

---

## ГЕОБОТАНИКА

---

УДК 581.526.53

### ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «УЙТАГ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

© **О. О. Порабейкина**  
O. O. Porabeikina

Studying the spatial structure of plant communities of the Uitag natural monument  
using Earth remote sensing data

*ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», кафедра биологии  
655017, Россия, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92. Тел. +7 (950) 304-10-80, e-mail: onea90@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты по изучению пространственной организации растительного покрова особо охраняемой природной территории регионального значения «Памятник природы «Уйтаг» с использованием космических снимков Landsat-8. Впервые проведена классификация растительности в системе Браун-Бланке, создана ординационная модель связей растительных сообществ с ведущими экологическими факторами, а также оригинальная крупномасштабная геоботаническая картографическая модель. На основе результатов градиентного анализа выявлены ведущие экологические факторы, определяющие разнообразие степных сообществ и обуславливающие пространственное распределение степей – влажность субстрата и фактор петрофитности. С использованием космических снимков высокого разрешения выявлены фитоценохоры в ранге микрокомбинаций, представляющие сочетания фитоценозов, обусловленные особенностями рельефа, почвенного покрова и влажности.

Ключевые слова: фиторазнообразие, степная растительность, ординация, фитоценохоры, крупномасштабное картографирование, Хакасия, Уйтаг.

Abstract. The article presents the results of studying the spatial organization of steppe plant communities in a specially protected natural area of regional significance «Uitag» using Landsat-8 satellite images. Classification of the vegetation was created in the Braun-Blanquet system and ordination model of relationships between vegetation and leading environmental factors was created. The leading environmental factors determining the diversity and spatial structure of steppes (humidity and type of bedrock) were revealed using gradient analysis. The phytocoenochores at the rank of microcombinations determined by the relief, bedrocks characteristics and humidity were identified using high-resolution satellite images. Original vegetation map at a scale of 1 : 50000 and legend for it was developed.

Keywords: phytodiversity, steppe vegetation, ordination, phytocoenochores, large-scale mapping, Khakassia, Uitag.

DOI: 10.22281/2686-9713-2024-2-45-58

### Введение

В соответствии с постановлением Правительства Республики Хакасия № 31 от 1.02.2022 «О внесении изменений в схему развития и размещения особо охраняемых природных территорий Республики Хакасия на период до 2024 года», функционирует сеть ООПТ с общей площадью 931,5 тыс. га, что составляет 15,1% от площади республики. Памятник природы «Уйтаг» создан для сохранения естественных степных комплексов, в том числе редких и уязвимых видов растений, занесённых в Красную книгу Российской Федерации и Красную книгу Республики Хакасия. В связи с этим, высокое научное и прикладное значение имеет изучение фитоценотического разнообразия, флористического состава, экологии и пространственной организации растительности этой ООПТ. Основой решения этих задач выступает разработка системы клас-

сификации растительности заповедного участка и прилегающих территорий, которые до настоящего времени изучены крайне недостаточно, а также представление новых данных о закономерностях формирования пространственной структуры растительного покрова.

Территория памятника природы «Уйтаг», состоящая из двух участков общей площадью 235 га, расположена в центральной, наиболее пониженной части Минусинской котловины; с юго-запада, юга и юго-востока ограничена долиной р. Абакан, с северо-запада – отрогами Абаканского хребта (Архиповскими горами, массивом Сарж) и долиной р. Камышта; с востока и северо-востока – бессточными котловинами озёр Солёное (Ханкуль), Утичье. Левобережье Абакана до хребта Азыр-Тал занято Уйбатской степью – слабохолмистой равниной с абсолютными высотами не более 400–500 м н. у. м. (Nikol'skaia, 1968). Растительный покров исследуемой территории принадлежит к степному поясу с преобладанием мелководновинных, в меньшей степени крупнодерновинных настоящих степей. В результате исследования флоры памятника природы «Уйтаг» было выявлено 247 видов высших сосудистых растений, относящихся к 43 семействам и 165 родам.

Целью работы являлась классификация фоновой степной растительности и характеристика выявленных синтаксономических единиц, изучение экологических закономерностей и картографирование пространственной организации естественной растительности на территории памятника природы (эталонной для степного пояса Минусинской межгорной котловины) с использованием данных дистанционного зондирования.

### **Объекты и методы исследования**

Материалом для классификации послужили 70 описаний горно-степных растительных сообществ, выполненных на площадках в 100 м<sup>2</sup> в июле-августе 2023 г. на территории памятника природы «Уйтаг». Заложение пробных площадей и изучение состава растительности осуществлялось методом маршрутных геоботанических исследований (Polevaia..., 1964). При выполнении описаний особое внимание уделялось полному учёту флористического состава, а также выявлению закономерностей приуроченности растительных сообществ к элементам рельефа. Для геопозиционирования геоботанических описаний использовался GPS-навигатор Garmin 64ST.

Из всех выполненных геоботанических описаний была создана база данных на основании стандартного европейского пакета TURBOVEG. Количественная классификация геоботанических описаний осуществлялась в пакете JUICE 7.0 методом кластерного анализа TWINSPAN (Hill, 1979). Классификация растительных сообществ выполнена методом Ж. Браун-Бланке (Westhoff, Maarel, 1973). Использованы комбинации диагностических видов, включающие характерные и дифференциальные. Обилие-покрытие видов дано по 7-балльной шкале Ж. Браун-Бланке; класс постоянства определён по шкале: «+» – вид встречается в 1–10% описаний, «I» – 11–20%, «II» – 21–40%, «III» – 41–60%, «IV» – 61–80%, «V» – 81–100%. Названия видов даны по сводке С. К. Черепанова (Cherepanov, 1995).

Определение ведущих экологических факторов (градиентный анализ), обуславливающих разнообразие и пространственную организацию степной растительности, выполнено на основе DCA-ординации (Detrended Correspondence Analysis) в программе DECORANA (Hill, 1979).

Изучение пространственной организации степной растительности ключевого полигона осуществлено с использованием многоспектральных снимков, полученных со спутников Landsat-8 с разрешением от 15 до 30 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 11 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения. В рамках работы была использована методика автоматизированного обучения и визуального картирования территории. В качестве основы был взят цветовой синтез снимков в системе естественных цветов (RGB). Изображение представляет собой цветное синтезированное изображение с комбинацией каналов 5, 6 и 4 (1 пиксел = 10 × 10 м). Для анализа снимков использовался модуль Orfeo ToolBox программного пакета QGIS 3.22.5.

## Результаты и их обсуждение

По результатам классификации установлено, что разнообразие степной растительности представлено двумя высшими географическими категориями, соответствующими классам *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. ex Korotkov 1991 (центральноазиатские степи) и *Festuco-Brometea* Вг.-Bl. et Tx. ex Соó 1947 (степи европейско-сибирского типа) и относится к 3 порядкам, 1 подпорядку, 5 союзам, 2 подсоюзам, 9 ассоциациям и 2 субассоциациям, ранее описанным в различных работах (Korolyuk, Makunina, 1998; Makunina, 2006, 2011; Mirkin, 2012; Ermakov et al., 2012; Ermakov et al., 2014; Larionov, 2014, Larionov et al, 2015) (табл. 1).

