

## ЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И РАЗНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

**М.В. Бочарников**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1, e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru*

Картографический метод исследования ботанического разнообразия горных территорий с использованием материалов космической съемки, проведенный на примере Западного Алтая, показал возможности оценки его ценотического аспекта на основе соподчиненных таксономических единиц растительности через структуру растительного покрова. На крупномасштабной карте (М 1:50 000) высокогорий Тигирецкого хребта раскрыты закономерности пространственной организации растительности субальпийского и альпийско-тундрового поясов на основе однородных единиц растительности и гетерогенных структур в соответствии с эколого-топологическими факторами. На обзорной мелкомасштабной карте (М 1:2 000 000) нашло отображение типологическое разнообразие растительности, характеризующее общие высотно-поясные закономерности растительного покрова Западного Алтая и его региональную специфику.

**Ключевые слова:** картографирование растительности, ценотическое разнообразие, Западный Алтай.

## CENOTIC DIVERSITY AND MULTI-SCALE VEGETATION MAPPING OF THE WEST ALTAI

**M.V. Bocharnikov**

*Lomonosov Moscow State University,  
119991, Moscow, Leninskie gory, 1, e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru*

The cartographical method of research of a botanical diversity of mountain territories with use of remote sensing data is carried out on the example of the West Altai. It has shown possibilities of an assessment of cenotic aspect of diversity on the basis of the coordinated taxonomical units of vegetation through structure of a vegetation cover. On a large-scale map (s. 1:50 000) of Tigireckij ridge highlands regularities of the spatial organization of vegetation of subalpine and alpine belts on the basis of homogeneous units and heterogeneous types of vegetation according to ecological and topological factors are determined. On a survey small-scale map (s. 1:2 000 000) the typological diversity of vegetation characterizing the general high-rise regularities of a vegetation cover of the West Altai and its regional specifics has found display.

**Key words:** vegetation mapping, cenotic diversity, the West Altai.

## ВВЕДЕНИЕ

Исследование ботанического разнообразия – актуальное направление в ботанико-географическом анализе территории. Инвентаризация, оценка и прогноз изменения биоразнообразия возможны при учете уровней организации биоты (популяционный, видовой, ценотический) и пространственной размерности биоразнообразия (топологический, региональный, глобальный). Во флористических и геоботанических исследованиях используются количественные данные на основе получивших широкое применение индексов биоразнообразия (Юрцев, 1982; Королюк, 1998; Огуреева, Котова, 2004).

Современные технологии предоставляют большие возможности использования и анализа данных дистанционного зондирования Земли (re-

mote sensing products) для географических исследований. Широкий выбор материалов космической съемки в открытом доступе в сети Интернет и программ для обработки снимков обуславливают их применение при инвентаризации разнообразия и анализа его пространственной дифференциации в системе экологических и географических факторов (Кренке, Пузаченко, 2008; Cord et al., 2014; Sant et al., 2014). С помощью материалов космической съемки возможно составление геоинформационных карт растительности, на основе которых проводится оценка биоразнообразия, а также анализ факторов пространственной дифференциации растительных сообществ и их свойств.

Картографический метод широко используется в анализе ценотического разнообразия горных

территорий. Наиболее полную оценку дают исследования, использующие алгоритм последовательного анализа разнообразия на разных уровнях организации через мелко-, средне- и крупномасштабное картографирование (Белов и др., 2002). Реализация этого подхода в исследовании растительности горных регионов позволяет выявлять структурные связи между высотными поясами и внутривысотной организацией и факторы, определяющие пространственные закономерности дифференциации ценоотического разнообразия.

Инвентаризация и оценка ценоотического разнообразия на региональном уровне с выявлением высотно-высотной структуры растительности про-

ведена для территории Западного Алтая как самостоятельного ботанико-географического региона высокого уровня. В настоящей работе поставлены задачи по созданию мелкомасштабной карты актуальной растительности для территории Западно-Алтайской ботанико-географической провинции и крупномасштабной карты растительности на территорию ключевого участка в субальпийском и альпийско-тундровом поясах Тигирецкого хребта с использованием дистанционной информации. На основе анализа карт дана сравнительная оценка разнообразия и факторов, обуславливающих пространственную дифференциацию разнообразия регионального и топологического уровней.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выявления ценоотического разнообразия Западного Алтая использовано несколько источников: материалы космической съемки, картографические произведения и данные полевых исследований. На региональном уровне оценка разнообразия проведена с помощью мелкомасштабного картографирования растительности Западно-Алтайской ботанико-географической провинции. Актуальная инвентаризационная карта (М 1: 2 500 000) выполнена на основе ботанико-географической интерпретации карты растительности России (Барталев и др., 2011), построенной с помощью данных дешифрирования снимков MODIS (пространственное разрешение 230 м), с использованием обзорных среднимасштабных карт растительности на территорию Западного Алтая (Огуреева, 1980; Ермаков и др., 2012). В качестве опорных хронологических единиц инвентаризации и оценки ценоотического разнообразия взяты геоботанические районы Западно-Алтайской ботанико-географической провинции (Огуреева, 1980). Выделение районов на основе комплекса ботанико-географических особенностей территории (с учетом флоры и растительности) делает их оптимальными для оценки пространственной дифференциации разнообразия. Ключевыми показателями разнообразия стали пространственные характеристики растительности, нашедшие отражение на мелкомасштабной карте. Используются следующие показатели и индексы: доля лесопокрываемой площади (лесистость, %); доля площади темнохвойных лесов (от лесопокрываемой площади, %); доля площади высокогорных типов растительности (%); индекс фрагментарности лесов, который рассчитывается как отношение числа лесных массивов к общей лесистости территории (Wickham et al., 2007). Одинаковый ранг опорных территориальных единиц учета ценоотического разнообразия (ботанико-географические районы) и сопоставимые площади позволяют проводить их сравнительную оценку на основе предложенных индексов и показателей разнообразия.

На топологическом уровне оценка пространственной дифференциации растительного покрова проведена на базе крупномасштабного картографирования растительности. В качестве опорного модельного полигона для крупномасштабного картографирования взят участок в высокогорьях западной части Тигирецкого хребта в верховьях долин рек Бабий Ключ и Большой Тигирек (территория Тигирецкого государственного природного заповедника и его окрестностей). В основу крупномасштабного картографирования положены полевые данные – 30 полных геоботанических описаний сообществ, выполненных по стандартной методике (Сукачев, Зонн, 1961), а также дистанционные материалы, в качестве которых использован снимок SPOT 5 (дата съемки 20 июня 2014 г.) с пространственным разрешением 10 м в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Территория модельного полигона, большая часть которого расположена в субальпийском поясе, характеризуется разнообразием экотопических условий, что обуславливает развитие гомогенных единиц и гетерогенных структур растительного покрова в соответствии с теорией геосистем (Сочава, 1978). Проведена сравнительная оценка участия этих единиц и структур в растительном покрове. Ценоотическое разнообразие растительности оценено через соотношение площадей, занимаемых сообществами, и пространственную организацию растительного покрова, которая выявлена в соответствии с эколого-топологической структурой региона. Дешифрирование снимка проведено по его спектральным характеристикам способом ISODATA, а легенда крупномасштабной карты построена с использованием эколого-морфологической классификации растительности.

