фоновый тип растительности обоих макросклонов.

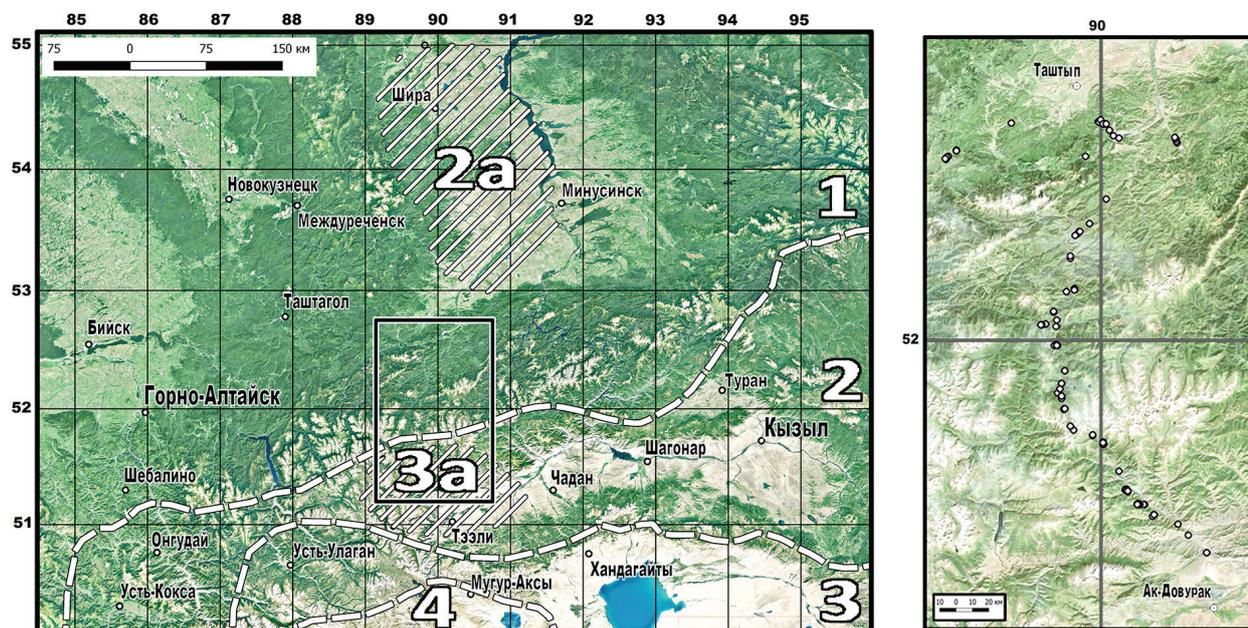


Рис. 1. Район исследований. Расположение на схеме биоклиматического районирования Алтае-Саянской горной страны (Makunina, 2016a, b).

Пунктирной линией обозначены границы биоклиматических секторов: 1 – гумидный сектор; 2 – семигумидный; 3 – семиаридный; 4 – аридный сектор. Штриховкой выделены обусловленные эффектом «дождевой тени» районы-аналоги секторов: 2а – аналог семигумидного сектора; 3а – аналог семиаридного сектора.

Изученная территория ограничена прямоугольником. На правой врезке кружками обозначены локалитеты геоботанических описаний.

Субширотно расположенный Западный Саян представляет собой крупный биоклиматический барьер Алтае-Саянской горной страны. Его се-

верный макросклон находится в гумидном секторе, центральная и восточная часть южного макросклона – в семигумидном (Polikarpov et al.,

1986). Отличия лесов гумидного и семигумидного секторов восточной части Западного Саяна описаны в ряде работ (Nazimova, 1968; Chytry et al., 2008). Западная часть южного макросклона Западного Саяна находится в «дождевой тени», что обуславливает существование здесь локального аналога семиаридного сектора (Makunina, 2016 a, b). Таким образом, северный макросклон расположен в гумидном секторе, а южный – в сопредельном, но существенно отличающемся («несоседнем») семиаридном секторе. Сравнительная характеристика лесов разных макросклонов западной части Западного Саяна ранее не проводилась.

Цель представляемой работы – на примере лесов оценить степень отличия растительности двух «несоседних» секторов: гумидного и семиаридного. Для ее решения мы поставили следующие задачи.

1. Выявить разнообразие лесных сообществ исследуемого района.

2. Охарактеризовать данные сообщества в рамках эколого-фитоценотической и флористической классификаций.

3. Определить высотно-зональные типы лесов, оценить степень различия их ценофлор и иерархический ранг различий в рамках обеих классификаций.

4. Проанализировать распределение высотных типов лесов и уточнить схему высотной поясности для северного и южного макросклонов.

5. Построить потенциальные ареалы высотно-зональных лесов, охарактеризовать их пространственное распределение.

Материалы и методы

В работе использовано 120 геоботанических описаний, выполненных авторами в июне 2019 г. на трансекте, пересекающей Западный Саян в западной его части. Трансекта общей протяженностью 300 км в основном следует вдоль автомобильной трассы Абаза – Ак-Довурак, соединяющей Таштыпский район Республики Хакасия и Барун-Хемчикский кожуун Республики Тыва. Геоботанические описания выполнены на пробных площадях 20 × 20 м по общепринятой методике; каждое описание сопровождалось точной географической привязкой, определенной посредством 12-канального GPS, и указанием крутизны и экспозиции склона. Описания равномерно распределены по всему высотному профилю (рис. 2).

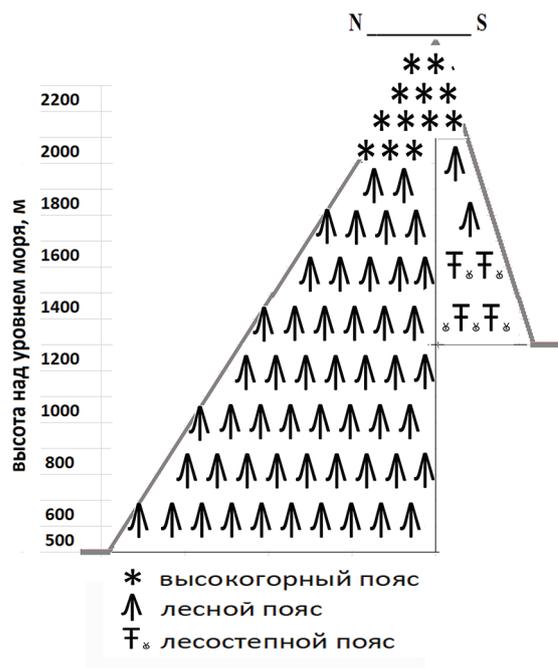


Рис. 2. Высотная поясность в западной части Западного Саяна.

Латинские названия сосудистых растений следуют сводке С. К. Черепанова (Czerepanov, 1995), мхов – чек-листу М. С. Игнатова с соавторами (Ignatov et al., 2006), лишайников – чек-листу Г. П. Урбанавичуса (Urbanavichus, 2010).

