

## Картографирование светлохвойных лесов Монголии на южной границе бореальной области

### Mongolian light coniferous forests mapping on the southern border of the boreal region

Виноградов А. А., Бочарников М. В.

Vinogradov A. A., Bocharnikov M. V.

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия. E-mail: maxim-msu-bg@mail.ru  
M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

**Реферат.** Настоящая работа посвящена оценке пространственной структуры подтаежных светлохвойных лесов на южной границе бореальной области. В составе Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции 2021 г. проведены исследования на двух полигонах на северном макросклоне и отрогах Хангайского хребта. В ходе полевых работ выполнены геоботанические описания сообществ подтаежных лиственничных и сосновых лесов по стандартным геоботаническим методикам. Они легли в основу создания тематических карт лесов для двух полигонов. Карты составлены на основе выполненных полных и кратких геоботанических описаний, мультиспектральных космических снимков и цифровой модели рельефа. С использованием картографического метода проведен анализ приуроченности лесов к абсолютной высоте, крутизне и экспозиции склонов. Данный анализ позволил определить положение лесов в структуре высотной поясности растительности региона. Лиственничные леса произрастают на пологих склонах северной экспозиции Хангайского хребта на высотах 1700–2300 м, образуя сложные пространственные сочетания со степями. Сосновые леса отрогов Хангайского хребта, произрастая на крутых склонах на высотах около 1200–1700 м, имеют оптимум развития на склонах теневых экспозиций, но встречаются также на световых склонах.

**Ключевые слова.** Горно-таежный пояс, дистанционное зондирование, лиственничные леса, сосновые леса, Хангай, цифровая модель рельефа.

**Summary.** This paper is devoted to evaluation of the spatial structure of subtaiga light coniferous forests on the southern border of the boreal region. Investigations were carried out on two key sites (on the northern macroslope of the Hangai range and its lowlands) during the Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition in 2021. Geobotanical descriptions of larch and pine forest subtaiga communities were made in the course of field works. These descriptions were completed according to standard geobotanical methods. They are the basis of compiled thematic forest maps for two polygons. Forest maps were made on the basis of complete and short geobotanical descriptions, satellite images, and a digital elevation model. The analysis of relations of forests with altitude, slope steepness and exposure was made using the cartographic method. This analysis made it possible to determine the position of forests in the structure of altitudinal zonality of the region. Larch forests grow on the gentle slopes of the northern exposure of the Hangai range at altitudes of 1700–2300 m. They form complex spatial combinations with the steppes. Pine forests grow on steep slopes at the altitudes of about 1200–1700 m on the lowlands of the Hangai range. They are also grow on light exposures slopes.

**Key words.** Digital elevation model, Hangai, larch forests, mountain taiga belt, pine forests, remote sensing.

**Введение.** Бореальные леса вдоль южной границы распространения образуют широкую прерывистую полосу от Западного Алтая до Северо-Восточного Китая. В разных частях этой обширной горной территории они участвуют в сложении разных типов поясности бореального и субаридного классов, характеризуясь определенным типологическим составом (Огуреева, Бочарников, 2014). Разнообразие лесов на южной границе бореальной области объединяет сложная пространственная структура, образуемая сочетаниями и комбинациями лесных, степных, кустарниковых и луговых сообществ в пределах поясов.

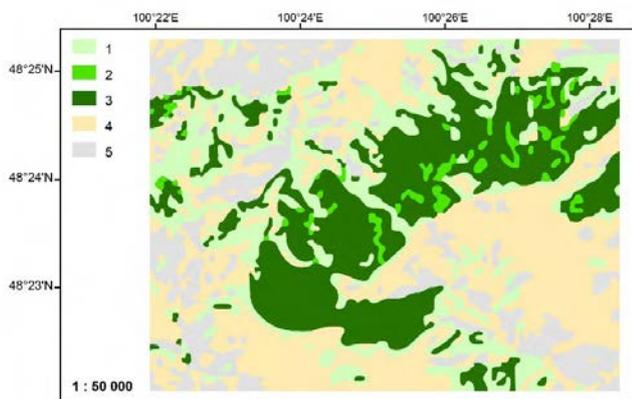


Рис. 1. Карта экспозиционных подтаежных лиственных лесов Хангайского хребта. Типологический состав лесных групп ассоциаций: 1 – лиственные зеленомошные леса, 2 – лиственные кустарниковые леса, 3 – лиственные травяные леса; прочие выделы на карте: 4 – степи, 5 – выходы горных пород.