Картографируемые единицы соотнесены с морфологией склонов хребтов и условиями субстрата, определяющего литологический состав почвы и характер увлажнения. Анализ пространственной дифференциации растительности в свя-

зи с рельефом проведен на основе цифровой модели рельефа, построенной по материалам радарной космической съемки (SRTM). Среди множества морфометрических характеристик выбраны экспозиция и крутизна склонов, определяющие различия в тепло- и влагообеспеченности склонов. Пространственное разрешение модели (30 м) позволяет выявлять закономерности на базе крупномасштабного картографирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Ценотическое разнообразие на региональном уровне и мелкомасштабное картографирование растительности

Западный Алтай в настоящем исследовании принимается в границах Рудного Алтая в пределах России (по Г.Н. Огуреевой, 1980). Эта территория низко- и среднегорных хребтов западной периферии Алтайской горной страны, переходящих в пологохолмистую предгорную равнину. На современный рельеф Западного Алтая преобладающее влияние оказывают денудационные процессы. Его развитие обусловлено как эндогенными процессами (тектоническое опускание территории), так и экзогенными (выветривание, активная эрозия, особенно в условиях гумидного климата) (Зятыкова, 1977). Регион включает в себя низкогорные (абсолютные высоты – 300–800 м) и среднегорные (800–1500 м) хребты: Тигирецкий, Колыванский, Башлакацкий, шлейфы которых распространяются в пределы опускающейся Кулундинской впадины. В целом на территории преобладает мелкосопочный пологохолмистый рельеф с отдельными грядами и гранитными останцами (Кузнецов, 1950).

Биоклиматические условия Западного Алтая определяются положением территории на западной периферии Алтайской горной страны, открытостью западному переносу воздушных масс и развитой высотной поясностью, что позволяет относить ее к гумидному циклоническому сектору (Поликарпов и др., 1986). Влажные воздушные массы свободно проникают в средне- и высокогорные части хребтов, обеспечивая их большим количеством осадков (до 2000 мм в год). При этом значительный перепад абсолютных высот от 400 до 2000 м определяет различия в тепло- и влагообеспеченности высотных уровней.

Для территории Западного Алтая имеется опыт отображения растительности на аналитических и синтетических мелкомасштабных и обзорных среднемасштабных картах (Куминова, 1960; Огуреева, 1980). На них в связи с выраженной геоморфологической и климатической поясностью отображаются четкие закономерности в высотнопоясной дифференциации растительности. Растительный покров Западного Алтая отличается сложной как высотно-поясной, так и внутривысотной

структурой. Дешифрирование космических снимков на основе выбранных алгоритмов выполнено средствами программы MultiSpec 3.3. Расчет показателей ценотического разнообразия проведен на базе программы ArcGis 10.0. В ней же рассчитаны морфометрические показатели рельефа и осуществлен анализ связи растительности с экспозицией и крутизной склонов (модуль Spatial analyst), также в программе оформлены финальные карты растительности.

В высотном спектре выделяются степной, лесостепной, горно-таежный, субальпийский и альпийско-тундровый пояса. Каждый из них представляет сложную макрофитоценохору, состоящую из связанных между собой в экологодинамические ряды сообществ нескольких типов растительности (Сочава, 1979). Самобытным элементом растительного покрова выступает пояс кустарниковых степей (*Spiraea crenata* L., *S. trilobata* L., *Caragana frutex* (L.) K. Koch, *Rosa spinosissima* L.), занимающих различное положение на фитокаменах в лесостепном поясе (500–900 м). На высотах 600–1200 м в горно-таежном поясе распространена черневая осиново-пихтовая (*Abies sibirica* Ledeb., *Populus tremula* L.) тайга, характеризующаяся господством высокотравных с неморальными элементами лесных сообществ. Типичные горно-таежные леса – пихтовые и кедровые (*Pinus sibirica* Du Tour) – в Западном Алтае имеют небольшое распространение вблизи верхней границы сплошного лесного покрова, иногда выражены фрагментарно. Высока мозаичность растительного покрова высокогорий, сложенного субальпийскими, альпийскими лугами и горными тундрами на высотах 1400–2200 м.

На схемах ботанико-географического районирования Западный Алтай представлен самостоятельной единицей уровня подпровинции (Куминова, 1960) или провинции (Огуреева, 1980). По типологии высотной поясности растительности этот регион относится к Алтае-Саянской группе бореального класса типов поясности (Огуреева, 1991). В качестве основы более дробного районирования взята схема Г.Н. Огуреевой (1980), на которой в пределах Западно-Алтайской провинции выделяются хронологические подразделения более низкого ранга – округа и районы.

На основе составленной мелкомасштабной карты актуальной растительности показаны общие региональные особенности растительного покрова Западно-Алтайской ботанико-географической провинции и высотно-поясные закономерности его пространственной организации (рис. 1). Легенда карты построена в соответствии с эколого-морфологической классификацией растительности. Всего выделено 13 картографических еди-