Классификация выполнена по методике Браун-Бланке (Westhoff, Maarel, 1973, 1978) с помощью пакетов программ MEGATAB и TWINSPAN (Hennekens, 1996). Выявленное разнообразие лесов представлено в двух классификационных системах: эколого-фитоценотической и флористической. В эколого-фитоценотической классификации содержание и объем единиц ниже ранга «тип растительности» не унифицированы и отличается у разных авторов. Мы взяли за основу схему, предложенную в разделе «Классификация растительности» монографии «Растительный покров Хакасии» (Rastitelnyy pokrov Khakasii, 1976). В рамках флористической классификации номенклатура синтаксонов соответствует «Международному кодексу фитоценологической номенклатуры» (Weber et al., 2000).

При выделении лесных подпоясов и определении их высотных границ мы опирались на данные о распространении высотно-зональных типов лесов – коренных лесов, занимающих пологие и средне-крутые склоны (ороплакоры). Каждому высотному подпоясу обычно соответствует один высотно-зональный тип лесов, ситуация, когда в пределах одного подпояса пред-

ставлены два высотно-зональных типа лесов, встречается реже.

Ценофлоры рассматриваемых лесных сообществ обнародованы на платформе GBIF (<https://www.gbif.org>). Уровень сходства-отличия ценофлор определен методом Уорда в программе PAST (Hammer, 2012).

Карта распределения высотно-зональных типов лесов построена на основе растров их потенциальных ареалов. Потенциальные ареалы рассчитаны в программе MaxEnt, входными данными послужили координаты описаний и организованный ранее (Макунина et al., 2020) набор растров с разрешением 90 м в пикселе: биоклиматические переменные BIOCLIM (19 растров), месячные средние температуры (12 растров), месячное количество осадков (12 растров), месячная солнечная радиация (12 растров), гипсометрические показатели (3 раstra: высота, экспозиция, крутизна), индексы NDVI (3 раstra:

май, июль, сентябрь). Графическое отображение результатов выполнено в программе NextGIS QGIS version 18.10.0.

Результаты

Схема высотной поясности для района исследований представлена на рисунке 2. На севере на высоте 400–500 м западная часть Западного Саяна граничит со степными ландшафтами Южно-Минусинской котловины; вдоль этой границы расположена узкая полоса лесостепи, не выраженная как отдельная высотная ступень; лесной пояс занимает высотный интервал в полторы тысячи метров, верхняя граница леса проходит на высоте 2000 м. На юге, на высоте 1200–1300 м, Западный Саян граничит с Хемчикской котловиной; нижняя часть южного макросклона имеет лесостепной облик, лесной пояс расположен на высотах 1700–2100 м.

Таблица 1

Схема эколого-фитоценотической классификации лесных сообществ западной части Западного Саяна

Тип растительности - ЛЕСА	Класс формаций:	Группа формаций:	Группа ассоциаций	№
	темнохвойные леса		темнохвойные травяные леса	Высокотравный кедрово-пихтовый лес	{1}
темнохвойные моховые леса			Зеленомошно-черничный кедровый лес	{2}
			Лишайниково-моховый кедровый лес	{3}
высокогорные редколесья			Субальпийский кедровый лес	{4}
светлохвойные леса		светлохвойные моховые леса	Зеленомошно-брусничный кедрово-лиственничный лес	{5}
		светлохвойные травяные леса	Остепненно-травяной лиственничный лес	{6}
			Остепненно-травяной сосновый лес	{7}
лиственные леса		мелколиственные травяные леса	Высокотравный смешанный лес	{8}

Лесной пояс изученной территории гетерогенен. На основе анализа флористического состава и особенностей экологии мы выявили 9 базовых единиц лесных сообществ (далее их номера заключены в фигурные скобки) и определили место этих единиц в двух основных классификационных системах: эколого-фитоценотической (табл. 1) и флористической (табл. 2). Базовые единицы лесных сообществ хорошо сопоставимы в обеих классификациях, однако сравнение единиц более высокого ранга невозможно, поскольку в основу классификационных построений положены разные принципы.

В рамках эколого-фитоценотической классификации (табл. 1) выявленные единицы соответствуют восьми группам ассоциаций, относящимся к трем классам формаций лесного типа растительности (тип растительности – высшая иерархическая единица эколого-фитоценотической классификации). В системе флористической классификации (табл. 2) выделенные единицы соответствуют девяти ассоциациям из 5 классов (класс – высшая иерархическая единица флористической классификации).

Таблица 2

Продромус лесных сообществ западной части Западного Саяна

Синтаксон	№
Класс <i>Asaro europaei–Abietetea sibiricae</i> Ermakov, Mucina et Zhitlukhina 2016 Порядок <i>Abietetalia sibiricae</i> (Ermakov in Ermakov et al. 2000) Ermakov 2006 Союз <i>Milio effusi–Abietion sibiricae</i> Zhitlukhina ex Ermakov et al. 2000 • Асс. <i>Larici sibiricae–Abietetum sibiricae</i> Ermakov 2014 • Асс. <i>Saussureo latifoliae–Abietetum sibiricae</i> Ermakov 2013	{1a} {1b}
Класс <i>Vaccinio-Piceetea</i> Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939 Порядок <i>Ledo palustris–Laricetalia gmelinii</i> Ermakov in Ermakov et Alsynbayev 2004 Союз <i>Pino sibiricae–Laricion sibiricae</i> Ermakov in Ermakov et Alsynbayev 2004 • Асс. <i>Carici iljinii–Pinetum sibiricae</i> Ermakov 2014 • Асс. <i>Carici iljinii–Pinetum sibiricae</i> var. <i>Betula rotundifolia</i> Ermakov 2014	{2} {3}
Порядок <i>Lathyro humilis–Laricetalia cajanderi</i> Ermakov, Cherosov et Gogoleva 2002 Союз <i>Rhododendro daurici–Laricion gmelinii</i> Ermakov, Cherosov et Gogoleva 2002 • Асс. <i>Aegopodio alpestris–Laricetum sibiricae</i> Makunina 2020	{5}
Класс <i>Mulgedio–Aconitetea</i> Hadac et Klika in Klika et Hadac 1944 Порядок <i>Trollio–Crepidetalia sibiricae</i> Guinochet ex Chytry et al. 1993 Союз <i>Aconito pascoi–Geranion albiflori</i> Zhitlukhina et Onishchenko ex Ermakov et al. 2000 • Асс. <i>Doronic altaici–Pinetum sibiricae</i> Zhitlukhina et Alimbekova 1987 nom. nud.	{4}
Класс <i>Rhytidio rugosi–Laricetea sibiricae</i> Korotkov et Ermakov 1999 Порядок <i>Carici pediformis–Laricetalia sibiricae</i> Ermakov in Ermakov et al. 1991 Союз <i>Carici pediformis–Laricion sibiricae</i> Ermakov in Ermakov et al. 1991 • Асс. <i>Anemono sylvestris–Laricetum sibiricae</i> Ermakov 1995	{6}
Класс <i>Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae</i> Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991 Порядок <i>Carici macrourae–Pinetalia sylvestris</i> Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991 Союз <i>Vicio unijugae–Pinion sylvestris</i> Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991 • Асс. <i>Anemonoido caeruleae–Pinetum sylvestris</i> Ermakov 2000 • Асс. <i>Adenophoro lamarcki–Laricetum sibiricae</i> Ermakov 2000	{8} {7}

Ниже приведено краткое описание базовых единиц лесных сообществ.