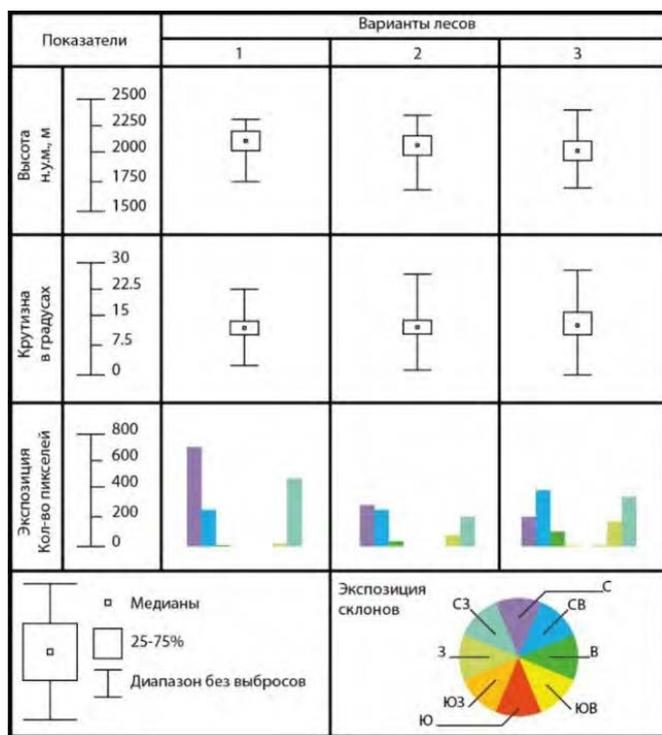


Рис. 2. Структура экспозиционных подтаежных лиственных лесов Хангайского хребта по высоте, крутизне и экспозиции склонов. Типологический состав лесных групп ассоциаций: 1 – лиственные зеленомошные леса, 2 – лиственные кустарниковые леса, 3 – лиственные травяные леса; экспозиции склонов: С – север, СВ – северо-восток, В – восток, ЮВ – юго-восток, Ю – юг, ЮЗ – юго-запад, З – запад, СЗ – северо-запад.

Территория Северного Хангая относится к Северо-Хангайскому округу Бореальной ботанико-географической области (Камелин, 2010). Типологическое разнообразие светлохвойных лесов горной системы представлено лиственными (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосновыми (*Pinus sylvestris* L.) лесами Урало-Южносибирского географо-генетического комплекса. Наиболее распространенными на южной границе бореальной области в Хангае выступают псевдотаежные и подтаежные леса (Коротков, 1978). В структуре высотной поясности растительности территории леса преобладают в лесостепном и подтаежном поясах. Лиственные леса распространены на высотах 1600–2400 м, сосновые – 1200–1600 м.

**Материал и методы.** Изучаемая территория расположена на северных отрогах Хангая, представляющего собой обширное нагорье в Центральной Монголии. Гребень главного хребта лежит на высоте около 3000 м, простираясь в северо-западном направлении на 700 км. Климат – резко континентальный, в целом подчиняется мощному азиатскому антициклону, который в зимний период времени располагается в Монголии. Зима на Хангайском нагорье очень холодная (средняя температура января – около  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), продолжительная, малоснежная, что обуславливает глубокое выхолаживание грунтов и развитие в них криогенных процессов. Значительная высотная амплитуда определяет высотно-поясные градиенты в пространственной структуре экологических условий.