Таблица 1

Синоптическая таблица сообществ петрофитно-степной растительности памятника природы «Уйтаг»

Table 1

Synoptic table of communities of petrophyte-steppe vegetation of the Uytag natural monument

Название вида	Синтаксоны											
	Ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество описаний	8	5	4	6	7	8	7	7	5	5	8	
<i>Диагностические виды (д. в.) асс. Bupleuro multinervi-Helictotrichetum desertorum</i>												
<i>Aconitum barbatum</i>	hl	IV	I	.	V	II	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea asiatica</i>	hl	V	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia laciniata</i>	hl	V	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula glomerata</i>	hl	V	III	III	III	I	.	.	.	.	.	.
<i>Elymus gmelinii</i>	hl	V	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium boreale</i>	hl	III	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geranium pratense</i>	hl	V	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>G. pseudosibiricum</i>	hl	V	II	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helictotrichon pubescens</i>	hl	IV	V	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium umbellatum</i>	hl	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Primula cortusoides</i>	hl	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>P. macrocalyx</i>	hl	V	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.
<i>Sanguisorba officinalis</i>	hl	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saussurea controversa</i>	hl	V	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tragopogon orientalis</i>	hl	V	V	.	I	.	.	.	.	.	.	III
<i>Trommsdorfia maculata</i>	hl	V	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.
<i>Veratrum nigrum</i>	hl	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica krylovii</i>	hl	II	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Д. в. асс. Fragario viridis-Stipetum pennatae</i>												
<i>Agrimonia pilosa</i>	hl	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Amoria repens</i>	hl	IV	V	.	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca pratensis</i>	hl	.	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geum aleppicum</i>	hl	III	IV	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria graminea</i>	hl	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium pratense</i>	hl	I	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Д. в. субасс. Artemisio glaucae-Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae</i>												
<i>Artemisia tanacetifolia</i>	hl	.	II	IV	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Iris ruthenica</i>	hl	.	IV	V	V	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Aster alpinus</i>	hl	.	II	V	I	IV	III	I	III	.	.	.
<i>Bupleurum multinerve</i>	hl	.	.	V	I	II	.	.	.	.	.	.
<i>Д. в. асс. Artemisio glaucae-Caricetum pediformis</i>												
<i>Artemisia glauca</i>	hl	V	.	.	IV	I	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula sibirica</i>	hl	.	.	II	III	I	.	.	.	.	.	.
<i>Stipa capillata</i>	hl	V	V	IV	V	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Bupleurum scorzonerifolium</i>	hl	.	.	.	II	IV	.	.	IV	.	.	.
<i>Thermopsis lanceolata</i>	hl	.	.	IV	II	.	II	V	.	.	.	IV
<i>Д. в. асс. Youngio tenuifoliae-Helictotrichetum desertorum</i>												
<i>Eritrichium pectinatum</i>	hl	.	.	.	III	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Hedysarum gmelinii</i>	hl	.	II	.	II	V	.	.	.	.	.	IV
<i>Polygala sibiric</i>	hl	.	II	I	III	V	.	.	.	.	.	.
<i>Stevenia cheiranthoide</i>	hl	.	.	.	III	IV	.	.	.	.	.	II
<i>Thymus petraeus</i>	ml	.	.	.	.	V	.	.	V	I	.	.
<i>Youngia tenuifolia</i>	hl	.	II	.	III	V	.	.	.	II	.	.

Название вида	Синтаксоны											
	Ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Д. в. подсоюза <i>Youngio tenuifoliae–Helictotrichenion desertorum</i>												
<i>Onosma simplicissima</i>	hl	III	II	.	.	V	.	.	.	.	.	.
<i>Scorzonera austriac</i>	hl	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.	II
Д. в. союза <i>Veronico incanae–Helictotrichion desertorum</i>												
<i>Artemisia frigida</i>	hl	.	.	IV	III	III	.	.	.	II	V	IV
<i>Carex supin</i>	hl	.	.	.	II	V	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica incana</i>	hl	.	.	.	V	V	I	V	V	.	.	V
<i>Goniolimon speciosum</i>	hl	.	.	IV	V	V	.	I	.	V	II	.
Д. в. порядка <i>Stipetalia sibiricae</i>												
<i>Aconitum anthoroideum</i>	hl	V	IV	I	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia gmelinii</i>	hl	V	V	III	III	V	.	.	.	.	.	.
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	sl	IV	IV	II	I	I	.	.	.	.	.	.
<i>Gypsophila altissima</i>	hl	I	II	.	V	II	.	.	.	.	.	.
<i>Helictotrichon desertorum</i>	hl	V	V	IV	V	V	.	.	.	.	.	V
<i>H. schellianu</i>	hl	V	V	.	V	.	V	III	.	I	V	.
<i>Poa transbaicalica</i>	hl	I	I	III	.	III	.	.	.	.	.	.
<i>Schizonepeta multifida</i>	hl	.	.	III	.	III	.	.	.	.	.	.
<i>Scutellaria supina</i>	hl	V	V	.	V	II	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum petaloideum</i>	hl	.	.	IV	III	III	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia nervata</i>	hl	V	V	.	V	II	.	.	.	.	.	.
Д. в. класса <i>Festuco–Brometea</i>												
<i>Adonis vernalis</i>	hl	.	.	II	III	I	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia latifolia</i>	hl	V	.	IV	III	III	.	.	.	.	.	.
<i>A. sericea</i>	hl	V	V	.	V	II	.	.	.	.	.	.
<i>Astragalus danicus</i>	hl	V	V	III	V	V	.	I	.	.	.	II
<i>Carex humilis</i>	hl	V	V	II	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaurea scabiosa</i>	hl	V	V	.	V	I	.	.	.	.	.	II
<i>Crepis praemorsa</i>	hl	V	V	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca pseudovina</i>	hl	III	.	II	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria viridis</i>	hl	II	I	IV	V	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago falcata</i>	hl	V	V	IV	V	V	.	.	.	.	.	III
<i>Onobrychis arenaria</i>	hl	V	.	IV	II	V	.	II	.	.	.	.
<i>Phleum phleoides</i>	hl	V	V	IV	II	V	I	.	.	.	.	.
<i>Phlomooides tuberosa</i>	hl	V	.	IV	III	V	.	.	.	.	I	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	hl	.	III	.	IV	.	.	.	.	.	.	.
<i>Plantago urvillei</i>	hl	V	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa angustifolia</i>	hl	V	V	V	I	III	.	I	II	.	.	.
<i>Polygala comosa</i>	hl	V	.	II	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla argentea</i>	hl	V	IV	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>P. humifusa</i>	hl	V	II	III	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	hl	V	.	IV	.	III	.	.	.	.	.	.
<i>Seseli libanotis</i>	hl	III	.	II	I	I	.	.	.	.	.	.
<i>Stipa dasyphylla</i>	hl	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>S. pennata</i>	hl	III	V	II	.	II	.	.	.	II	.	.
<i>S. zalesskii</i>	hl	V	.	.	III	I	.	.	.	.	.	.
<i>Tephrosieris integrifolia</i>	hl	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
Д. в. acc. <i>Achnathero sibirici–Stipetum krylovii</i>												
<i>Achnatherum sibiricum</i>	hl	.	.	.	III	.	V	.	.	.	.	II
<i>Allium ramosum</i>	hl	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.
<i>Elytrigia lolioides</i>	hl	.	.	.	.	.	V	II	.	.	.	.
<i>Serratula marginata</i>	hl	.	.	.	.	.	IV	.	.	.	.	.
<i>Sibbaldianthe adpressa</i>	hl	.	.	.	.	.	II	II	.	.	.	II
Д. в. acc. <i>Thalictro foetidi–Festucetum valesiacaе</i>												
<i>Artemisia commutata</i>	hl	.	.	II	.	III	IV	IV	V	II	I	.
<i>Scorzonera radiata</i>	hl	.	II	.	.	.	.	V	.	.	.	.
<i>Carex pediformis</i>	hl	.	.	.	.	.	II	V	V	III	.	.
<i>Galium verum</i>	hl	V	.	.	.	.	.	V	.	I	.	III
<i>Pulsatilla patens</i>	hl	III	.	.	.	.	II	II	.	IV	V	.
<i>Thalictrum foetidum</i>	hl	.	.	.	.	.	I	V	.	.	.	.
Д. в. союза <i>Festuco valesiacaе–Caricion pediformis</i>												
<i>Caragana pygmaea</i>	hl	.	.	.	.	.	III	I	V	II	V	.