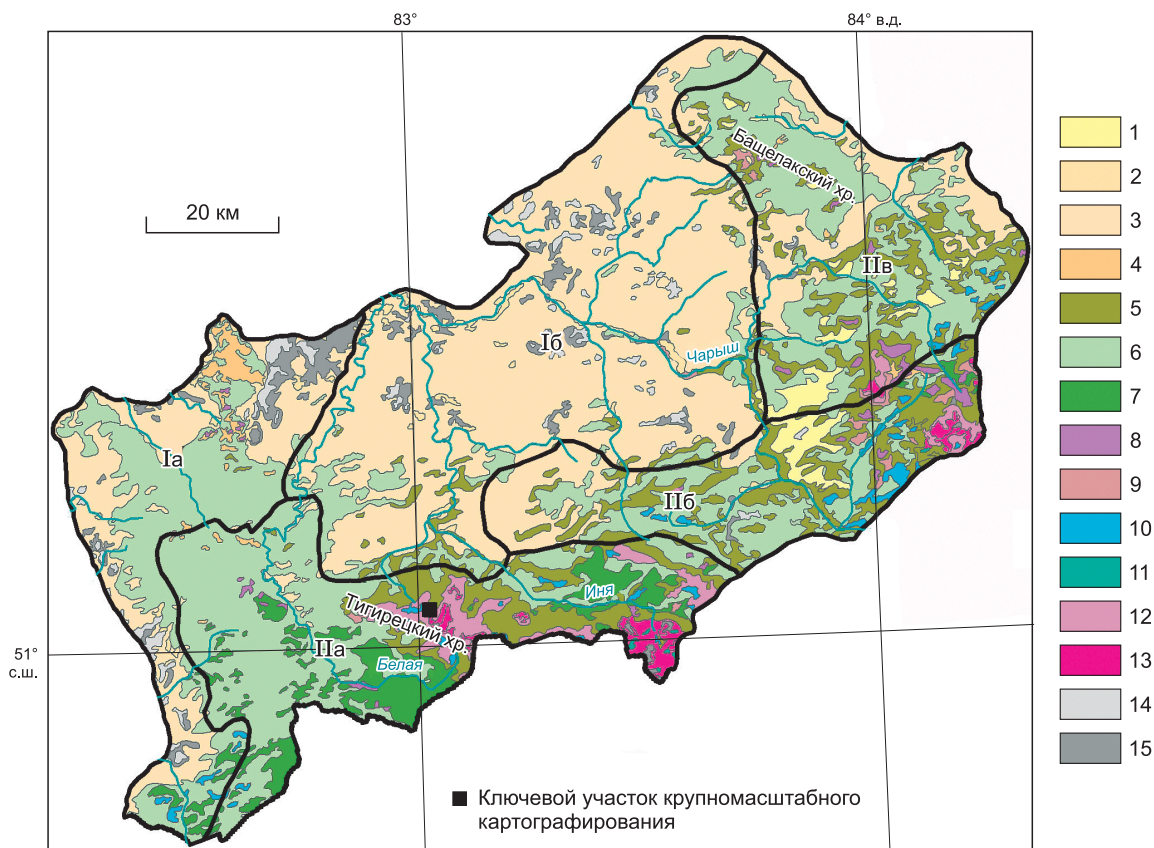


Рис. 1. Карта растительности Западного Алтая (М 1: 2 000 000).

#### ЛЕГЕНДА

##### Горные степи

1. Богаторазнотравно (*Filipendula vulgaris*, *Galium verum*, *Onobrychis sibirica*, *Bupleurum multinerve*, *Centaurea sibirica*)-злаково (*Poa angustifolia*, *Phleum phleoides*)-ковыльные (*Stipa pennata*) луговые степи.
2. Разнотравно (*Fragaria viridis*, *Filipendula hexapetala*, *F. vulgaris*, *Artemisia sericea*)-ковыльные (*Stipa pennata*) и мелкодерновиннозлаковые (*Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*) настоящие степи.
3. Разнотравно (*Thalictrum minus*, *Clematis integrifolia*, *Origanum vulgare*, *Veronica incana*)-ковыльные (*Stipa pennata*) и дерновиннозлаковые (*Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Helictotrichon altaicum*) кустарниковые (*Spiraea hypericifolia*, *S. crenata*, *Rosa spinosissima*) степи в сочетании с зарослями кустарников (*Caragana arborescens*, *Spiraea chamaedryfolia*, *Sibiraea laevigata*).

##### Подтаежные леса

4. Сосновые (*Pinus sylvestris*) кустарниковые (*Spiraea media*, *Rosa acicularis*) остепненные (*Artemisia sericea*, *Iris ruthenica*, *Fragaria viridis*) леса.
5. Лиственничные (*Larix sibirica*) кустарниковые (*Spiraea media*, *S. chamaedryfolia*, *Lonicera altaica*) травяные (*Trollius asiatica*, *Polemonium coeruleum*, *Geranium pratense*, *Calamagrostis obtusata*) леса.
6. Березовые (*Betula pendula*) и осиновые (*Populus tremula*) злаково-разнотравные (*Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium pinnatum*, *Carex macroura*, *Rubus saxatilis*, *Aegopodium podagraria*, *Crepis sibirica*) леса.

##### Горно-таежные леса

7. Березово (*Betula pendula*)- и осиново (*Populus tremula*)-пихтовые (*Abies sibirica*) высокотравные (*Aconitum septentrionale*, *Delphinium elatum*, *Calamagrostis obtusata*) с ширококостромом (*Galium odoratum*, *Festuca gigantea*) черневые леса.
8. Кедровые (*Pinus sibirica*) и пихтовые (*Abies sibirica*) кустарничково (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillosum*)-, вейниково (*Calamagrostis obtusata*)-зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*) леса.
9. Лиственничные (*Larix sibirica*) кустарничково (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillosum*, *Ledum palustre*)-зеленомошные (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*) леса.

##### Высокогорная растительность

10. Субальпийские высокотравные (*Stemmacantha carthamoides*, *Veratrum lobelianum*) и низкотравные (*Alchimilla sibirica*, *Patrinia sibirica*) луга.
11. Ерники (*Betula rotundifolia*) травяные (*Gentiana algida*, *Bistorta major*), мохово-лишайниковые (*Pleurozium schreberi*, *Cladonia rangiferina*).
12. Альпийские (*Aquilegia glandulosa*, *Viola altaica*, *Schultzia crinita*, *Gentiana grandiflora*) луга в сочетании с альпийскими луговинами (*Saxifraga nivalis*, *Dracocephalum imberbe*) и луговыми (*Festuca kryloviana*, *Koeleria altaica*, *Carex stenocarpa*) тундрами.
13. Кустарничково (*Dryas oxyodontha*, *Salix berberifolia*)-мохово-лишайниковые (*Polytrichum strictum*, *Cladonia rangiferina*) тундры, местами в сочетании с нивальными луговинами (*Ranunculus altaicus*, *Lagotis integrifolia*).

### Прочее

14. Сельскохозяйственные земли на месте луговых и настоящих дерновиннозлаковых степей, кустарниковых зарослей.  
15. Прочие объекты (выходы горных пород, антропогенные объекты).

Геоботанические районы:

- Ia – Змеиногорский кустарниково-степной;  
Iб – Среднечарышский таежно-кустарниково-лесостепной;  
IIa – Тигирецкий таежный (черневой);  
IIб – Сентелекский таежно-лугово-лесостепной;  
IIв – Бащелакский таежно-лесостепной.

ниц растительности, которые имеют определенное положение в спектре высотной поясности. Цено- тическое разнообразие на региональном уровне оценено через количественные соотношения площадей, занимаемых фоновыми типами растительности. Основу растительного покрова предгорий составляют степи, встречающиеся в небольшой высотной амплитуде (400–600 м), но занимающие значительную территорию предгорных шлейфов, склоны низкогорных хребтов в их подветренных частях (более 40 % территории провинции). В предгорьях и низкогорьях доминируют сообщества западно-сибирских формаций: богаторазнотравно-злаковые луговые (*Stipa pennata* L., *Phleum phleoides* (L.) N. Karst., *Filipendula vulgaris* Moench,

*Medicago falcata* L.), кустарниковые (*Spiraea crenata* L., *Rosa spinosissima* L.) степи (табл. 1). В нижней части высотного спектра широко распространены также сосновые (*Pinus sylvestris* L.), лиственничные (*Larix sibirica* Ledeb.) и березовые (*Betula pendula* Roth) подтаежные леса. В условиях горной территории они формируют гетерогенные структуры – экспозиционные сочетания, склоновые комбинации со степями и кустарниковыми зарослями в лесостепном поясе, занимая около половины территории провинции. Выше в высотном поясе развиты осиново-пихтовые черневые леса (около 5 % территории Западного Алтая). Среднегорья заняты пихтовыми, кедровыми и лиственничными горно-таежными лесами.