Полевые работы и сбор материалов проводились в составе Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции в августе – сентябре 2021 г. на двух полигонах в Архангайском и Центральном аймаках Монголии (Архангайский (48 км<sup>2</sup>) и Жаргалантский (16 км<sup>2</sup>) полигоны). Геоботанические описания выполнялись по стандартным методикам. Для проведения геоботанического описания выбиралась достаточно однородный в отношении экотопа участок площадью 400 м<sup>2</sup> (Сукачев, Зонн, 1964). В ходе исследований выполнено 32 описания лесных сообществ.

Для создания карт лесов полигонов использованы мультиспектральные космические снимки Landsat-8 (пространственное разрешение – 30 м, даты съемки – 05 VIII 2021 и 11 VIII 2021) и цифровая модель рельефа SRTM3 (пространственное разрешение 90 м). Точная координатная привязка точек геоботанических описаний дана по GPS-приемнику. Классификация космического снимка с обучающей выборкой по эталонам позволила по яркостным значениям известных пикселей определить класс неопределенных ячеек растра. Эталоны выбирались вблизи из-

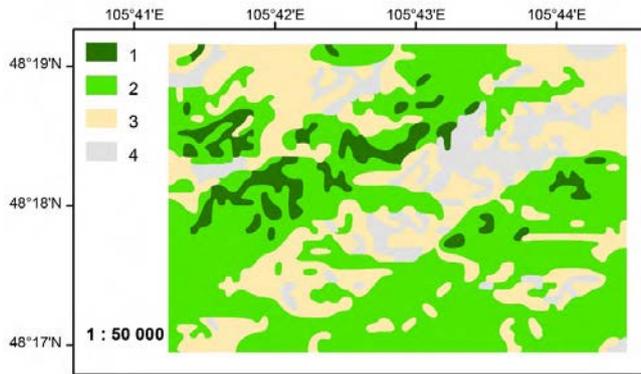


Рис. 3. Карта экспозиционных сосновых лесов отрогов Хангайского хребта. Типологический состав лесных групп ассоциаций: 1 – сосновые кустарниковые леса, 2 – сосновые травяные леса; прочие выделы на карте: 3 – степи, 4 – выходы горных пород.