Название вида	Синтаксоны											
	Ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Festuca valesiaca</i>	hl	.	.	IV	.	.	IV	III	.	II	I	II
<i>Helictotrichon altaicum</i>	hl	.	.	.	.	.	IV	IV	IV	IV	IV	.
<i>Heteropappus altaicus</i>	hl	.	.	.	.	.	V	IV	.	I	I	.
<i>Potentilla bifurca</i>	hl	.	.	IV	.	.	V	III	III	.	.	IV
Д. в. acc. <i>Youngio tenuifoliae</i> – <i>Agropyretum cristati</i>												
<i>Kitagawia baicalensis</i>	hl	.	.	.	III	.	.	.	V	.	.	.
Д. в. субасс. <i>Androsaco dasyphyllae</i> – <i>Caricetum pediformis caricetosum humilis</i>												
<i>Dracocephalum discolor</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	IV	.	.
Д. в. acc. <i>Androsaco dasyphyllae</i> – <i>Caricetum pediformis</i>												
<i>Arctogeron gramineum</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	III	V	.
<i>Gypsophila patrinii</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	V	V	V
<i>Kobresia filifolia</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	III	V	.
<i>Allium stellerianu</i>	hl	.	II	.	.	.	.	.	.	IV	V	.
<i>Minuartia verna</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	III	.	V	.
<i>Androsace dasyphylla</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	IV	IV	.
<i>Adenophora rupestris</i>	hl	.	.	.	I	.	.	.	.	.	III	.
<i>Festuca sibirica</i>	hl	.	.	.	.	.	.	I	I	.	IV	.
<i>Oxytropis intermedia</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	IV
Д. в. союза <i>Eritrichio pectinati</i> – <i>Selaginellion sanguinolentae</i>												
<i>Alyssum obovatum</i>	hl	.	.	.	III	.	.	.	.	V	II	V
<i>A. lenense</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	III	V	V
<i>Elytrigia geniculata</i>	hl	.	.	II	III	.	.	.	.	IV	IV	V
<i>Eritrichium jenseense</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	I	V	.
<i>Orostachys spinosa</i>	hl	.	.	.	III	.	.	.	.	V	V	V
<i>Selaginella sanguinolenta</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	II	II	IV
<i>Silene jenseensis</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	II	I	II
<i>S. graminifolia</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	V	IV	V
Д. в. acc. <i>Artemisia frigidae</i> – <i>Stipetum krylovii</i> , союза <i>Kochio prostratae</i> – <i>Stipion krylovii</i> , порядка <i>Kochio prostratae</i> – <i>Stipetalia krylovii</i>												
<i>Artemisia scoparia</i>	hl	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	IV
<i>Convolvulus ammanii</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V
<i>Kochia prostrata</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	V	V	IV	V
<i>Krascheninnikovia ceratoides</i>	hl	.	.	.	.	I	V	.	.	.	.	V
Д. в. класса <i>Cleistogenetea squarrosae</i>												
<i>Agropyron cristatum</i>	hl	.	.	.	.	.	III	V	V	V	V	I
<i>Allium anisopodium</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	V	II	II	.
<i>Bupleurum bicaule</i>	hl	.	.	.	.	.	III	I	III	III	.	.
<i>Carex duriuscula</i>	hl	.	.	II	.	.	III	.	V	III	V	IV
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	hl	.	.	.	.	.	III	V	V	V	IV	III
<i>Ephedra monosperma</i>	hl	.	.	.	.	.	I	.	V	III	V	.
<i>Koeleria cristata</i>	hl	.	.	I	.	.	V	V	V	IV	V	V
<i>Leymus chinensis</i>	hl	.	.	.	.	.	I	.	II	.	I	I
<i>Poa botryoides</i>	hl	.	.	.	.	.	II	.	V	IV	V	V
<i>Potentilla acaulis</i>	hl	.	.	.	.	.	I	V	V	II	IV	IV
<i>P. sericea</i>	hl	.	II	.	III	.	.	.	IV	V	V	.
<i>Stipa krylovii</i>	hl	III	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.
Прочие виды												
<i>Iris humilis</i>	hl	.	.	.	.	I	.	.	.	I	.	IV
<i>Allium vodopjanovae</i>	hl	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Androsace septentrionalis</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Astragalus adsurgens</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Chamaerhodos erecta</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.	I
<i>Dianthus versicolor</i>	hl	.	.	.	I	.	.	.	V	.	.	V
<i>Dontostemon micranthus</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III
<i>Elytrigia repens</i>	hl	III	.	II	.	.	.	.	.	.	.	V
<i>Gentiana squarrosa</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Linaria debilis</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III
<i>Oxytropis bracteata</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.	III
<i>O. oxyphylla</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Plantago depressa</i>	hl	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	V

Название вида	Синтаксоны											
	Ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Silene repens</i>	hl	.	IV	.	I	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Lappula squarrosa</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Thymus serpyllum</i>	ml	.	.	.	.	.	.	III	.	.	.	.
<i>Aquilegia sibirica</i>	hl	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.
<i>Aster tataricus</i>	hl	.	.	.	.	.	I	IV	.	.	II	.
<i>Melilotus officinalis</i>	hl	.	.	.	.	.	V	III	.	.	.	.
<i>Nepeta sibirica</i>	hl	.	.	.	.	.	I	II	.	.	.	.
<i>Valeriana officinalis</i>	hl	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.
<i>Cerastium arvense</i>	hl	.	IV	.	I	.	III	.	.	.	.	.
<i>Lithospermum officinale</i>	hl	.	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.
<i>Plantago media</i>	hl	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	II
<i>Potentilla biflora</i>	hl	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum officinale</i>	hl	.	II	.	.	.	II	.	.	.	.	II
<i>Viola arenaria</i>	hl	V	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.
<i>Silene wolgensis</i>	hl	V	.	.	.	I	.	I	.	.	.	.
<i>Convolvulus arvensis</i>	hl	.	.	.	.	.	.	II	.	.	.	II
<i>Spiraea hypericifolia</i>	hl	.	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.
<i>Thalictrum simplex</i>	hl	.	.	.	.	.	.	II	.	.	.	.
<i>Festuca lenensis</i>	hl	.	.	IV	.	.	.	I	.	.	.	III
<i>Linaria acutiloba</i>	hl	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	II
<i>Tulipa uniflora</i>	hl	.	.	.	.	I	.	I	.	.	.	II
<i>Lupinaster pentaphyllus</i>	hl	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa transbaicalica</i>	hl	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dendranthema zawadskii</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.	.
<i>Leontopodium ochroleucum</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	V	.	.	.
<i>Pedicularis lasiostachys</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	IV	.	.	.
<i>Patrinia sibirica</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	III	II	.	.
<i>Viola dissecta</i>	hl	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coluria geoides</i>	hl	.	II	.	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Amethystea caerulea</i>	hl	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	II
<i>Astragalus melilotoides</i>	hl	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allium strictum</i>	hl	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lilium pilosiusculum</i>	hl	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Verbascum nigrum</i>	hl	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gentiana decumbens</i>	hl	III	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oxytropis strobilacea</i>	hl	III	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum minus</i>	hl	III	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thesium refractum</i>	hl	III	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Spiraea hypericifoli</i>	sl	.	.	.	I	.	.	.	.	.	II	.
<i>Astragalus versicolor</i>	hl	.	.	II	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Sedum hybridum</i>	hl	.	.	II	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Iris biglumis</i>	hl	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allium senescens</i>	hl	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Cirsium arvense</i>	hl	.	.	IV	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Linaria altaica.</i>	hl	.	.	IV	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium vulgare.</i>	hl	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Astragalus ionae.</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV
<i>Galatella dahurica</i>	hl	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	III
<i>Leymus paboanus</i>	hl	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.	II
<i>Lepidium crassifolium</i>	hl	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.	.