Таблица 1

### Структура растительного покрова в ботанико-географических районах Западно-Алтайской провинции (в % от общей площади районов)

Сообщество	Ia	Iб	IIa	IIб	IIв	Западный Алтай
1. Богаторазнотравно-злаково-ковыльные луговые степи	9.5	<b>84.0</b>	0.2	16.8	23.6	35.9
2. Разнотравно-ковыльные и мелкодерновиннозлаковые настоящие степи	1.6	1.7	0	<b>5.8</b>	5.6	2.6
3. Разнотравно-ковыльные и дерновиннозлаковые кустарниковые степи в сочетании с зарослями кустарников	<b>32.3</b>	0.1	1.4	0	0	4.9
4. Сосновые кустарниковые остепненные леса	<b>4.6</b>	0	0.4	0.2	0.5	0.9
5. Лиственничные кустарниковые травяные леса	0.2	4.2	15.1	<b>30.4</b>	20.5	12.4
6. Березовые и осиновые злаково-разнотравные леса	47.9	10.0	<b>51.7</b>	33.7	45.9	33.8
7. Березово- и осиново-пихтовые высокотравные с широко-травьем черневые леса	2.6	0	<b>17.6</b>	1.0	0	4.1
8. Кедровые и пихтовые кустарничково-, вейниково-зелено-мошные леса	0.3	0	0.7	2.0	<b>1.6</b>	0.8
9. Лиственничные кустарничково-зеленомошные леса	0	0.1	0.2	<b>2.3</b>	0.7	0.5
10. Субальпийские высоко- и низкотравные луга	1.1	0	1.4	<b>3.6</b>	0.8	1.1
11. Альпийские луга в сочетании с альпийскими луговинами и луговыми тундрами	0	0	<b>7.4</b>	2.1	0.6	1.9
12. Кустарничково-мохово-лишайниковые тундры, местами в сочетании с нивальными луговинами	0	0	<b>3.7</b>	1.9	0.2	1.1
13. Ерниковые травяные, мохово-лишайниковые сообщества	0	0	0.2	0.1	<b>0.5</b>	0.1
Всего:				100		

*Примечание.* 1–13 – номера легенды карты растительности Западного Алтая; Ia, Iб, IIa, IIб, IIв – геоботанические районы Западного Алтая; Кольванско-Чарышский таежно-кустарниково-степной округ: Ia – Змеиногорский кустарниково-степной, Iб – Среднечарышский таежно-кустарниково-лесостепной; Тигирецко-Бащелакский таежно-лесостепной округ: IIa – Тигирецкий таежный (черневой), IIб – Сентелекский таежно-лугово-лесостепной, IIв – Бащелакский таежно-лесостепной.

**Показатели ценотического разнообразия для геоботанических районов и округов  
Западно-Алтайской провинции (геоботанические округа и районы – те же, что и в табл. 1)**

Геоботанический		Доля лесопокрытой площади (лесистость), %	Доля площади темнохвойных лесов от лесопокрытой площади, %	Доля площади высокогорных типов растительности, %	Индекс фрагментарности лесов
округ	район				
I – Кольванско-Чарышский таежно-кустарниково-степной	Ia – Змеиногорский кустарниково-степной	56	5	1	0.7
	Iб – Среднечарышский таежно-кустарниково-лесостепной	14	0	0	4.7
II – Тигирецко-Бащелакский таежно-лесостепной	IIa – Тигирецкий таежный (черневой)	86	21	13	1.0
	IIб – Сентелекский таежно-лугово-лесостепной	70	4	8	1.3
	IIв – Бащелакский таежно-лесостепной	69	2	2	1.3

Их малая роль в растительном покрове провинции (около 1 % занимаемой площади) – важная региональная черта Западного Алтая, сближающая его с другими районами гор Южной Сибири с гипергумидным климатом среднегорий. В целом леса Урало-Сибирской фратрии занимают более 50 % территории провинции. На высокогорную растительность приходится немногим более 4 % территории провинции. Они представлены сообществами Алтае-Саянской группы: субальпийскими лугами и редколесьями в составе субальпийского пояса и альпийскими лугами с высокогорными тундрами в составе альпийско-тундрового пояса.

Характер пространственной дифференциации растительности на территории Западного Алтая выявляется через специфику геоботанических округов и районов и сравнительную оценку параметров ценотического разнообразия (см. табл. 1, 2). Кольванско-Чарышский таежно-кустарниково-степной округ охватывает предгорные и низкогорные части горной системы с преобладанием луговых разнотравно-злаковых и кустарниковых степей (около 85 % площади), а также развитием подтаежных лиственничных, сосновых и березовых лесов. Территория округа наиболее сельскохозяйственно-освоенная, значительная часть лугов и луговых степей используется в качестве кормовых угодий.

Змеиногорский кустарниково-степной район по лесопокрытой площади занимает второе место (после Тигирецкого). Доминирует береза как ценозообразователь подтаежных лесов и производных сообществ на месте пихтовых черневых и горно-таежных лесов (48 %). Небольшую долю в формационном составе лесов занимают темнохвойные породы (3 %), причем черневые леса преобладают над собственно горно-таежными. В этом районе сосредоточено наибольшее разнообразие разнотравно-ковыльных и дерновиннозлаковых кустар-

никовых степей, произрастающих в сочетании с зарослями кустарников (32 % от общей площади района). Их развитие определяет специфику всего высотно-поясного спектра растительности, свойственного Западному Алтаю.

Для Среднечарышского таежно-кустарниково-лесостепного района, приуроченного к низкогорьям и среднегорьям передовых хребтов Западного Алтая, свойственно фрагментарное распространение березовых, осиновых и лиственничных лесов (14 % от общей площади района). Типологически они относятся к подтаежным и лесостепным, произрастающим в сочетании со степями, доля которых в районе наибольшая (86 %). Это богаторазнотравно-злаково-ковыльные ценозы, широко распространенные в северной предгорной части (400–800 м). Отмечается низкая роль кустарниковых сообществ в районе, однако они участвуют повсеместно в степном и лесостепном поясах в составе сочетаний со степями и лесами, но не находят отражения на карте в связи с небольшой площадью.

Тигирецко-Бащелакский таежно-лесостепной округ охватывает все высотные пояса растительности Тигирецкого, Бащелакского и Кольванского хребтов. В площадном соотношении в округе преобладают подтаежные леса, доля луговых степей и остепненных лугов варьирует в зависимости от высотного пояса и района.

Наибольшая лесистость (86 %) отмечается для территории Тигирецкого таежного (черневого) района, где наибольшая доля подтаежных и черневых лесов. В районе сосредоточены основные массивы черневой тайги Западного Алтая, приуроченные к верховьям долин рек Иня, Белая. Здесь же наиболее развиты высокогорные типы растительности. По занимаемой площади их суммарная доля достигает 13 %. В высокогорьях развиты субальпийские и альпийские луга, высокогорные тундры.

Сентелекский таежно-лугово-лесостепной район характеризуется высокой ролью лесостепных и подтаежных лиственничных, березовых и осиновых лесов, распространенных до высоты 1200 м (67 % от общей площади района), а также незначительным развитием черневых и горно-таежных лесов (5 %). В сочетании со степями развиты луговые степи и остепненные луга (22 %), частично представленные послелесными ценозами.