Высокотравный кедрово-пихтовый лес = асс. *Larici sibiricae–Abietetum sibiricae* {1a}. В начале XX в. высокотравные темнохвойные леса определяли облик горных ландшафтов в нижней части лесного пояса северного макросклона Западного Саяна. К настоящему времени они практически вырублены, сохранились лишь небольшие их участки. В древостое господствует пихта (*Abies sibirica* Ledeb.), несколько меньше кедр (*Pinus sibirica* Du Tour), единично встречаются береза (*Betula pendula* Roth) и ель (*Picea obovata* Ledeb.). В подлеске постоянны *Lonicera altaica* Pall., *Padus avium* Mill., *Rubus idaeus* L., *Sorbus sibirica* Hedl. и *Spiraea chamaedrifolia* L. Верхний подъярус в травостое образуют *Calamagrosis obtusata* Trin., высокотравье (*Aconitum septentrionale* Koelle) и папоротники (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurata), нижний – разнотравье таежное (*Linnaea borealis* L., *Trientalis europaea* L.)

и горное (*Aegopodium alpestre* Ledeb., *Cruciata krylovii* Iljin). На валеже почти сплошной моховой покров из *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.

Высокотравный кедрово-пихтовый лес = асс. *Saussureo latifoliae–Abietetum sibiricae* {1b}. Эти леса отмечены в долинах рек на северном макросклоне. Как и в лесах предыдущей ассоциации, в древостое господствует пихта, несколько меньше обилие кедр. В подлеске обычны *Lonicera altaica*, *Sorbus sibirica*, *Ribes atropurpureum* C. A. Mey. Травостой физиономически схож с травостоем предыдущей ассоциации, его облик также определяет высокотравье; основное отличие заключается в постоянном присутствии видов, индицирующих повышенное проточное увлажнение: *Allium microdictyon* Prokh., *Caltha palustris* L., *Equisetum sylvaticum* L. Кроме того, в составе высокотравья встречаются *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill, *Crepis lyrata* (L.) Froel., *Euphorbia pilosa* L., *Saussurea latifolia*

Ledeb., не характерные для лесов предыдущей ассоциации.

Зеленомошно-черничный кедровый лес = асс. *Carici iljinii–Pinetum sibiricae* {2}. Коренной тип на северном макросклоне в средней части лесного пояса. Физиономически сообщества соответствуют облику бореальной темнохвойной тайги. В древостое обычно доминирует кедр, реже встречаются лиственница (*Larix sibirica* Ledeb.) и ель. В кустарниковом ярусе обильны *Ledum palustre* L. и *Lonicera altaica*. Основу травостоя создают таежные осоки (*Carex iljinii* V. I. Krecz., *C. globularis* L.), кустарнички и травы с кожистыми листьями (*Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Linnaea borealis*, *Pyrola incarnata* (DC.) Freyn). В сплошном моховом покрове повсеместно господствуют таежные виды (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* Hedw.), регулярно встречаются сфагновые подушки из *Sphagnum fuscum* (Schimp.) H. Klinggr., *S. girgensohnii* Russow, *S. warnstorffii* Russow.

Лишайниково-моховый кедровый лес = асс. *Carici iljinii–Pinetum sibiricae* var. *Betula rotundifolia* {3}. Эти леса преобладают в верхней части лесного пояса как на северном, так и на южном макросклоне Западного Саяна. В типичном виде древостой чисто кедровый. Недостаток тепла влечет за собой разреженность и низкорослость деревьев: высота составляет 10–14 м, сомкнутость 0,4. В кустарниковом ярусе безраздельно господствует *Betula rotundifolia* Sprach, образующая отдельные обширные куртины или сплошной покров. Разреженный травяно-кустарниковый ярус представлен единичными латками *Vaccinium myrtillus*, *Empetrum nigrum* L. и отдельными побегами *Carex iljinii*, *Festuca sphagnicola* B. Keller. Мощный мохово-лишайниковый ярус сложен *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*, *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot., *C. rangiferina* (L.) F. H. Wigg., *C. stellaris* (Opiz.) Pouzar et Vezda.

Субальпийский кедровый лес = асс. *Doronico altaici–Pinetum sibiricae* {4}. Небольшие массивы этих лесов встречаются в верхней части лесного пояса близ мест временных водотоков. Древостой невысокий (высота 6–8 м), разреженный (средняя сомкнутость 0,3), сложен преимущественно кедром. Кустарниковый ярус с проективным покрытием 20–40 % образован *Salix glauca* L. и *Betula rotundifolia*. Травостой богатый и гетерогенный: доминирует субальпийское высокотравье (*Aconitum septentrionale*,

Geranium albiflorum Ledeb.), стабильна группа таежных видов (*Vaccinium myrtillus*, *Carex iljinii*, *Stellaria bungeana* Fenzl), группа высокогорных видов варьирует от описания к описанию (*Doronicum altaicum* Pall., *Lagotis integrifolia* (Willd.) Schischk. и др.).

Зеленомошно-брусничный кедрово-лиственничный лес = асс. *Aegopodio alpestri–Laricetum sibiricae* {5}. Эти леса определяют облик лесного пояса южного макросклона Западного Саяна. Древостой сложен лиственницей сибирской с постоянной примесью кедра. В кустарниковом ярусе обычны *Lonicera altaica*, *Spiraea chamaedrifolia*, доминирует *Rhododendron dauricum* L. В травяно-кустарниковом ярусе преобладают таежные виды (*Linnaea borealis*, *Vaccinium vitis-idaea*), постоянно присутствуют горные (*Aegopodium alpestre*) и высокогорные (*Festuca sphagnicola*, *Bistorta vivipara* (L.) Gray, *Saussurea alpina* (L.) DC.) виды. В сомкнутом моховом покрове доминируют *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*.

Остепненно-травяной лиственничный лес = асс. *Anemono sylvestris–Laricetum sibiricae* {6}. Являются лесным компонентом в лесостепном поясе на южном макросклоне Западного Саяна. Древесный ярус образован исключительно лиственницей. Кустарниковый ярус слагают *Caragana arborescens* Lam. и *Spiraea chamaedrifolia*. В травостое преобладают лугово-степные виды (*Artemisia tanacetifolia* L., *Iris ruthenica* Ker Gawl., *Pulsatilla patens* (L.) Mill.). Покрытие мхов сильно варьирует, основные его доминанты – *Abietinella abietina* (Hedw.) M. Fleisch. и *Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb.