Виды, отмеченные в ценофлоре одного синтаксона: *Potentilla canescens* 9 (+), *Gentianopsis barbata* 12 (I), *Inula britannica* 13 (+), *Bromopsis inermis* 15 (I), *Achnatherum splendens* 17 (II), *Crepis tectorum* 20 (+), *Pimpinella saxifraga* 22 (+), *Lathyrus humilis* 27 (+), *Festuca sphagnicola* 36 (I), *Oxytropis nuda* 40 (I), *Hedysarum minusinense* 40 (I), *Potentilla nivea* 41 (+), *Saussurea schanginiana* 42 (+), *Festuca ovina* 44 (I), *Stipa baicalensis* 46 (I), *Galatella angustissima* 51 (+), *Campanula rotundifolia* 54 (+), *Chamaenerion angustifolium* 54 (+), *Sedum aizoon* 54 (I), *Delphinium grandiflorum* 55 (+), *Inula salicina* 55 (+), *Thesium refractum* 55 (+), *Galatella macrosciadia* 56 (+), *Adenophora coronopifolia* 57 (I), *Euphrasia stricta* 58 (+), *Vicia multicaulis* 58 (+), *Artemisia macrantha* 59 (I), *Chamaenerion angustifolium* 59 (+), *Polygala tenuifolia* 60 (+), *Achillea millefolium* 61 (I), *Saussurea salicifolia* 61 (+), *Serratula coronata* 61 (+), *Lappula stricta* 62 (+), *Cymbaria daurica* 64 (+), *Ziziphora clinopodioides* 65 (+), *Dracocephalum peregrinum* 66 (I), *Oxytropis muricata* 66 (+), *Carum carvi* 66 (+), *Chenopodium album* 66 (+), *Veronica longifolia* 67 (I), *Atraphaxis laetevirens* 68 (+), *Erigeron acris* 68 (+), *Oxytropis includens* 69 (+), *Potentilla longifolia* 69 (I), *Androsace maxima* 69 (+), *Linum perenne* 69 (+),

*Panzerina lanata* 69 (+), *Carex macroura* 70 (1), *Euphorbia altaica* 70 (+), *Linaria vulgaris* 70 (+), *Noccaea cochleariformis* 70 (+), *Picris davurica* 70 (+), *Atriplex sibirica* 70 (+).

Синтаксоны: 1 – асс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum*; 2 – асс. *Fragario viridis–Stipetum pennatae*; 3 – субасс. *Artemisio glauca–Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae*; 4 – асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis*; 5 – асс. *Youngio tenuifoliae–Helictotrichetum desertorum*; 6 – асс. *Achnathero sibirici–Stipetum krylovii*; 7 – асс. *Thalictro foetid–Festucetum valesiacae*; 8 – асс. *Youngio tenuifoliae–Agropyretum cristatae*; 9 – субасс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis caricetosum humilis*; 10 – асс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis*; 11 – асс. *Artemisio frigidae–Stipetum krylovii*.

Асс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001

Диагностические виды (д. в.): *Aconitum barbatum*, *Achillea asiatica*, *Artemisia laciniata*, *Campanula glomerata*, *Elymus gmelinii*, *Galium boreale*, *Geranium pratense*, *G. pseudosibiricum*, *Helictotrichon pubescens*, *Hieracium umbellatum*, *Primula cortusoides*, *Primula macrocalyx*, *Sanguisorba officinalis*, *Saussurea controversa*, *Tragopogon orientalis*, *Trommsdorffia maculata*, *Veratrum nigrum*, *Veronica krylovii*.

Представляет поясно-зональный тип луговых степей лесостепного пояса Минусинских котловин. Также встречается в Красноярской и Канской островных лесостепях (Makunina, 2006).

До 10% общего проективного покрытия занимает *Cotoneaster melanocarpus*. Доминируют *Elytrigia repens*, *Festuca valesiaca*, *Phleum phleoides*, *Stipa pennata* высотой до 70 см. Также встречается разнотравье в виде *Aconitum barbatum*, *Phlomooides tuberosa*, *Gypsophila altissima*. Также встречаются *Festuca valesiaca*, *Fragaria viridis*, *Helictotrichon schellianum*, *Iris ruthenica*, *Phleum phleoides*, *Poa angustifolia*. В составе разнотравья преобладают ксеромезофиты *Aconitum barbatum*, *Fragaria viridis*, *Iris ruthenica*, *Phlomooides tuberosa*, *Pulsatilla patens*. Реже встречаются мезофиты *Hieracium umbellatum*, *Galium boreale* и мезоксерофиты *Galium verum*, *Gypsophila altissima*, *Onobrychis arenaria*.

Видовая насыщенность составляет до 50 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 86 видов. Проективное покрытие составляет не более 70%.

Асс. *Fragario viridis–Stipetum pennatae* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001

Д. в.: *Agrimonia pilosa*, *Amoria repens*, *Festuca pratensis*, *Geum aleppicum*, *Stellaria graminea*, *Trifolium pratense*.

Ассоциация объединяет луговые степи предгорий Томь-Енисейского междуречья. Они более обычны в её южной части, где господствуют на уцелевших от распашки пологих южных склонах (Makunina, 2008).

Травостой представлен одним ярусом, в котором ярусе выделяются два подъяруса. Высота верхнего достигает 60 см, нижнего, основного – 15–20 см. В верхнем подъярусе доминируют *Elytrigia repens*, *Helictotrichon schellianum*, *Phleum phleoides*, *Stipa pennata*. Среди разнотравья *Aconitum barbatum*, *Phlomooides tuberosa*, *Geum aleppicum*, *Trifolium pratense*. В нижнем подъярусе отмечаются *Fragaria viridis*, *Iris ruthenica*, *Pulsatilla patens*.

Флористическая насыщенность составляет до 58 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 94 вида. Проективное покрытие составляет не более 80%.

Субасс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae* Makunina 2006

Д. в.: *Artemisia tanacetifolia*, *Aster alpinus*, *Bupleurum multinerve*, *Iris ruthenica*.

Субассоциация объединяет обеднённые видами луговые степи в условиях степного пояса Минусинских котловин. Встречаются по склонам северной экспозиции небольшими разреженными участками с явно различимыми следами вытаптывания скотом.