Бащелакский таежно-лесостепной район, занимающий северные и западные отроги одноименного хребта, расположен на границе распространения западно-алтайского сектора черневой тайги. Типичные осиново-пихтовые черневые леса здесь не развиты, они представлены производными осиново-березовыми высокотравными ценозами. Большая часть территории района занята лесостепными и подтаежными разнотравно-злаковыми лесами (60 %), которые на высотах 500–800 м произрастают в сочетании с луговыми и настоящими степями и остепненными лугами (29 %).

По результатам анализа актуального состояния растительного покрова Западного Алтая, его типологического разнообразия и пространственной организации можно заключить о неоднородности спектра высотной поясности в пределах провинции, различиях в высотной амплитуде поясов. Структура растительного покрова, выявленная по актуальным данным дистанционного зондирования, имеет ряд особенностей по сравнению с литературными источниками (Огуреева, 1980). В пределах лесостепного пояса выделены самостоятельные березовые и осиновые подтаежные леса, представленные разнотравно-злаковыми ценозами с преобладанием гемибореальных видов. По занимаемой площади они доминируют в 4 из 5 ботанико-географических районах. Площадь черневой тайги в целом уменьшилась, что особенно ярко проявляется в Бащелакском таежно-лесостепном районе. Основные площади черневых лесов в настоящее время заняты производными мелколиственными лесами. Кустарниковым сообществам на карте растительности отведена небольшая роль, но их распространение шире за счет развития небольших по площади фрагментов, не отраженных на карте в пределах степного и лесостепного поясов.

Одним из важных показателей разнообразия территории выступает фрагментарность лесов. Высокий индекс фрагментарности связан с большим числом лесных массивов. В Западном Алтае он определяется развитием лесостепного пояса с формированием мезофитоценозов – закономерных сочетаний лесных и степных сообществ по склонам низкогорных хребтов. Это находит отражение в наибольшем значении индекса для Среднечарышского таежно-кустарниково-лесостепно-

го района (4.7). Он характеризуется наименьшей лесистостью, а в целом по районам лесистость имеет отрицательную корреляцию с показателем фрагментарности (коэффициент корреляции Пирсона  $-0.89$ ). В то же время наименьшее значение индекса приходится на Змеиногорский кустарниково-степной район (0.7), который приурочен к предгорьям и низкогорьям западной части рассматриваемого региона. В пределах района расположены крупные массивы подтаежных лесов, что делает правомочным выделение самостоятельного подтаежного пояса.

#### **Ценотическое разнообразие на топологическом уровне и крупномасштабное картографирование растительности**

Оценка ценотического разнообразия в пределах высотных поясов растительности основывается на закономерностях дифференциации растительного покрова в соответствии с экологотопологической структурой горной территории. Выявление структуры возможно с проведением крупномасштабного картографирования растительности при анализе структурных элементов растительного покрова. Карты растительности крупного масштаба раскрывают внутреннюю организацию территориальных единиц растительного покрова под воздействием экотопических факторов (Намзалов, 1992; Огуреева, 1994). Для горных территорий содержательная и пространственная характеристики объектов отражают внутрипоясные закономерности дифференциации ценотического разнообразия. Оно раскрывается через гомогенные (фитоценомеры) и гетерогенные (фитоценохоры) категории растительности (Сочава, 1979). Состав, соотношение и внутренняя структура данных категорий являются базовыми характеристиками при оценке ценотического разнообразия.

Для анализа внутривысотных особенностей ценотического разнообразия взят ключевой участок в высокогорьях западной части Тигирецкого хребта в верховьях долин рек Бабий Ключ и Большой Тигирек, территория которого охватывает оба борта поперечного профиля долин и водораздельные поверхности. В пределах ключевого участка (1300–1550 м) формируется растительность субальпийского и альпийско-тундрового поясов. При общей высокой гумидности климата важными лимитирующими факторами дифференциации растительных сообществ выступает теплообеспеченность (неравномерное распределение тепла на склонах разной экспозиции), условия снегонакопления (изменение мощности снежного покрова в соответствии с выпуклостью-вогнутостью склонов). Важную роль в структуре растительного покрова играют закономерности катенарного рас-

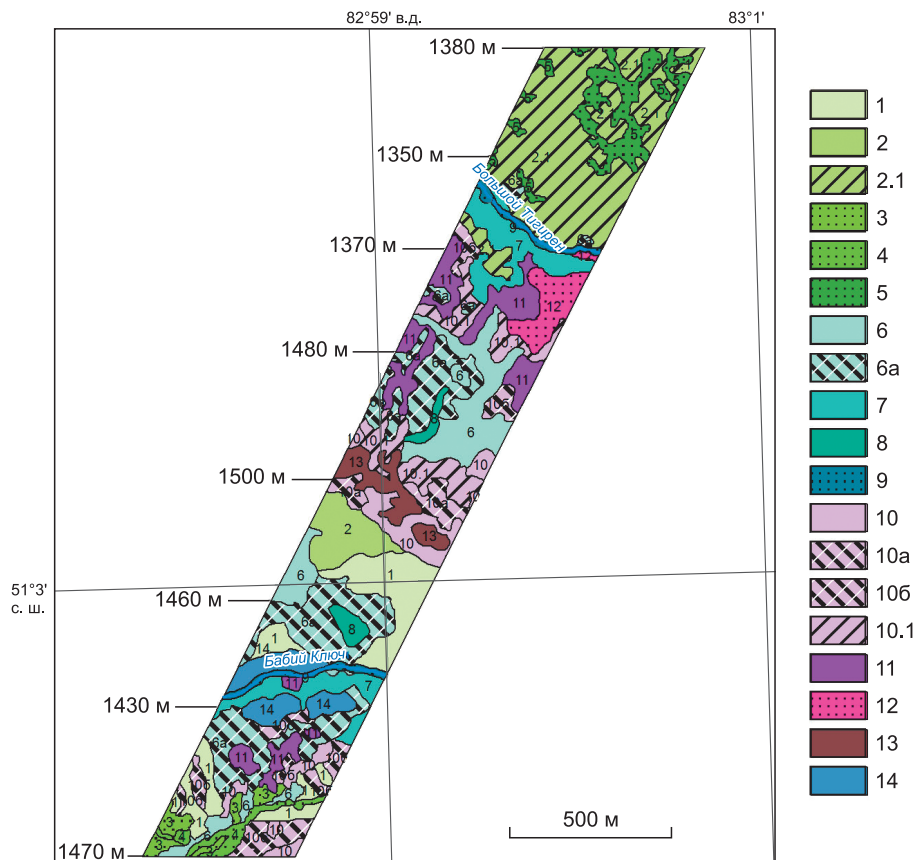


Рис. 2. Карта растительности высокогорий западной части Тигирецкого хребта (М 1:25 000).