Остепненно-травяной сосновый лес = асс. *Adenophoro lamarcki–Laricetum sibiricae* {7}. Экстразональные леса, встречающиеся на световых крутых каменистых склонах в нижней части лесного пояса северного макросклона Западного Саяна. Древесный ярус образован сосной, лиственницей и березой, обычно доминирует сосна. Хорошо развитый кустарниковый ярус состоит из *Spiraea chamaedrifolia*, *Caragana arborescens*, *C. frutex* (L.) K. Koch. Травостой сложен бетулярными (*Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Carex macroura* Meinsh., *Rubus saxatilis* L.) и лугово-степными (*Aconitum barbatum* Pers., *Phlomooides tuberosa* (L.) Moench) видами. Горную специфику подчеркивают *Cimicifuga foetida* L., *Cruciata krylovii*. Моховой ярус не выражен.

Высокотравный смешанный лес = асс.

***Anemonoido caeruleae–Pinetum sylvestris* {8}**. Эти леса широко распространены в нижней части лесного пояса северного макросклона Западного Саяна. В их древостое содоминируют сосна (*Pinus sylvestris* L.), береза, пихта и кедр, береза обычно преобладает. Негустой кустарниковый ярус образуют *Spiraea chamaedrifolia*, *Sorbus sibirica*, *Padus avium*. Травяной покров сложен бетулярными видами (*Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis arundinacea*, *Carex macroura*, *Rubus saxatilis*) и высокотравьем (*Aconitum septentrionale*, *Polemonium coeruleum* L.). Горную специфику подчеркивают *Aegopodium alpestre*, *Cruciata krylovii*. Моховой ярус не выражен.

Обсуждение

Вдоль трансекты длиной 300 км, пересекающей северный и южный макросклоны Западного Саяна, мы зафиксировали 9 базовых типов лесных сообществ, из них 3 занимают незональные местообитания. Далее мы сосредоточимся на характеристике высотно-зональных лесов – коренных лесов, приуроченных к ороплакорам (пологим склонам и склонам средней крутизны). Таковыми являются шесть базовых единиц – {1a}, {2}, {3}, {5}, {6}, {8}.

Картина распределения зонально-поясных лесов по высотному профилю выглядит следующим образом (рис. 3). Верхнюю часть лесного пояса на обоих макросклонах образует один и тот же тип лесных сообществ – лишайниково-моховый кедровый лес {3}. Ниже леса северного и южного макросклонов кардинально отличаются. На северном макросклоне при движении вниз кедровые лишайниково-моховые леса сменяются зеленомошно-черничными {2}, затем – высокотравными кедрово-пихтовыми лесами {1a}, затем – высокотравными смешанными лесами {8}. На южном макросклоне при движении вниз лишайниково-моховые кедровые леса {3} сменяются зеленомошно-брусничными кедрово-лиственничными {5}, затем – остепненно-травяными лиственничными лесами {6}. Эта картина отражает несходство типологического состава и высотно-поясного распределения типов лесных сообществ на разных макросклонах, что косвенно подтверждает существование биоклиматического рубежа, разделяющего северный и южный макросклоны.

Насколько же флористически отличаются высотно-зональные леса северного и южного макросклонов? Для ответа на этот вопрос для каж-

дого высотно-зонального типа был сформирован список видов (Makunina, Pisarenko, 2021a–f); наиболее постоянные виды представлены в таблице 3.

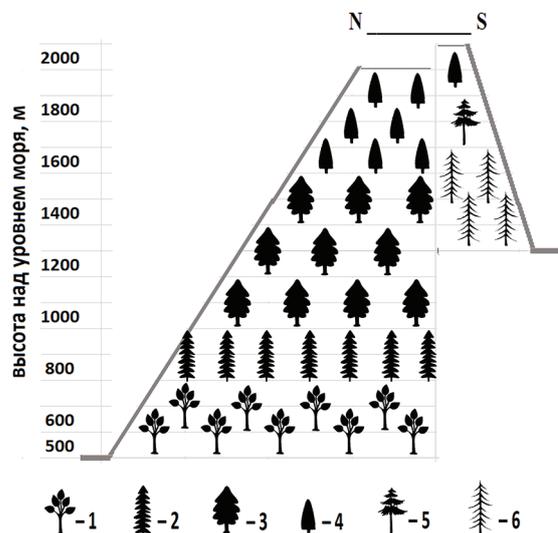


Рис. 3. Распределение лесов по высотному профилю в западной части Западного Саяна.

Обозначения: 1 – высокотравный смешанный; 2 – высокотравный кедрово-пихтовый; 3 – зеленомошно-черничный кедровый; 4 – лишайниково-моховый кедровый; 5 – зеленомошно-брусничный кедрово-лиственничный; 6 – остепненно-травяной лиственничный.

Кластерный анализ ценофлор (рис. 4) показал, что наиболее флористически обособлена группа высокотравных смешанных {8} и высокотравных темнохвойных лесов {1a}, занимающих нижнюю высотную ступень (500–1000 м) в лесном поясе северного макросклона Западного Саяна. Сходство этих сообществ между собой и отличие от остальных обусловлено обширным блоком видов, среди которых: крупные кустарники (*Padus avium*, *Sorbus sibirica*), высокотравье (*Calamagrostis obtusata*, *Milium effusum* L., *Aconitum septentrionale*, *Lathyrus gmelinii* Fritsch), лесные умброфиты (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Paris quadrifolia* L.), папоротники (*Athyrium filix-femina*, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman), а также *Carex macroura* и *Cruciata krylovii*. В системе Браун-Бланке эти сообщества относятся к классам ***Brachypodio–Betuletea*** {8} и ***Asaro–Abietetea*** {1a}. Во втором кластере наибольшим своеобразием характеризуются остепненно-травяные лиственничные леса {6} (класс ***Rhytidio–Laricetea***), занимающие нижнюю высотную ступень (1300–1700 м) на южном макро-

склоне Западного Саяна. Специфику придает присутствие лугово-степных видов (*Artemisia tanacetifolia*, *Aster alpinus* L., *Coluria geoides* (Pall.) Ledeb., *Elymus gmelinii* (Ledeb.) Tzvel., *Galium verum* L., *Thalictrum foetidum* L.) и наличие в моховом ярусе *Abietinella abietina*. Остальные леса ({2}, {3}, {5}) объединяет доминирование кедра, немногочисленный блок таежных видов (*Calamagrostis langsdorffii*, *Carex iljinii*,

Lonicera altaica, *Vaccinium vitis-idaea*) и хорошо развитый моховой покров из *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*; эти сообщества относятся к классу *Vaccinio-Piceetea*.

Значительность отличий лесов северного и южного макросклонов иллюстрируется высоким рангом классификационных единиц лесов в обеих использованных нами классификациях (рис. 5, 6).