Травостой сложен преимущественно дерновинными злаками *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*. Доминируют *Helictotrichon desertorum* и *Stipa capillata*, а также *Festuca valesiaca* и *Carex pediformis*. Немногочисленное разнотравье представлено лугостепными видами *Campanula sibirica*, *Galium verum*, *Medicago falcata*, *Phlomooides tuberosa*. Значительную роль играют и степные ксерофиты *Stipa capillata*, *Artemisia glauca*, *Koeleria cristata*.

Флористическая насыщенность составляет до 40 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 118 видов. Проективное покрытие обычно превышает 60%.

Асс. *Artemisia glaucae*–*Caricetum pediformis* Makunina 2006

Д. в.: *Artemisia glauca*, *Bupleurum scorzoniferifolium*, *Campanula sibirica*, *Stipa capillata*, *Thermopsis lanceolata*.

Представлена, в основном, крупнодерновинными степями. В степном поясе Южно-Минусинской котловины сообщества приурочены к северным склонам, ложбинам и не образуют больших массивов (Makunina, 2006).

Доминируют *Helictotrichon desertorum*, *Stipa capillata*. *Festuca valesiaca*, постоянно присутствует *Carex pediformis*.

Флористическая насыщенность составляет 38 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 111 видов. Проективное покрытие обычно составляет 50–60%.

Асс. *Youngio tenuifoliae*–*Helictotrichetum desertorum* Makunina 2006

Д. в.: *Eritrichium pectinatum*, *Hedysarum gmelinii*, *Polygala sibirica*, *Stevenia cheiranthoides*, *Thymus petraeus*, *Youngia tenuifolia*.

Объединяет петрофитные, преимущественно разнотравные крупнодерновинные степи, широко распространённые в лесостепном поясе Северо-Минусинской котловины (Makunina, 2006).

Сообщества занимают склоны северных экспозиций, на которых приурочены к каменистым местообитаниям – вершинам гряд, выпуклым участкам склонов. Кустарники обычно единичны: *Cotoneaster melanocarpus* и *Caragana pugnata*. Травостой сложен побегами *Helictotrichon desertorum* и лугово-степного разнотравья *Artemisia tanacetifolia*, *Bupleurum multinerve*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*. Разнотравье представлено луговостепными видами: *Iris ruthenica*, *Pulsatilla patens*, *Schizonepeta multifida* и *Thalictrum foetidum*. Также часто встречаются *Carex pediformis*, *Orostachys spinosa*, *Veronica incana*.

Флористическая насыщенность составляет 56 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 150 видов. Проективное покрытие варьирует от 40 до 90%.

Асс. *Achnathero sibirici*–*Stipetum krylovii* Ermakov, Larionov et Polyakova 2012

Д. в.: *Achnatherum sibiricum*, *Allium ramosum*, *Elytrigia lolioides*, *Serratula marginata*, *Sibbaldianthe adpressa*.

Представляет луговые степи, описанные из южной части Минусинской котловины (Ermakov et al., 2014).

Сообщества преобладают на пологих (крутизна 1–10°) склонах северной, западной и восточной экспозиций, а также на выровненных и слабоволнистых местоположениях. Они характеризуются средней высотой в 40 см. Травостой сложен побегами *Achnatherum sibiricum*, *Artemisia commutata*, *Festuca valesiaca* и луговостепным разнотравьем: *Allium ramosum*, *Bupleurum multinerve*, *Elytrigia lolioides*, а также *Carex pediformis*, *Potentilla bifurca*, *Veronica incana*.

Флористическая насыщенность составляет 28–36 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 92 вида. Проективное покрытие варьирует от 70 до 80%.

Асс. *Thalictro foetidi*–*Festucetum valesiacaе* Makunina 2006

Д. в.: *Artemisia commutata*, *Carex pediformis*, *Galium verum*, *Pulsatilla patens*, *Scorzonera radiata*, *Thalictrum foetidum*.

Это коренные сообщества хакасских степей в соответствии с закономерностями формирования растительности на границе западно-палеарктического и восточносибирско-центральноазиатского типов степей (Larionov, 2014). Отмечаются на плакорных местообитаниях и склонах восточной и юго-восточной экспозиции с небольшим уклоном и выходами дресвы.

Постоянно встречаются *Carex pediformis*, *Galium verum*, *Helictotrichon schellianum*, *Schizonepeta multifida*, *Thalictrum foetidum*. Доминируют мелкодерновинные злаки *Cleistogenes squarrosa* и *Koeleria cristata* и разнотравье *Galium verum*, *Schizonepeta multifida*. Также часто встречаются *Artemisia frigida*, *Carex pediformis*, *Potentilla acaulis*. Средняя высота растений достигает 25–30 см.

Флористическая насыщенность составляет 30 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 97 видов. Проективное покрытие варьирует от 40 до 60%.

Асс. *Youngia tenuifoliae*–*Agropyretum cristate* Makunina 2006

Д. в.: д. в. союза + *Kitagawia baicalensis*.

Наиболее широко распространённая ассоциация каменистых степей в Хакасии. Сообщества встречаются повсеместно по склонам холмов, куэст и гор достаточно крупными участками (Larionov, 2014).

До 10% общего проективного покрытия занимают *Caragana pygmaea* и *Cotoneaster melanocarpus*. Травостой равномерный, преобладают мелкодерновинные (*Koeleria cristata*, *Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*) и крупнодерновинные (*Stipa krylovii*) злаки. Часто встречаются петрофиты *Alyssum obovatum*, *Thymus petraeus*, *Eritrichium jenisseense*, *Arctogeron gramineum*.

Флористическая насыщенность составляет 33 вида на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 104 вида. Проективное покрытие варьирует от 40–70%.

Субасс. *Androsaco dasyphyllae*–*Caricetum pediformis caricetosum humilis* Korolyuk et Makunina 1998

Д. в.: *Dracocephalum discolor*.

Объединяет низкотравные горные мелкодерновинные степи предгорий Кузнецкого Алатау и хребта Саксары, спускающиеся в межгорные котловины (Larionov, 2014).

Представлена низкотравными горными мелкодерновинными степями. Отмечаются крупнодерновинные злаки *Stipa krylovii*, *Achnatherum sibiricum*. Типично для ассоциации петрофитное разнотравье с доминированием *Dracocephalum discolor* и *Androsace dasyphylla*. Часто встречаются *Minuartia verna* и *Kobresia filifolia*.

Флористическая насыщенность составляет 33 вида на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 102 вида. Проективное покрытие варьирует от 40 - 70%.

Асс. *Androsaco dasyphyllae*–*Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998

Д. в.: *Adenophora rupestris*, *Allium stellerianum*, *Androsace dasyphylla*, *Arctogeron gramineum*, *Festuca sibirica*, *Gypsophila patrinii*, *Kobresia filifolia*, *Minuartia verna*, *Oxytropis intermedia*.

Отмечается на каменистых склонах южной экспозиции. Уклон сильный – до 20°. Почва на 30–40% покрыта дресвой. В сообществах многочисленны мелкодерновинные злаки: *Cleistogenes squarrosa*, *Festuca sibirica*, *Koeleria cristata* и *Poa botryoides*, а также виды петрофитного разнотравья: *Alyssum obovatum*, *Eritrichium jenisseense*, *Orostachys spinosa*, *Potentilla sericea*, *Silene graminifolia*, *Thymus petraeus*, *Youngia tenuifolia*. Характерно присутствие *Allium stellerianum*, *Gypsophila patrinii*, *Kobresia filifolia*.

Флористическая насыщенность составляет 36 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружен 81 вид. Проективное покрытие обычно не превышает 40%, на более равнинных участках доходит до 60%.