#### ЛЕГЕНДА

##### Субальпийские редколесья

1. Березово-кедровые (*Pinus sibirica*, *Betula tortuosa*) горцово-мятликовые (*Poa sibirica*, *Bistorta major*) редколесья в верхних частях пологих склонов хребтов.
2. Березово-пихтовые (*Abies sibirica*, *Betula tortuosa*) крупнотравные (*Veratrum lobelianum*, *Phlomis alpina*, *Stemmacantha carthamoides*) редколесья в средних и нижних частях пологих склонов долин рек.
  - 2.1. Сочетания: березово-пихтовые (*Abies sibirica*, *Betula tortuosa*) крупнотравные (*Veratrum lobelianum*, *Phlomis alpina*) редколесья по ровным участкам склонов и высокотравные зопниково-кочедыжниково-черешицевые (*Veratrum lobelianum*, *Athyrium distentifolium*, *Phlomis alpina*) субальпийские луга по пологим эрозионным ложбинам стока на пологих склонах хребтов.
3. Морфолитосерия: кедровые (*Pinus sibirica*) чернично-бадановые (*Bergenia crassifolia*, *Vaccinium myrtillus*) редколесья и вейниково-бадановые (*Bergenia crassifolia*, *Calamagrostis langsdorffii*) сообщества на выходах горных пород в гребневой части хребтов.
4. Морфолитосерия: березово-пихтово-кедровые (*Pinus sibirica*, *Abies sibirica*, *Betula tortuosa*) баданово-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Bergenia crassifolia*) редколесья и горцово-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Bistorta major*) альпийские луга на выходах горных пород в гребневой части хребтов.
5. Морфолитосерия: березово-пихтово-кедровые (*Pinus sibirica*, *Abies sibirica*, *Betula tortuosa*) баданово-вейниковые (*Calamagrostis langsdorffii*, *Bergenia crassifolia*) редколесья и кустарниковые (*Ribes nigrum*) крупнотравно-вейниковые (*Calamagrostis langsdorffii*, *Veratrum lobelianum*, *Phlomis alpina*) субальпийские луга на выходах горных пород в средних частях склонов хребтов.

##### Субальпийские луга

6. Осоково-вейниково-черешицевые (*Veratrum lobelianum*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Carex aterrima*) луга в верхних и средних частях пологих склонов хребтов.
  - 6а. Злаково-крупнотравно-черешицевые (*Veratrum lobelianum*, *Phlomis alpina*, *Anthoxanthum alpinum*) луга в нижних частях пологих склонов долин рек.
7. Копеечниково-зопниковые (*Phlomis alpina*, *Hedysarum neglectum*) луга в нижних частях пологих склонов долин рек.
8. Гераниево-вейниковые (*Calamagrostis langsdorffii*, *Geranium albiflorum*) луга в средних частях вогнутых склонов долин рек.
9. Пойменная серия: калужницево-осоковые (*Carex aterrima*, *Caltha palustris*) луга – осоково-черешицевые (*Veratrum lobelianum*, *Carex aterrima*) луга, местами с фрагментами березовых (*Betula tortuosa*) осоково-вейниковых (*Calamagrostis langsdorffii*, *Carex aterrima*) криволесий.



#### Альпийские луга

10. Чернично-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Vaccinium myrtillus*) луга в верхних частях пологих склонов хребтов.
  - 10а. Разнотравно-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Oxytropis altaica*, *Galium densiflorum*, *Geranium albiflorum*) луга на пологих верхних участках склонов.
  - 10б. Чемерицево-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Veratrum lobelianum*) луга в верхних и средних частях пологих склонов хребтов.
    - 10.1. Сочетания: разнотравно-душистоколосковые (*Anthoxanthum alpinum*, *Oxytropis altaica*, *Galium densiflorum*) луга на ровных участках склонов и ивовые (*Salix glauca*) травяно-зеленомошные (*Patrinia sibirica*, *Viola altaica*, *Pleurozium schreberii*) сообщества по эрозионным ложбинам в верхних частях склонов хребтов.
11. Чернично-осоково-timoфеевковые (*Phleum alpinum*, *Carex aterrima*, *Vaccinium myrtillus*) луга в средних и нижних частях склонов долин рек.
12. Хионофильная серия: дорониковые (*Doronicum altaicum*) луга – лютиковые (*Ranunculus grandifolius*, *R. altaicus*) луга на вогнутых склонах по периферии снежников.

#### Горные тундры

13. Овсяницево-лишайниковые (*Cladonia arbuscula*, *Cetraria islandica*, *Festuca ovina*) тундры в сочетании с баданово-осоково-лишайниковыми (*Cladonia arbuscula*, *Cetraria islandica*, *Carex melanocephala*, *Bergenia crassifolia*) сообществами на пологих каменистых участках водоразделов.

#### Болота

14. Осоково-сфагновые (*Sphagnum subsecundum*, *Carex aterrima*, *C. melanocephala*) болота на пологих поверхностях речных террас.

пределения сообществ, связанные с перераспределением вещества по градиенту горных склонов.

Легенда карты включает 19 подразделений, среди которых 8 относится к гетерогенным структурам. Ценолитическое разнообразие представлено сообществами субальпийских лугов и редколесий, имеющих фоновое распространение, с участием альпийских лугов и высокогорных тундр (рис. 2). Наиболее распространена в условиях гумидного климата, мощного снегонакопления растительность криомезофильного эколого-исторического ряда (Седельников, 1988). Значительную площадь (30 % от общей площади ключевого участка) занимают фоновые для пояса высокотравные субальпийские луга, распространенные по ровным и вогнутым склонам водосборных бассейнов, нижним и средним частям склонов долин рек. Высокая фитоценолитическая активность характерна для *Veratrum lobelianum* Bernh., *Phlomis alpina* Pall., *Stemmacantha carthamoides* (Willd.) Dittrich; незначительную примесь составляют альпийские виды – *Pedicularis compacta* Stephan, *Gentiana grandiflora* Laxm., *Trisetum altaicum* Roshev. Ценолитическое разнообразие субальпийских лугов, как и их видовое богатство, относительно невелико. Преобладают сообщества чемерицевой, зопниковой и левзеевой формаций, ценофлоры которых характеризуются сходным составом.

Субальпийские редколесья на горных склонах образуют сложные пространственные сочетания с субальпийскими и альпийскими лугами. Типологическое разнообразие редколесий включает два класса ассоциаций, широко представленных в высокогорьях альпийского типа, – пихтово-кедровых баданово-мохово-лишайниковых и кедрово-пихтовых высокотравных редколесий. В структуре

растительного покрова сообщества мохово-лишайникового класса занимают элювиальные позиции фитокатен; их развитие тесно связано с каменистыми останцами на гребнях хребтов. Наименее распространены (10 % от площади ключевого участка) сообщества альпийских лугов и высокогорных тундр. Альпийские луга и высокогорные тундры занимают каменистые поверхности хребтов и приводораздельные склоны. Разнообразие альпийских лугов включает ценозы душистоколосковой (*Anthoxanthum alpinum* A. Love et D. Love) формации. К периферийным частям снежников, на вогнутых участках склона долины Большого Тигирека, приурочены серии альпийских хионофильных лугов. Небольшие площади на ключевом участке занимают баданово-осоково-овсяницево-мохово-лишайниковые тундры на каменистых гребнях хребтов. Развитие этих сообществ связано с автоморфными позициями, каменистым субстратом, представленным как крупным щебнем, так и щебнистым мелкоземом, а также меньшим увлажнением по сравнению с подчиненными позициями на склоне.