Таблица 3

Постоянные виды ценофлор высотно-зональных лесов (включены виды, имеющие постоянство III и более хотя бы в одном синтаксоне)

Номера синтаксонов	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{8}
Число описаний	27	15	7	7	14	15
Деревья						
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	V	I	.	.	.	IV
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	IV	II	I	.	.	II
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	V	V	V	.	III	IV
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	II	II	I	V	V	II
<i>Pinus sylvestris</i> L.	I	.	.	.	.	III
<i>Betula pendula</i> Roth	V	IV	.	.	.	IV
Кустарники						
<i>Lonicera altaica</i> Pall.	IV	IV	III	.	V	II
<i>Padus avium</i> Mill.	III	.	.	.	.	IV
<i>Ribes atropurpureum</i> C. A. Mey.	III	.	.	.	.	II
<i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	IV	I	.	.	.	IV
<i>Spiraea chamaedrifolia</i> L.	V	I	.	V	II	IV
<i>Ledum palustre</i> L.	I	V	I	.	II	.
<i>Betula rotundifolia</i> Spach	.	.	V	.	.	.
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	I	.	.	V	I	II
<i>Rhododendron dauricum</i> L.	I	I	.	I	IV	I
Кустарнички и травы						
<i>Calamagrostis langsdorffii</i> (Link) Trin.	IV	IV	III	I	V	II
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	III	V	V	I	V	II
<i>Poa sibirica</i> Roshev.	IV	I	I	IV	V	IV
<i>Carex iljinii</i> V. I. Krecz.	III	V	V	.	III	.
<i>Stellaria bungeana</i> Fenzl	V	I	.	I	V	V
<i>Cerastium pauciflorum</i> Steven ex Ser.	V	I	.	I	IV	IV
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	IV	I	I	.	V	V
<i>Linnaea borealis</i> L.	IV	III	.	.	IV	I
<i>Pyrola incarnata</i> (DC.) Freyn	III	I	.	.	III	I
<i>Lilium pilosiusculum</i> (Freyn) Misch.	III	.	.	III	III	III
<i>Cruciata krylovii</i> (Iljin) Pobed.	V	.	.	.	.	V
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	V	I	.	.	.	V
<i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	V	I	.	.	.	III
<i>Calamagrostis obtusata</i> Trin.	V	I	.	.	II	V
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	IV	I	.	.	II	III
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt	IV	.	.	.	.	V
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	IV	.	.	.	.	III
<i>Oxalis acetosella</i> L.	IV	.	.	.	.	II
<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	III	.	.	.	.	V
<i>Paris quadrifolia</i> L.	III	.	.	.	.	III
<i>Thalictrum minus</i> L.	III	.	.	II	I	IV

Таблица 3 (продолжение)

Номера синтаксонов	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{8}
Число описаний	27	15	7	7	14	15
<i>Populus tremula</i> L.	III	.	.	.	.	III
<i>Milium effusum</i> L.	III	.	.	.	.	III
<i>Lathyrus gmelinii</i> Fritsch	III	.	.	.	.	V
<i>Trientalis europaea</i> L.	III	III	.	.	.	I
<i>Carex globularis</i> L.	.	IV	II	.	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	I	III	IV	.	.	II
<i>Empetrum nigrum</i> L.	.	.	III	.	.	.
<i>Festuca ovina</i> L.	.	.	III	II	III	.
<i>Vicia cracca</i> L.	I	.	.	IV	IV	III
<i>Carex pediformis</i> C. A. Mey.	.	.	I	III	III	.
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	I	.	.	V	.	I
<i>Galium verum</i> Pall.	.	.	.	V	.	I
<i>Geranium transbaicalicum</i> Serg.	.	.	.	V	.	.
<i>Thalictrum foetidum</i> L.	.	.	.	IV	.	.
<i>Coluria geoides</i> (Pall.) Ledeb.	.	.	.	IV	.	.
<i>Artemisia tanacetifolia</i> L.	.	.	.	IV	.	.
<i>Elymus gmelinii</i> (Ledeb.) Tzvelev	.	.	.	IV	.	.
<i>Aster alpinus</i> L.	.	.	.	IV	.	.
<i>Schizonepeta multifida</i> (L.) Briq.	.	.	.	III	.	.
<i>Polygala comosa</i> Schkuhr	I	.	I	III	.	.
<i>Phlomoidea tuberosa</i> (L.) Moench	.	.	.	III	.	I
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	.	.	.	III	II	I
<i>Adenophora lamarckii</i> Fisch.	I	.	.	III	.	I
<i>Peucedanum vaginatum</i> Ledeb.	.	.	.	III	I	.
<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	.	.	.	III	I	.
<i>Artemisia santolinifolia</i> Turcz. ex Besser	.	.	.	III	.	.
<i>Poa transbaicalica</i> Roshev.	.	.	.	III	.	.
<i>Bromopsis pumpelliana</i> (Scribn.) Holub	.	.	.	III	.	.
<i>Carex amgunensis</i> F. Schmidt	.	.	.	III	.	.
<i>Gentiana macrophylla</i> Ledeb.	.	.	.	III	.	.
<i>Myosotis imitata</i> Serg.	.	.	.	III	.	.
<i>Veratrum nigrum</i> L.	.	.	.	III	.	.
<i>Veronica incana</i> L.	.	.	.	III	.	.
<i>Saussurea alpina</i> (L.) DC.	I	.	.	.	IV	.
<i>Bistorta vivipara</i> (L.) Gray	.	.	I	.	IV	.
<i>Atragene sibirica</i> L.	I	I	.	.	III	II
<i>Paeonia anomala</i> L.	II	I	.	I	III	II
<i>Cimicifuga foetida</i> L.	I	.	.	I	III	III
<i>Galium boreale</i> L.	I	.	.	II	III	III
<i>Polemonium coeruleum</i> L.	I	.	.	.	III	III
<i>Aquilegia sibirica</i> Lam.	.	.	.	.	III	I
<i>Lathyrus frolovii</i> Rupr.	I	.	.	.	.	V
<i>Crepis sibirica</i> L.	.	.	.	.	.	V
<i>Viola uniflora</i> L.	II	.	.	.	.	IV
<i>Heracleum dissectum</i> Ledeb.	II	.	.	.	I	IV
<i>Rubus saxatilis</i> L.	II	.	.	.	.	IV
<i>Euphorbia pilosa</i> L.	I	.	.	.	.	IV
<i>Angelica sylvestris</i> L.	I	.	.	.	.	IV
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	I	.	.	.	.	IV
<i>Pulmonaria mollis</i> Wulfen ex Hornem.	II	.	.	.	.	III
<i>Ranunculus grandifolius</i> C. A. Mey.	I	.	.	.	II	III
<i>Aconitum volubile</i> Pall. ex Koelle	I	.	.	.	II	III

Таблица 3 (окончание)

Номера синтаксонов	{1}	{2}	{3}	{5}	{6}	{8}
Число описаний	27	15	7	7	14	15
<i>Vicia sepium</i> L.	I	.	.	I	.	III
<i>Fragaria vesca</i> L.	I	.	.	.	.	III
<i>Pleurospermum uralense</i> Hoffm.	I	.	.	.	.	III
Мхи и лишайники						
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	V	V	V	.	IV	III
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	V	IV	III	I	V	II
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	IV	.	.	.	II	III
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	IV	II	.	.	II	II
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	II	V	III	.	.	I
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	.	I	III	.	I	.
<i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.	.	I	III	.	.	.
<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz.) Pouzar et Vezda	.	II	V	.	.	.
<i>Cladonia rangiferina</i> (L.) F. H. Wigg.	.	I	V	.	I	.
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	I	I	III	.	II	I
<i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	.	I	III	.	.	.
<i>Entodon concinnus</i> (De Not.) Par.	.	.	.	III	.	I
<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M. Fleisch.	.	.	.	IV	I	.
<i>Rhytidium rugosum</i> (Hedw.) Kindb.	.	.	.	IV	III	.
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	.	I	.	.	III	.
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwaegr.	.	.	I	.	III	.