Асс. *Artemisio frigidae*–*Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009

Д. в.: *Artemisia scoparia*, *Convolvulus ammannii*, *Kochia prostrata*, *Krascheninnikovia ceratoides*.

Ассоциация объединяет мелкодерновинные настоящие степи. Они представляют фоновый поясно-зональный тип сообществ настоящих степей, где они покрывают выровненные участки склонов, днища котловин (Larionov, 2014).

Травостой этих степей создают степные мелкодерновинные злаки и разнотравье: *Agropyron cristatum*, *Artemisia frigida*, *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, *Festuca valesiaca*, *Heteropappus altaicus*, *Koeleria cristata*, *Poa botryoides*, *Potentilla acaulis*, *P. bifurca*, *Stipa krylovii*. Травостой равномерный, образован генеративными побегами мелкодерновинных злаков *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Poa botryoides*. Основную массу травостоя составляет *Carex duriuscula*, *Heteropappus altaicus*, *Potentilla acaulis*, *P. bifurca*.

Флористическая насыщенность – 28 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружен 81 вид. Проективное покрытие составляет до 60%.

На высшем уровне классификационной системы петрофитно-степная растительность памятника природы регионального значения «Уйтаг» относится к двум классам: *Cleistogenetea squarrosae* и *Festuco–Brometea*. О принадлежности к классу центрально-азиатских степей *Cleistogenetea squarrosae* свидетельствует абсолютное преобладание и высокое постоянство диагностических видов, таких как *Agropyron cristatum*, *Allium anisopodium*, *Bupleurum bicaule*, *Carex duriuscula*, *Cleistogenes squarrosa*, *Ephedra monosperma*, *Koeleria cristata*, *Leymus chinensis*, *Poa botryoides*, *Potentilla acaulis*, *P. sericea* и *Stipa krylovii*. Эти сообщества, благодаря региональным мезоклиматическим условиям центральной части Минусинской котловины – высокой степени аридности и континентальности климата, формируют здесь «островную» часть ареала, оторванную от их основного распространения в Туве, юго-восточном Алтае, Монголии, Забайкалье и Якутии.

К классу *Festuco–Brometea* относятся ксеротермные и гемиксеротермные степи западной Палеарктики. Диагностическую комбинацию в районе исследования составляют *Adonis vernalis*, *Artemisia latifolia*, *A. sericea*, *Astragalus danicus*, *Carex humilis*, *Centaurea scabiosa*, *Crepis praemorsa*, *Festuca pseudovina*, *Fragaria viridis*, *Medicago falcata*, *Onobrychis arenaria*, *Phleum phleoides*, *Phlomis tuberosa*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago urvillei*, *Poa angustifolia*, *Polygala comosa*, *Potentilla argentea*, *P. humifusa*, *Scabiosa ochroleuca*, *Seseli libanotis*, *Stipa dasyphylla*, *S. pennata*, *S. zaleskii* и *Tephrosia integrifolia*. На территории Южно-Минусинской котловины привязаны к более гумидным частям лесостепного пояса со средним количеством осадков 400 мм в год.

### Продромус

Класс *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. 1992

Порядок *Kochio prostratae–Stipetalia krylovii* Ermakov 2012

Союз *Kochio prostratae–Stipion krylovii* Ermakov 2012

Асс. *Artemisio frigidae–Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009

Порядок *Festucetalia lenensis* Mirkin in Gogoleva et al. 1987

Подпорядок *Festuco valesiacaе–Caricenalia pediformis* Ermakov, Larionov et Polyakova 2012

Союз *Festuco valesiacaе–Caricion pediformis* Ermakov, Larionov et Polyakova 2012

Асс. *Thalictro foetidi–Festucetum valesiacaе* Makunina 2006

Асс. *Achnathero sibirici–Stipetum krylovii* Ermakov, Larionov et Polyakova 2012.

Союз *Eriitrichio pectinate–Selaginellion sanguinolentae* Ermakov, Chytry et Valachovič 2006

Асс. *Youngio tenuifoliae–Agropyretum cristati* Makunina 2006

Асс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998

Субасс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis caricetosum humilis* Korolyuk et Makunina 1998

Класс *Festuco–Brometea* Br. – Bl. Et Tx. Ex Soó 1947

Порядок *Stipetalia sibiricae* Arbusova et Zhitlukhina ex Korolyuk et Makunina 2001

Союз *Veronico Incanae–Helictotrichion desertori* Korolyuk 2010

Подсоюз *Veronici incanae– Helictotrichenion desertorum* Korolyuk et Makunina in Makunina 2006

Асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis* Makunina 2006

Субасс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae* Makunina 2006

Подсоюз *Youngio tenuifoliae–Helictotrichenion desertorum* Korolyuk et Makunina 2006

Асс. *Youngio tenuifoliae–Helictotrichetum desertorum* Makunina 2006

Союз *Aconito barbati–Poion transbaicalicae* Korolyuk et Makunina 2001

Асс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001

Асс. *Fragario viridis–Stipetum pennatae* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001

## Создание ординационной модели связей растительности с ведущими экологическими факторами

В результате проведенной DCA-ординации всех 70 геоботанических описаний получена диаграмма, на которой представлено распределение геоботанических описаний и единиц степной растительности вдоль ведущих осей 1 и 2, представляющих градиенты ведущих экологических факторов.

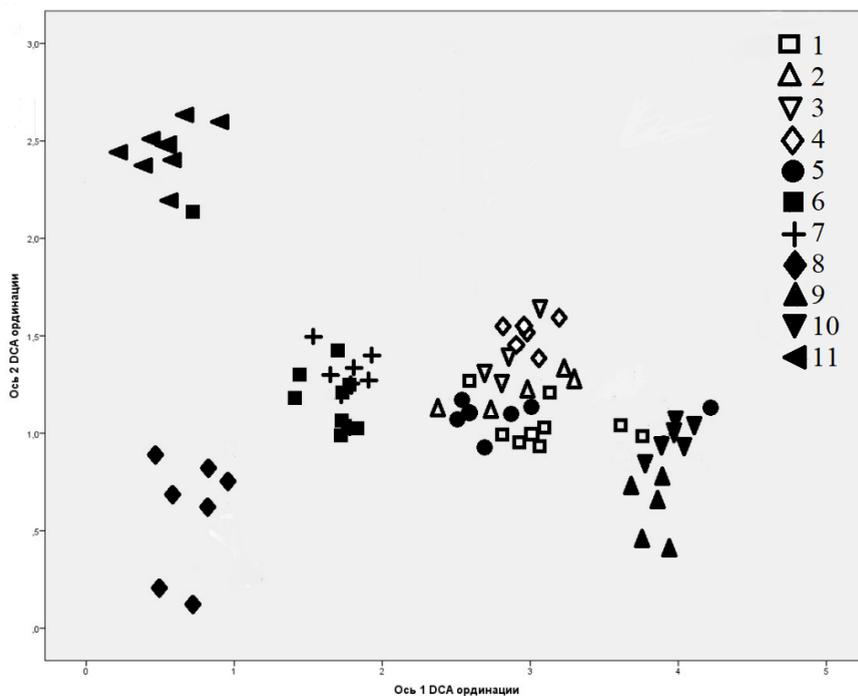


Рис. 1. Диаграмма DCA-ординации растительности памятника природы «Уйтаг». Обозначения синтаксонов – те же, что в табл. 1.

Fig. 1. Diagram of the DCA-ordination of vegetation of the Uytag natural monument. Syntaxa designations are the same as in table. 1.