Локально распространены на исследуемой территории травяно-сфагновые болота и хионофильные луга. К субгоризонтальной поверхности террасы р. Бабий Ключ приурочены осоково-сфагновые болота. Они развиваются в условиях застойного увлажнения при высоком положении грунтовых вод. Доминантами травостоя выступают осоки (*Carex aterrima* Hoppe, *C. melanocephala* Turcz.), в примеси участвуют альпийские виды (*Swertia obtusa* Ledeb., *Sanguisorba alpina* Bunge). Сомкнутый напочвенный покров образует сфагнум (*Sphagnum subsecundum* Nees). На вогнутых участках склона левого борта долины р. Большой

Тигирек в условиях постоянного подпочного увлажнения от снежников формируется серия альпийских лугов, представленная дорониковыми (*Doronicum altaicum* Pall.) и лютиковыми (*Ranunculus grandifolius* С.А. Мей., *R. altaicus* Laxm.) ценозами. Основу сообществ составляют альпийские виды, развит несомкнутый моховой покров из *Polytrichum strictum* Brid. Такие сообщества имеют фрагментарное развитие, но широкое географическое распространение в высокогорьях Алтае-Саянской горной области (Седельников, 1988).

Растительность на территории ключевого участка формируется под воздействием литологических и флювиальных процессов, которые определили формирование гетерогенных структур двух классов. Структуры петрофитного класса образуются в условиях выходов горных пород, степенью выраженности и фракционным составом которых определяется пространственная организация растительного покрова. К островершинным гребням с каменистыми останцами, а также обнажениям горных пород в верхних частях склонов хребтов приурочены сочетания лугов и редколесий. Для крупновалунного субстрата характерны разреженные редколесья, которые произрастают в сочетании с альпийскими лугами на мелкоземном субстрате. На территории ключевого участка гетерогенные структуры петрофитного класса занимают 15 % от общей площади.

Структуры флювиального класса развиты на двух топологических уровнях. Эти структуры в субальпийском поясе наиболее распространены на хорошо увлажненных дренированных склонах средней крутизны, на которых развита густая сеть малых водотоков с невыработанными долинами. Закономерное чередование высокоотравных субальпийских лугов и редколесий выявляется при

визуальном дешифрировании космических снимков высокого пространственного разрешения и находит отображение на крупномасштабной карте растительности. С эрозионной деятельностью водотоков связано развитие крупновалунных каменистых обнажений, в результате чего вдоль них формируются полосы вейниковых (*Calamagrostis langsдорффи* (Link) Trin., *C. neglecta* (Ehrh.) Gaertn., B. Mey. et Schreb.), папоротниковых (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz) ценозов. Структуры флювиального класса также характерны для нижних частей долин рек, узких участков пойм и террас, в условиях которых формируются пойменные серии альпийско-луговых и высокоотравных субальпийско-луговых сообществ, местами с участием редколесий. В связи с хорошо выраженной сетью долин малых рек структуры флювиального класса широко распространены (30 % от общей площади ключевого участка).

Высокое ценотическое разнообразие высокогорий Западного Алтая отражает богатый состав разнотипных сообществ и их сложную пространственную организацию, которая обусловлена закономерностями, связанными с эколого-топологическими условиями. На внутривысогорном уровне они являются важнейшими факторами пространственной дифференциации разнообразия. Эти закономерности находят объяснение через морфометрические показатели рельефа. Важную роль в перераспределении факторов играет крутизна склонов, к которой у сообществ разных типов растительности разная приуроченность (табл. 3). Субальпийские луга с фоновым распространением в пределах субальпийского пояса преобладают в транзитных частях пологих и средней крутизны склонов (3–15°). Амплитуда экологических условий их развития достаточно узкая – они предпо-

Таблица 3

**Приуроченность растительности высокогорий Тигирекского хребта к склонам разной экспозиции и крутизны**

Рельеф	Морфометрический показатель рельефа, %	Типологические подразделения растительности, %		
		Субальпийские луга	Субальпийские редколесья в сочетании с субальпийскими лугами	Альпийские луга
Ровные поверхности (0–2°)	4	1	0	2
Пологие склоны (3–10°)	30	41	14	29
Склоны средней крутизны (11–20°)	52	55	78	50
Крутые склоны (>20°)	14	3	8	19
<i>Всего:</i>		100		
Склоны экспозиций:				
северной	48	64	5	81
южной	22	27	8	13
западной и восточной	30	9	87	6
<i>Всего:</i>		100		

читают местообитания с избыточным проточным увлажнением, без заболачивания. На плоских поверхностях речных террас с высоким уровнем грунтовых вод формируются осоково-сфагновые болота, а на плоских водоразделах на высотах более 1500 м – альпийские луга и высокогорные тундры. Сходный характер экотопической приуроченности имеют редколесья, формирующие сочетания с субальпийскими лугами. Повышенная гумидность климата обуславливает широкое развитие речной сети из малых рек и ручьев, в долинах которых субальпийские луга произрастают в сочетании с редколесьями. Видовой состав, структура сообществ высокогорных субальпийских лугов и редколесий сходны, однако редколесья развиваются в условиях более расчлененного рельефа, тяготея к склонам крутизной более 10°, часто каменистым.

Альпийские луга и горные тундры в высокогорьях Тигирецкого хребта развиты фрагментарно. Они формируются на высотах более 1400 м, что является нижним пределом распространения сообществ этого типа в горах Южной Сибири и одним из показателей гумидного климата высокогорий. Альпийско-тундровый пояс имеет фрагментарное развитие, сообщества, входящие в его состав, занимают ограниченный спектр местообитаний. Альпийские луга формируются почти исключительно в элювиальных частях склонов со значительной каменистостью и низкой трофностью. При этом они достаточно равномерно распределены по склонам разной крутизны. В верхних и средних частях склонов с эрозионными ложбинами они образуют сочетания с кустарниковыми ивовыми сообществами. Особые хионофильные луга формируют серии по периферии снежников на вогнутых участках склонов. Сочетания горно-

тундровых сообществ локально встречаются на выположенных водоразделах в условиях развития мелкощепнистого субстрата.

Закономерности, связанные с приуроченностью к склонам разных экспозиций, в субальпийском и альпийско-тундровом поясах Тигирецкого хребта нивелируются общей гумидностью климата. Пространственная структура сообществ альпийских, субальпийских лугов и редколесий на топологическом уровне складывается на фоне дифференциации поверхности склонов по крутизне и форме. На ключевом участке по занимаемой площади доминируют контрастные теневые и световые склоны (за счет субширотной ориентации долин рек). Для альпийских лугов по сравнению с субальпийскими отмечается несколько большее тяготение к теневым склонам (81 % площади против 64 %). Сочетания редколесий и лугов доминируют на склонах западной экспозиции, что объясняется высокой каменистостью правого борта долины р. Большой Тигирек в ее верховьях.