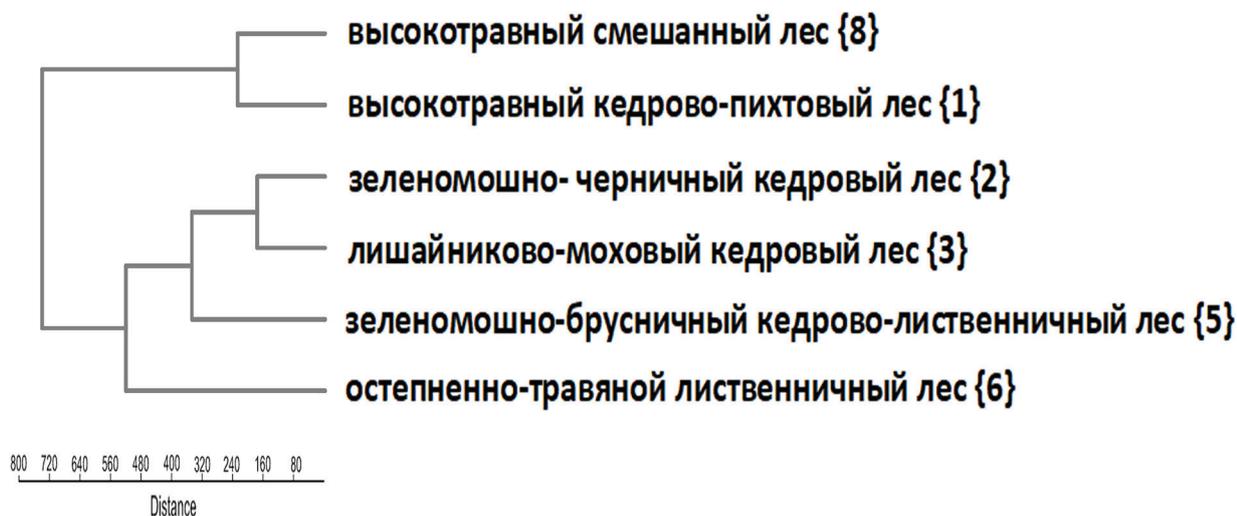


Рис. 4. Дендрограмма сходства ценофлор высотных лесов (метод Уорда).
В фигурных скобках указана принятая в тексте нумерация базовых единиц лесных сообществ.

С точки зрения **эколого-фитоценологической классификации**, леса северного и южного макросклона относятся к разным классам формаций (рис. 5), второй по рангу единице. На северном макросклоне леса представляют два класса формаций: **лиственничных** и **темнохвойных лесов**. На южном макросклоне в высотном диапазоне 1300–1900 м представлены только **светлохвойные леса**. С точки зрения **флористической**

классификации различие лесов двух макросклонов прослеживается на высших иерархических уровнях – рангах **порядков и классов** (рис. 6). На северном макросклоне по мере увеличения высоты сменяют друг друга леса классов *Brachypodio–Betuletea* (500–800 м), *Asaro–Abietetea* (800–1000 м) и *Vaccinio–Piceetea* (порядок *Ledo–Laricetalia*) (1000–2000 м). На южном макросклоне по мере продвижения от

подножия к его вершине леса класса *Rhytidio-Laricetea* (1300–1700 м) уступают место лесам класса *Vaccinio-Piceetea*, в рамках последнего сменяются сообщества двух порядков – *Lathyro-Laricetalia* (1700–1900 м) и *Ledo-Laricetalia* (1900–2100 м). Таким образом, при общем высоком ранге различий лесов северного и западного макросклонов эти различия увеличиваются по мере удаления от осевой части хребта и приближения к подножиям макросклонов. Данная закономерность подтверждает справедливость проведения биоклиматической границы по водоразделу Западного Саяна.

Пространственное распределение высотнo-зональных типов лесов в западной части Западного Саяна было визуализировано с помощью построения их потенциальных ареалов (рис. 7). Для каждого высотнo-зонального типа лесов был рассчитан растр, каждая точка которого обозначает вероятность нахождения в нем данного типа сообществ. Полученная картосхема подкрепляет представленную выше описательную модель дифференциации размещения сообществ. На схеме хорошо видно, что в широтном направлении на отрезке в 300 км последовательно сменяют друг друга шесть типов лесных сообществ (рис. 7). В привершинной части на северном и южном макросклонах леса одинаковы, ниже наборы сообществ различны, причем их потенциальные ареалы практически не проникают на противоположные макросклоны.

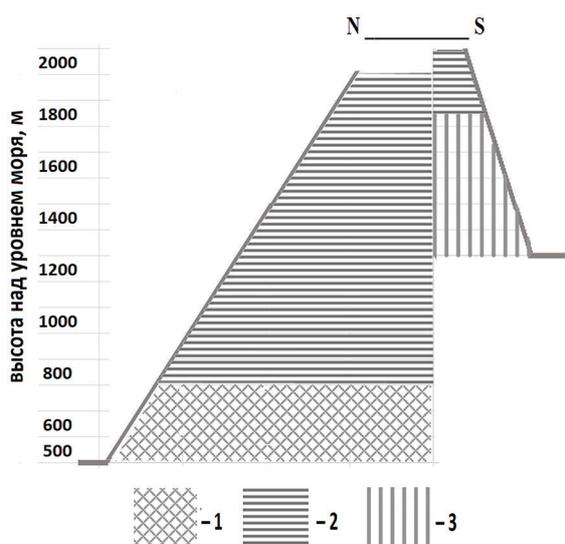


Рис. 5. Распределение лесных классов формаций (эколого-фитоценологическая классификация) по высотному профилю в западной части Западного Саяна. Классы формаций: 1 – лиственные леса; 2 – темнохвойные леса; 3 – светлохвойные леса.