Ось 1 продемонстрировала замещение синтаксонов от ксерофитных степей центрально-азиатского типа – класс *Cleistogenetea squarrosae* (крайне левое положение, синтаксоны 8, 11) последовательно через синтаксоны 6, 7, 5, затем 3 и 2 – до наиболее влажных луговых степей евросибирского типа – класс *Festuco-Brometea* (крайне правое положение, синтаксоны 9, 10). Поэтому она была проинтерпретирована как градиент фактора влажности местообитаний – от наименьшей к наибольшему. Центральную часть градиента как по оси 1, так и по оси 2, занимают синтаксоны 1, 2, 3 и 4, представляющие собой поясно-зональный тип луговых степей. Крайнее нижнее положение по оси 2 занимают ассоциации союза *Eritrichio pectinate-Selaginellion sanguinolentae* (синтаксоны 8, 9), отмеченные на каменистых склонах северной экспозиции со средним и большим (до 20°) уклоном и выходами дресвы до 30%. Переходное положение занимает синтаксон *Youngio tenuifoliae-Helictotrichetum desertorum* (5) представляющий собой петрофитные, преимущественно разнотравные крупнодерновинные степи. Крайнее верхнее положение по оси 2 заняли сообщества *Artemisio frigidae-Stipetum krylovii* (синтаксон 11) союза *Kochio prostratae-Stipion krylovii*, для которых характерно распространение в местообитаниях с хорошо развитыми почвами. Их последовательное замещение позволяет интерпретировать ось 2 как градиент петрофитности

(каменистости) местообитаний. В результате выполненной ординации выявлены экологические ряды степной растительности по фактору увлажнения, а также параллельные ряды петрофитности местообитаний в пределах крупных экологических и синтаксономических единиц ранга классов растительности.

### Создание карты растительности памятника природы «Уйтаг» в масштабе 1 : 50000

Для картографирования использована классификация без обучения (метод K-means) в сочетании каналов 5-6-4. По спектральным диапазонам 5 канал показывает ближний ИК (Near Infrared, NIR) с длиной волны 0,845–0,885 мкм, 6 – ближний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2) с длиной волны 1,560–1,660 мкм, а 4 – красный (Red) с длиной волны 0,630–0,680 мкм. Выбор этих длин волн основан на максимальных значениях отражательных характеристик объектов в красном спектре длин волн и минимальных – в ближнем инфракрасном спектре, где растительность и почва имеют максимальные значения.

В результате проведенного полуавтоматического дешифрирования спектральнозональных космических снимков среднего разрешения Landsat-8 и анализа распространения синтаксонов в связи с формами рельефа создана картографическая модель пространственной организации разнообразия степной растительности участка, получено цветное синтезированное изображение (рис. 2) и составлена легенда к нему (табл. 2).

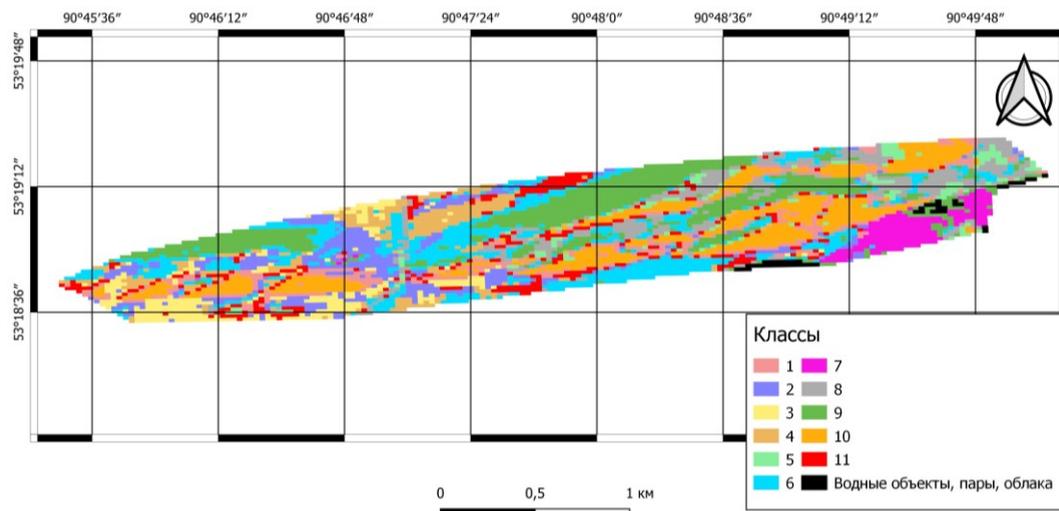


Рис. 2. Результат классификации по методу K-means (Landsat – 8), 8.08.2023.

Fig. 2. Classification result using the K-means method (Landsat – 8, 8.08.2023).

Таблица 2

Классы района исследования по методу K-means по данным Landsat-8

Table 2

Terrain study classes using the K-means method based on Landsat-8 data

Классы	Название единиц растительности/характеристика поверхности
1	Петрофитные степи восточносибирско-центральноазиатского типа асс. <i>Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis</i> Korolyuk et Makunina 1998 на крутых каменистых склонах с уклоном до 30°с выходами дресвы до 30%
2	Каменистые обнажения скал на вершинах с присутствием <i>Goniolimon speciosum</i> , <i>Selaginella sanguinolenta</i> , <i>Thymus petraeus</i> / участок дороги
3	Разреженные петрофитные степи асс. <i>Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2001 на щебнистых пологих южных склонах
4	Умеренно увлажнённые луговые степи асс. <i>Artemisio glaucae–Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae</i> Makunina 2006 на щебнистых северных склонах верхней части массива

Классы	Название единиц растительности/характеристика поверхности
5	Антропогенно нарушенные сообщества ас. <i>Achnathero sibirici-Stipetum krylovii</i> Ermakov, Larionov et Polyakova 2012 на пологих (крутизна 1–10°) склонах северной, западной и восточной экспозиций, а также на выровненных и слабо волнистых местоположениях
6	Умеренно увлажнённые луговые круподерновинные степи ас. <i>Artemisio glaucae-Caricetum pediformis</i> Makunina 2006 на северных склонах и ложбинах
7	Антропогенно нарушенные мелкодерновинные луговые восточносибирско-центральноазиатского типа степи ас. <i>Artemisio frigidae-Stipetum krylovii</i> Korolyuk et Makunina 2009 в пойме р. Абакан
8	Сочетания петрофитных степей ас. <i>Youngio tenuifoliae-Helicotrachelum desertorum</i> Makunina 2006 на вершинах сопок и петрофитных разнотравных мелкодерновинных степей ас. <i>Youngio tenuifoliae-Agropyretum cristate</i> Makunina 2006
9	Луговые степи ас. <i>Fragario viridis-Stipetum pennatae</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2001 у южных подножий сопки
10	Петрофитные мелкодерновинные степи ас. <i>Androsaco dasyphyllae-Caricetum pediformis caricetosum humilis</i> Korolyuk et Makunina 1998
11	Луговые степи ас. <i>Thalicstro foetidi-Festucetum valesiacae</i> Makunina 2006 на плакорных местообитаниях и склонах восточной и юго-восточной экспозиции с небольшим уклоном и выходами дресвы
12	Водные объекты / пары / облака

### Выводы

Разнообразие горностепной растительности памятника природы регионального значения «Уйтаг» представлено двумя высшими географическими категориями, соответствующими классам *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. ex Korotkov 1991 (центральноазиатские степи) и *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947 (степи европейско-сибирского типа), и относится к 3 порядкам, 1 подпорядку, 5 союзам, 2 подсоюзам, 9 ассоциациям и 2 субассоциациям. Проведённый ординационный анализ выявил закономерности экологической дифференциации сообществ по градиентам ведущих факторов – каменистости субстрата и влагообеспеченности, определил их связи с элементами микрорельефа.