На примере оценки пространственной организации растительного покрова высокогорий западной части Тигирецкого хребта можно выявить некоторые общие черты, свойственные всему Западному Алтаю. Растительный покров характеризуется высоким ценотическим разнообразием, в пространственной организации которого главенствующую роль играет перераспределение экотопических факторов в соответствии с положением на разных уровнях горных хребтов, формой и крутизной склонов. Экспозиционные различия в силу повышенной гумидности климата выражены в растительном покрове в меньшей степени (гетерогенные структуры, связанные с экспозицией, не отражены на крупномасштабной карте).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мелкомасштабное картографирование растительности Западного Алтая отразило пространственные закономерности ценотического разнообразия на высотно-поясном уровне, что позволило дать оценку разнообразия в пределах единиц ботанико-географического районирования. На уровне формаций и их классов выделено 13 подразделений растительности, которые формируют степной, лесостепной, горно-таежный, субальпийский и альпийско-тундровый пояса. Выбранные критерии и показатели разнообразия отражают разные стороны его пространственной дифференциации. Наибольшая сложность структуры растительного покрова характерна для лесостепного и субальпийского поясов, она определяется богатством типологического состава растительности и структурно-динамических категорий растительных сообществ, развитие которых связано с элементами горного рельефа. Среднечарышский та-

ежно-кустарниково-лесостепной район имеет наибольшее разнообразие в Западно-Алтайской провинции как за счет развития наибольшего числа высотных поясов, так и максимального значения индекса фрагментарности лесов.

Крупномасштабное картографирование растительности Западного Алтая отразило пространственные закономерности ценотического разнообразия на эколого-топологическом уровне, раскрытые на примере субальпийского и альпийско-тундрового поясов в пределах территории Тигирецкого заповедника. В высокогорьях западной части Тигирецкого хребта на высотах 1200–1400 м фоновое развитие получают высокогорные субальпийские луга и редколесья на пологих склонах долин, речных террасах. Ценотическое разнообразие высокогорий, выявленное для модельного полигона, определяется 19 подразделениями легенды карты, включающей гомогенные

единицы и гетерогенные структуры. Для пространственной организации растительного покрова пояса характерно активное взаимопроникновение редколесных и луговых субальпийских сообществ, фрагментарное участие альпийских лугов и высокогорно-тундровых сообществ. Ведущими факторами пространственной дифференциации растительного покрова субальпийского и альпийско-тундрового поясов Тигирецкого хребта выступает расчлененность горного рельефа. Параметры крутизны и экспозиции склонов, а также катенарного положения определяют дифференциацию сообществ на экотопическом уровне. По бортам долин рек, на пологих и средней крутизны склонах в субальпийском поясе доминируют субальпийские луга, местами в сочетании с редколесьями. Крутые верхние части склонов в альпийско-тундровом поясе заняты альпийскими лугами, а пологонаклонные поверхности – фрагментами горных тундр.

Выполненное исследование значимо как опыт применения алгоритма разномасштабного карто-

графирования при анализе ценотического разнообразия Западного Алтая на региональном (высотно-поясном) и топологическом (внутрипоясном) уровнях. Кроме того, оно вносит вклад в исследование биоразнообразия Тигирецкого заповедника, являясь шагом на пути к крупномасштабному картографированию растительности всей его территории.

Автор выражает благодарность директору Государственного природного заповедника “Тигирецкий”, к.б.н. П.В. Голякову и зам. директора по науке, к.б.н. Е.А. Давыдову за предоставление возможности проведения исследований на территории заповедника.

*Работа выполнена при частичной поддержке молодежного проекта Русского географического общества “Оценка ботанического разнообразия Западного Алтая для мониторинга и сохранения уникальных горных экосистем”.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А.** Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8, № 4. С. 285–302.
- Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П.** Картографическое изучение биоты. Иркутск, 2002. 161 с.
- Ермаков Н.Б., Полякова М.А., Черникова Т.С.** Картографирование лесной растительности в горах Алтае-Саянской горной области // Вестн. НГУ. Сер.: Биология, клиническая медицина. 2012. Т. 10, вып. 2. С. 24–30.
- Зятькова Л.К.** Структурная геоморфология Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, 1977. 215 с.
- Королюк А.Ю.** Геоботаническая карта как основа оценки биологического и экотопического разнообразия территории // Чтения памяти Ю.А. Львова: Материалы II Межрегион. экол. конф. Томск, 1998. С. 3–4.
- Кренке А.Н., Пузаченко Ю.Г.** Построение карты ландшафтного покрова на основе дистанционной информации // Экологическое планирование и управление. 2008. Т. 2, № 7. С. 10–25.
- Кузнецов Ю.А.** К геоморфологии северо-западной окраины Алтая // Изв. Том. политехн. ин-та. 1950. Т. 65, вып. 2. С. 259–261.
- Куминова А.В.** Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960. 450 с.
- Намзалов Б.Б.** Опыт крупномасштабного картирования растительности гор Юго-Восточного Алтая // Геоботаническое картографирование. 1991. СПб., 1992. С. 46–63.
- Огуреева Г.Н.** Ботаническая география Алтая. М., 1980. 192 с.
- Огуреева Г.Н.** Ботанико-географическое районирование СССР. М., 1991. 78 с.
- Огуреева Г.Н.** Структурно-динамические категории в растительном покрове горных территорий // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1994. Т. 99, № 2. С. 76–85.
- Огуреева Г.Н., Котова Т.В.** Картографирование биоразнообразия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География. 2004. № 2. С. 24–28.
- Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И.** Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск, 1986. 225 с.
- Седельников В.П.** Флора и растительность высокогорий Кузнецкого Алатау. Новосибирск, 1979. 168 с.
- Седельников В.П.** Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, 1988. 223 с.
- Сочава В.Б.** Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, 1978. 292 с.
- Сочава В.Б.** Рубежи на геоботанических картах и буферные растительные сообщества // Геоботаническое картографирование. 1979. Л., 1979. С. 3–11.
- Сукачев В.Н., Зонн С.В.** Методические указания к изучению типов леса. М., 1961. 144 с.
- Юрцев Б.А.** Флора как природная система // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1982. Т. 87, № 4. С. 3–22.
- Cord A.F., Klein D., Gernandt D.S., Pérez de la Rosa J.A., Dech S.** Remote sensing data can improve predictions of species richness by stacked species distribution models: a case study for Mexican pines // J. Biogeogr. 2014. V. 41, No. 4. P. 736–748.
- Sant E.D., Simonds G.E., Ramsey R.D., Larsen R.T.** Assessment sagebrush cover using remote sensing at multiple spatial and temporal scale // Ecol. Indicators. 2014. V. 43. P. 297–305.
- Wickham J.D., Riitters K.H., Wade T.G., Coulston J.W.** Temporal change in forest fragmentation at multiple scales // Landscape Ecol. 2007. No. 22. P. 481–489.