На основе проведенных исследований мы составили следующую схему высотной поясности:

Северный макросклон. В **подтаежном подпоясе** (500–800 м) фон создают смешанные высокоотравные леса, на световых склонах их сменяют остепненно-травяные лиственнично-сосновые леса. Высотный диапазон от 800 до 1600 м занимает **темнохвойный горно-таежный** подпояс. В нижней его части (800–1000 м) коренными являются высокоотравные кедрово-пихтовые леса, на крутых южных склонах встречаются небольшие участки остепненно-травяных лиственнично-сосновых лесов; в верхней части (1000–1600 м) господствуют зеленомошные кедровые леса (коренной тип – зеленомошно-черничный кедровый лес). **Темнохвойный подгольцово-таежный подпояс** лежит на высотах 1600–2000 м; фон образуют лишайниково-моховые кедровые леса, по долинам водотоков отмечены субальпийские кедровые леса. Выше 2000 м расположен высокогорный пояс.

Южный макросклон. Территорию до 1300 м относят к Хемчикской котловине, выше 1300 м – к южному макросклону Западного Саяна. Закономерное сочетание степных и лесных сообществ **лесостепного пояса** начинается с высоты 1300 м. В нижней его части (1300–1500 м) леса встречаются только на северных склонах (коренной тип – остепненно-травяной лиственничный лес). Склоны световых экспозиций покрыты луговыми и стоповидноосоково-дерновиннозлаковыми

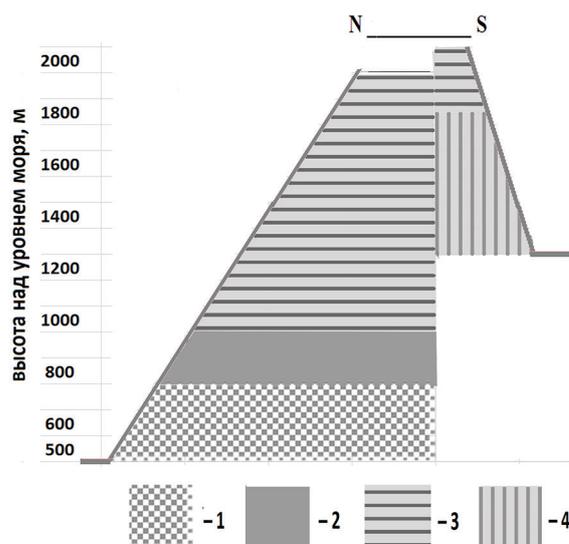


Рис. 6. Распределение лесных классов (флористическая классификация) по высотному профилю в западной части Западного Саяна. Классы: 1 – *Brachypodio-Betuletea*; 2 – *Asaro-Abietetea*; 3 – *Vaccinio-Piceetea*; 4 – *Rhytidio-Laricetea*.

степями. Выше 1500 м структура растительного покрова меняется. На северные склоны из лесного пояса проникают бруснично-зеленомошные кедрово-лиственничные леса, а лесостепной комплекс (остепенно-травяные лиственничные леса в сочетании со стоповидноосоково-дерновиннозлаковыми степями) смещается на световые склоны. **Светлохвойный горно-таежный подпояс** занимает полосу от 1700 до 1900 м (коренной тип – зеленомошно-брусничный кедрово-лиственничный лес). В подгольцово-таежном подпоясе (1900–2100 м) преобладают лишайниково-моховые кедровые леса.

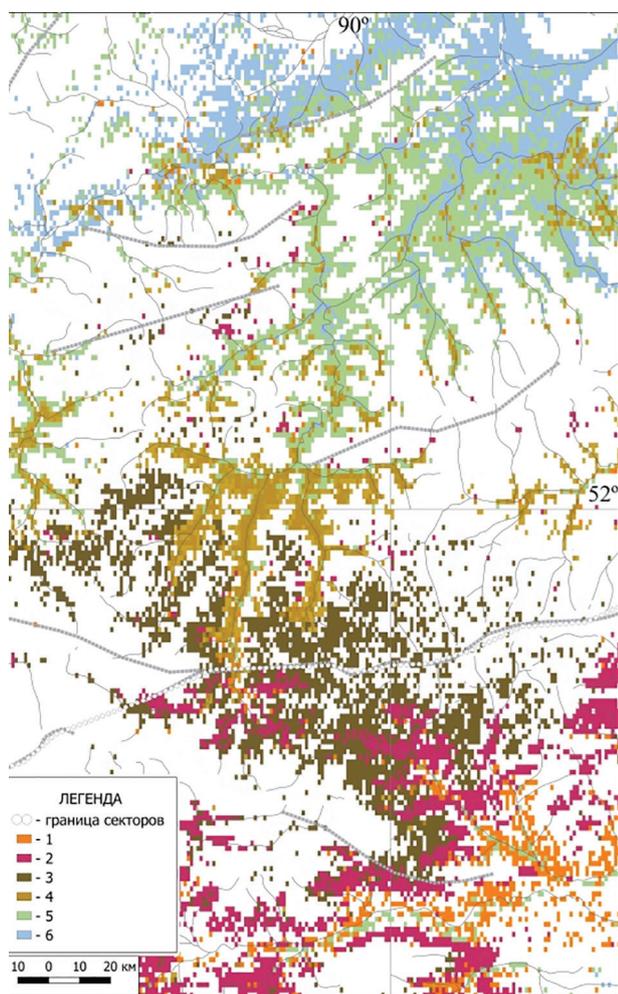


Рис. 7. Потенциальные ареалы высотно-зональных типов лесов в западной части Западного Саяна. Цветом окрашены пиксели, где вероятность нахождения лесов данного типа превышает 0,5–0,7 (нижняя граница вероятности зависит от количества конкретных геоботанических описаний данного типа лесных сообществ). Обозначения: 1 – постепенно-травяной лиственничный лес; 2 – зеленомошно-брусничный кедрово-лиственничный лес; 3 – лишайниково-моховый кедровый лес; 4 – зеленомошно-черничный кедровый лес; 5 – высокотравный кедрово-пихтовый лес; 6 – высокотравный смешанный лес.

Заключение

Таким образом, северный и южный макросклоны западной части Западного Саяна характеризуются разным составом высотно-зональных лесов, разными высотными отметками границ поясов. Этот факт подтверждает отнесение макросклонов к разным биоклиматическим секторам. На северном макросклоне лесной пояс простирается от основания (500 м) до приводораздельной полосы (2000 м). Нижнюю часть южного макросклона (1300–1700 м) занимает лесостепной пояс, верхнюю (1700–2100 м) – лесной пояс.

Разнообразие лесов на обоих макросклонах составляет 9 базовых единиц, представляющих 8 групп ассоциаций эколого-фитоценотической классификации или 9 ассоциаций флористической классификации. Шесть из девяти рассмотренных базовых единиц лесных сообществ характеризуют высотно-зональные лесные сообщества – коренные леса на ороплакорах. По сходству ценофлор их можно разделить на три группы: лесостепные лиственничные леса; моховые таежные леса (темнохвойные и светлохвойные); высокотравные темнохвойные и высокотравные смешанные (лиственничные) леса.