Картографическая геоботаническая модель участка на основе данных спутника Landsat-8 в масштабе 1 : 50000 отражает дифференциацию пространственных единиц растительности, обусловленную тремя основными эколого-топографическими факторами: высотой над уровнем моря, экспозицией склона и петрографическим составом субстрата. В основу легенды картографической модели положены выделенные при классификации единицы растительности ранга ассоциации и субассоциации.

Использование данных дистанционного зондирования Земли дало возможность отразить сложную гетерогенную структуру горностепного пояса исследуемого участка на уровне фитоценозов и максимально раскрыть ландшафтные позиции каждого из них. Созданная картографическая модель в крупном масштабе выступает основой мониторинга распространения редких растительных сообществ, а также оценки динамических трендов в растительном покрове с высоким фитоценотическим разнообразием и сложноорганизованной комплексной структурой.

*Исследование поддержано грантом Российского научного фонда по проекту № 22-17-20012, <https://rscf.ru/project/22-17-20012/> с равной финансовой поддержкой правительства Республики Хакасия.*

### Список литературы

- [Черепанов] Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и Семья-95. 992 с.
- [Ермаков] Ермаков Н. Б. 2012. Высшие синтаксоны настоящих и опустыненных степей Южной Сибири и Монголии // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Т.10. № 2. С. 5–15.
- Ermakov N., Larionov A., Polyakova M. 2014. Diversity and spatial structure of cryophytic-steppes of the Minusinskaya intermountain basin in Southern Siberia (Russia) // Tuexenia. 34. P. 431–446.
- [Korolyuk, Makunina] Королук А. Ю., Макунина Н. И. 1998. Низкотравные каменистые степи Северо-Минусинской котловины (в пределах Хакасии) // Бот. журн. Т. 83. № 7. С. 119–126.

- [Larionov] *Ларионов А. В.* 2014. Разнообразие степной растительности на градиенте континентальности климата в Хакасии: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 246 с.
- [Larionov et al.] *Ларионов А. В., Ермаков Н. Б., Полякова М. А.* и др. 2015. Степная растительность Хакасии: разнообразие и экология. Абакан: Изд. ФГБОУ ВПО «Хакассский гос. ун-т им. Н. Ф. Катанова». 196 с.
- [Makunina] *Макунина Н. И.* 2006. Степи Минусинских котловин // *Turczaninowia*. Т. 9. Вып. 4. С. 112–144.
- [Makunina] *Макунина Н. И., Мальцева Т. В.* 2008. Растительность лесостепных и подтаежных предгорий Алтае-Саянской горной области // *Сибирский бот. вестник*. Т. 3. Вып. 1–2. С. 45–156.
- [Mirkin, Naumova] *Миркин Б. М., Наумова Л. Г.* 2012. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АНРБ, Гилем. 488 с.
- [Polevaia...] *Полеваия геоботаника. Методическое руководство*. Т. 3. 1964. Под ред. Е. М. Лавренко. Новосибирск: Изд. АН СССР. 530 с.
- Hill M. O.* 1979. DECORAN and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in *FORTRAN 77*. Huntington. 58 p.
- Westhoff V. van der Maarel E.* 1973. The Braun-Blanquet approach // *Handb. Veg. Sci.* V. 5. P. 617–726.

## References

- Cherepanov S. K.* 1995. Sosudistyye rasteniya Rossii i soprodel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent states (within the limits of the former USSR)]. St. Petersburg: Mir i Semya-95. 992 p. (*In Russian*)
- Ermakov N. B.* 2012. Vysshie sintaksony nastoiashchikh i opustynennykh stepei Iuzhnoi Sibiri i Mongolii [The higher syntaxa of typical and dry steppes of Southern Siberia and Mongolia] // *Vestnik Novosibirskogo gos. un-ta*. V. 10. N 2. P. 5–15. (*In Russian*).
- Ermakov N., Larionov A., Polyakova M.* 2014. Diversity and spatial structure of cryophytic-steppes of the Minusinskaya intermountain basin in Southern Siberia (Russia) [Diversity and spatial structure of cryophytic-steppes of the Minusinskaya intermountain basin in Southern Siberia (Russia)] // *Tuexenia*. 34. P. 431–446.
- [Korolyuk, Makunina] *Korolyuk A. Yu., Makunina N. I.* 1998. Nizkotravnyye kamenistyye stepi Severo-Minusinskoi kotloviny (v predelakh Khakasii) [Low-grass rocky steppes of the North Minusinsk Basin (within Khakassia)] // *Bot. zhurn.* T. 83. № 7. P. 119–126. (*In Russian*)
- [Larionov] *Larionov A. V.* 2014. Raznoobrazie stepnoi rastitel'nosti na gradiente kontinental'nosti klimata v Khakasii [Diversity of steppe vegetation along the continental climate gradient in Khakassia]: дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 246 p. (*In Russian*)
- [Larionov et al.] *Larionov A. V., Ermakov N. B., Poliakova M. A.* и др. 2015. Stepnaia rastitel'nost' Khakasii: raznoobrazie i ekologiya [Steppe vegetation of Khakassia: diversity and ecology]. Абакан: Изд. ФГБОУ ВПО «Хакассский гос. ун-т им. Н. Ф. Катанова». 196 p. (*In Russian*)
- [Makunina] *Makunina N. I.* 2006. Stepi Minusinskikh kotlovин [Steppes of the Minusinsk basins] // *Turczaninowia*. Т. 9. Вып. 4. P. 112–144. (*In Russian*)
- [Makunina] *Makunina N. I., Mal'tseva T. V.* 2008. Rastitel'nost' lesostepnykh i podtaezhnykh predgorii Altae-Saianskoj gornoj oblasti [Vegetation of forest-steppe and subtaiga foothills of the Altai-Sayan mountain region] // *Sibirskii bot. vestnik*. Т. 3. Вып. 1–2. 3. 45–156. (*In Russian*)
- [Mirkin, Naumova] *Mirkin B. M., Naumova L. G.* 2012. Sovremennoe sostoianie osnovnykh kontseptsii nauki o rastitel'nosti [Current state of the basic concepts of Vegetation Science]. Уфа: АНРБ, Гилем. 488 p. (*In Russian*)
- [Polevaia...] *Полеваия геоботаника. Методическое руководство [Field geobotany. Methodical manual.]*. Т. 3. 1964. Под ред. Е. М. Лавренко. Новосибирск: Изд. АН СССР. 530 p. (*In Russian*)
- Hill M. O.* 1979. DECORAN and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in *FORTRAN 77*. Huntington. 58 p.
- Westhoff V. van der Maarel E.* 1973. The Braun-Blanquet approach // *Handb. Veg. Sci.* V. 5. P. 617–726.

## Сведения об авторах

*Порабейкина Онея Олеговна*  
 м. н. с. кафедры биологии  
 ФГБОУ ВО «Хакассский государственный университет», Абакан  
 E-mail: onea90@mail.ru

*Porabeikina Oneia Olegovna*  
 Junior Researcher of the Dept. of Biology  
 Khakass State University, Abakan  
 E-mail: onea90@mail.ru