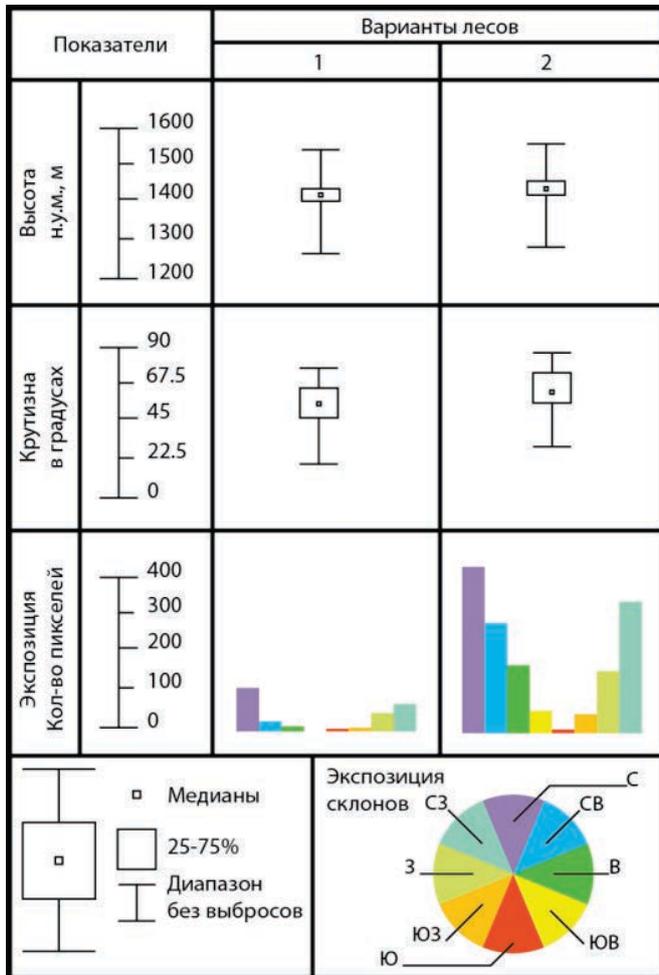


Рис. 4. Структура экспозиционных подтаежных сосновых лесов отрогов Хангайского хребта по высоте, крутизне и экспозиции склонов. Типологический состав лесных групп ассоциаций: 1 – сосновые кустарниковые леса, 2 – сосновые травяные леса; экспозиции склонов: С – север, СВ – северо-восток, В – восток, ЮВ – юго-восток, Ю – юг, ЮЗ – юго-запад, З – запад, СЗ – северо-запад.

вестных точек с выполнением всех требований к эталонным участкам: репрезентативность, однородность, различимость, нормальное распределение значений яркости (Симонова, Хлебникова, 2007).

В ходе проведенной классификации космических снимков Архангайского и Жаргалантского полигонов были выделены 5 и 4 классов объектов соответственно. Для Архангайского полигона определено 3 класса лиственных лесов (лиственные зеленомошные, лиственные кустарниковые и лиственные травяные леса) и 2 нелесных класса (степи и выходы горных пород). Для Жаргалантского полигона определено 2 класса сосновых лесов (сосновые травяные и сосновые кустарниковые травяные леса) и 2 нелесных класса (степи и выходы горных пород).

У полученных растровых карт лесов было изменено пространственное разрешение для соответствия их ячеек ячейкам орографических слоев (высота, крутизна и экспозиция склонов), разрешение которых составляет 90 м. Это позволило узнать конкретные значения высоты, крутизны и экспозиции в каждой ячейке раstra для дальнейшего анализа пространственной структуры лесов. Итоговые карты полигонов составлены в масштабе 1 : 50000. Работы с растрами проведены в программах SAGA GIS (версия 7.9.0) и ArcGIS Pro (версия 2.9.2).

**Результаты.** Пространственная структура растительного покрова Северного Хангай представлена экспозиционными сочетаниями подтаежных лиственных и сосновых лесов и степных сообществ (Коротков, 1978). На территории Архангайского полигона лиственные леса представлены сообществами 3 групп ассоциаций: лиственные зеленомошные леса, лиственные кустарниковые леса, лиственные травяные леса (рис. 1). Для лиственных зеленомошных лесов характерно наличие развитого покрова из зеленых мхов (*Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt.). В разреженном травяном покрове доминируют *Carex korshinskii* Kom., *Poa sibirica* Roshev., *Polygonum angustifolium* (Pall.) H. Nara. Они являются фоновыми для изучаемого участка, занимают площадь около 9 км<sup>2</sup> и имеют приуроченность к склонам северной экспозиции. Лиственные кустарниковые леса схожи с предыдущими по структуре травяно-кустарничкового яруса и напочвенного покрова из зеленых мхов, но для них характерно наличие развитого кустарничкового яруса, преимущественно из курильского чая и шиповни-

ка. Они представлены фрагментарными участками и занимают наименьшую площадь (5 км<sup>2</sup>) на склонах северной и северо-восточной экспозиции (рис. 2). Лиственничные травяные леса имеют развитый травяной покров с элементами степной флоры (*Allium senescens* L., *Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *Astragalus mongolicus* Bunge и др.), произрастание которых связано с развитием сообществ на экотоне между лесными и степными участками, на склонах более южных экспозиций и в межгорных понижениях. Лиственничные травяные леса занимают на полигоне 8 км<sup>2</sup>.