Растительный покров верхнего подпояса лесного пояса на северном и южном макросклоне одинаков: это лишайниково-моховые кедровые (таежные) леса. Произрастающие ниже леса существенно различаются. В рамках эколого-фитоценотической классификации различия имеют ранг класса формаций: на северном макросклоне по мере увеличения высоты сменяют друг друга лиственничные и темнохвойные леса, тогда как на южном макросклоне господствуют светлохвойные леса. В рамках флористической классификации ранг отличий увеличивается по мере движения от водораздела к подножиям макросклонов. В средней части макросклонов коренные леса представлены ассоциациями разных порядков класса *Vaccinio-Piceetea*, в нижней части на северном макросклоне леса относятся к классам *Brachypodio-Betuletea* и *Asaro-Abietetea*, на южном – к классу *Rhytidio-Laricetea*.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания и при финансовой поддержке проекта № FSUS-2021-0012 «Экосистемы травяных основных и мелколиственных лесов как регуляторы азотного и углеродного баланса в лесостеп-

ном ландшафте Западной Сибири», а также при частичной финансовой поддержке РФФИ (№ 19-29-05208/19 МК); соответствует теме Центрального сибирского ботанического сада СО РАН

AAAA-A21-121011290026-9 «Растительность Северной Азии: разнообразие, экологические и географические закономерности формирования, функционирование популяций».

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Chytrý M., Danihelka J., Kubešová S., Lustyk P., Ermakov N., Hájek M., Hájková P., Kočí M., Otýpková Z., Roleček J., Řezníčková M., Šmarda P., Valachovič M., Popov D., Pišút I.** 2008. Diversity of forest vegetation across a strong gradient of climatic continentality: Western Sayan Mountains, southern Siberia. *Plant Ecology* 196: 61–83. DOI: 10.1007/s11258-007-9335-4
- Czerepanov S. K.** 1995. *Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredelnykh gosudarstv [Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the former USSR)]*. St. Petersburg: Mir i semya-95. 991 pp. [In Russian] (Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 991 с.).
- Hammer O.** 2012. *PAST Paleontological Statistics. Version 2.17. Reference manual*. Oslo: University of Oslo. 227 pp.
- Hennekens S. M.** 1996. *TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. User's guide*. Lancaster: University of Lancaster. 59 pp.
- Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A., Abolina A. A., Akatova T. V., Baisheva E. Z., Bardunov L. V., Baryakina E. A., Belkina O. A., Bezgodov A. G., Boychuk M. A., Cherdantseva V. Ya., Czernyadjeva I. V., Doroshina G. Ya., Dyachenko A. P., Fedosov V. E., Goldberg I. L., Ivanova E. I., Jukoniene I., Kannukene L., Kazanovsky S. G., Kharzinov Z. Kh., Kurbatova L. E., Maksimov A. I., Mamatkulov U. K., Manakyan V. A., Maslovsky O. M., Napreenko M. G., Otnyukova T. N., Partyka L. Ya., Pisarenko O. Yu., Popova N. N., Rykovsky G. F., Tubanova D. Ya., Zheleznova G. V., Zolotov V. I.** 2006. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa* 15: 1–130. DOI: 10.15298/arctoa.15.01
- Makunina N. I.** 2016a. Botanical and geographical characteristics of forest steppe of the Altai-Sayan mountain region. *Contemporary Problems of Ecology* 9(3): 342–348. DOI: 10.1134/S1995425516030100
- Makunina N. I.** 2016b. *Rastitelnost lesostepi Zapadno-Sibirskoy ravniny i Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti [The forest-steppe vegetation of the West Siberian Plain and the Altai-Sayan mountain region]*. Novosibirsk: Akademicheskoye izdatelstvo "Geo". 183 pp. [In Russian] (Макунина Н. И. Растительность лесостепи Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 183 с.).
- Makunina N. I., Egorova A. V., Pisarenko O. Y.** 2020. Drawing of Potential Areas of Plant Communities for Geobotanical Zoning Purposes (on Example of Tuva Forests). *Contemporary Problems of Ecology* 13(4): 412–417. DOI: 10.1134/S1995425520040095
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021a. Coenoflora of *Aegopodio alpestris–Laricetum sibiricae* Makunina 2020 communities, recorded along the Abaza–Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/4eyv34> (Accessed 24 March 2021).
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021b. Coenoflora of *Anemonoido caeruleae–Pinetum sylvestris* Ermakov 2000 communities, recorded along the Abaza–Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/jxavnj> (Accessed 24 March 2021).
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021c. Coenoflora of association *Anemono sylvestris–Laricetum sibiricae* Ermakov 1995 communities recorded along the Abaza–Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/cx3chv> (Accessed 24 March 2021).
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021d. Coenoflora of *Carici iljinii–Pinetum sibiricae* var. *Betula rotundifolia* Ermakov 2014 communities, recorded along the Abaza–Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/bus8df> (Accessed 24 March 2021).
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021e. Coenoflora of *Carici iljinii–Pinetum sibiricae* Ermakov 2014 communities, recorded along the Abaza–Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/taswtz> (Accessed 24 March 2021).
- Makunina N., Pisarenko O.** 2021f. Coenoflora of *Larici sibiricae–Abietetum sibiricae* Ermakov 2014 communities recorded along the Abaza – Ak-Dovurak route. Checklist dataset. In: *GBIF.org*. URL: <https://doi.org/10.15468/vja3r3> (Accessed 24 March 2021).
- Nazimova D. I.** 1968. Forest zoning of the Western Sayan. *Lesovedeniye [Forestry]* 1: 3–17. [In Russian] (Назимова Д. И. Лесорастительное районирование Западного Саяна // Лесоведение, 1968. № 1. С. 3–17).
- Polikarpov N. P., Chebakova N. M., Nazimova D. I.** 1986. *Klimat i gornyye lesa Yuzhnoy Sibiri [Climate and mountain forests of Southern Siberia]*. Novosibirsk: Nauka. 226 pp. [In Russian] (Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 226 с.).

Rastitelnyy pokrov Khakasii [Plant cover of the Republic of Khakassia]. 1976. Novosibirsk: Nauka. 423 pp. [In Russian] (Растительный покров Хакасии. Новосибирск: Наука, 1976. 423 с.).

Urbanavichus G. P. 2010. *Spisok likhenoflory Rossii [A checklist of the lichen flora of Russia]*. St. Petersburg: Nauka. 194 pp. [In Russian] (**Урбанавичюс Г. П.** Список лишенофлоры России. СПб.: Наука, 2010. 194 с.).

Weber H. E., Moravec J., Theurillat J.-P. 2000. International code of phytosociological nomenclature. 3rd ed. *J. Veg. Sci.* 11: 739–768.

Westhoff V., Maarel E. 1973. The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science* 5: 617–726.

Westhoff V., Maarel E. 1978. The Braun-Blanquet approach. In: *Classification of Plant Communities*. R. H. Whittaker (Ed.). The Hague: W Junk bv. Pp. 287–399.