На Жаргалантском полигоне сосновые леса представлены 2 группами ассоциаций сосновых травяных и сосновых кустарниковых травяных лесов (рис. 3). Сосновые кустарниковые травяные леса характеризуются наличием развитого сомкнутого подлеска из кизильника (*Cotoneaster mongolica* Pojark.), спиреи (*Spiraea dahurica* (Rupr.) Maxim.), шиповника (*Rosa acicularis* Lindl.), курильского чая (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.), можжевельника (*Juniperus pseudosabina* Fisch. et C. A. Mey.), смородины (*Ribes diacantha* Pall.). Характерно присутствие элементов степной флоры (*Allium senescens*, *Artemisia glauca*, *Astragalus mongolicus* и др.). Площадь сосновых лесов на изучаемом участке равна 13 км<sup>2</sup>. Леса произрастают в высотных пределах от 1200 до 1600 м на склонах разной крутизны. Сосновые кустарниковые травяные леса распространены на площади 12 км<sup>2</sup> и являются фоновыми для данной территории, занимая склоны разной крутизны (рис. 4). Сосновые травяные леса занимают площадь около 1 км<sup>2</sup>. Они произрастают на менее крутых склонах преимущественно северной экспозиции, а также в межгорных понижениях.

Полученные данные по высоте, крутизне и экспозиции склонов на основе картографических материалов важны для понимания структуры подтаежных лесов. Выявлены конкретные значения приуроченности горных подтаежных лесов к склонам северных экспозиций и высотным пределам. Данные значения рассчитаны не только для лиственничных и сосновых лесов в целом, но и для лиственничных зеленомошных, кустарниковых, травяных лесов и сосновых кустарниковых и травяных лесов, встречаемых на изучаемой территории. Важной чертой горных лесов является фрагментарный характер распространения. Леса на южной границе бореальной области отличаются экспозиционным характером их структуры. Площадь лиственничных лесов довольно большая и достигает почти ½ площади Архангайского участка, сосновые леса занимают большие площади – ⅓ площади второго Жаргалантского участка.

Также исследование позволяет лучше понять сложное пространственное сочетание степей и лесных массивов на территории Северного Хангая. В целом подтаежные лиственничные и сосновые леса схожи по ценотическому разнообразию с подтаежными лесами других районов на южной границе бореальной области в Монголии (Карта лесов ..., 1983; Бажа и др., 2019; Gunin, Saandar, 2019). Данные леса на всей границе бореальной области (Хангай, Хэнтей) представлены экспозиционными сочетаниями разнотравных и злаково-разнотравных лиственничных и сосновых лесов (Огуреева, Бочарников, 2014). Сосновые леса повсеместно занимают нижнюю часть от 1000 до 1500 м, лиственничные поднимаются выше – до 2400 м, что подтверждает и наше исследование.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность за приглашение к участию в исследованиях Совместной Российской-Монгольской комплексной эколого-биологической экспедиции под руководством С. Н. Бажи. Отдельные благодарности Е. В. Данжаловой и Е. А. Богданову за содействие в полевых работах и предоставление материалов экспедиции.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бажа С. Н., Басхаева Т. Г., Гунин П. Д., Данжалова Е. В., Дробышев Ю. И., Дугаржав Ч. Основные пути облесения лесостепных ландшафтов на южной границе бореальных лесов в Монголии // Лесной вестник, 2019. – Т. 23, № 2. – С. 45–54.
- Камелин Р. Ф. Монголия на карте ботанико-географического районирования Палеарктики // Turczaninowia, 2010. – Т. 13, № 3. – С. 5–11.
- Коротков И. А. Географические закономерности распределения лесов в Монгольской Народной Республике // Бот. журн., 1976. – Т. 61, № 2. – С. 145–153.
- Карта лесов Монгольской Народной Республики. Масштаб 1:1500000. – М.: ГУГК, 1983. – 2 л.
- Огуреева Г. Н., Бочарников М. В. География разнообразия бореальных лесов у южной границы распространения и их картографирование (горы южной Сибири и Монголии) // Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2014. – № 5. – С. 53–61.
- Симонова Г. В., Хлебникова Е. П. Сравнительный анализ методик формирования эталонов при обработке цифровых изображений // ГЕО-СИБИРЬ, 2007. – Т. 4, № 2. – С. 133–137.
- Сукачев В. Н., Зонн С. В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.
- Gunin P. D., Saandar M. Ecosystems of Mongolia Atlas. – Ulaanbaatar: Admon, 2019. – 264 p.