

УДК 581.526.53

DOI: 10.29039/2413-1733-2024-40-62-75

## Разнообразие и пространственная структура горно-степной растительности сопочного массива Саксары (Южно-Минусинская межгорная котловина)

*Порабейкина О. О.*

*Хакасский государственный университет имени Н. Ф. Катанова  
Абакан, Россия  
onea90@mail.ru*

В статье представлены результаты изучения пространственной организации растительного покрова сопочного массива Саксары с использованием космических снимков Landsat-8. 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 – высота над уровнем моря, экспозиция склона и петрографический состав субстрата. С использованием космических снимков высокого разрешения выявлены фитоценохоры в ранге микрокомбинаций, представляющие сочетания фитоценозов, обусловленные особенностями рельефа, почвенного покрова и влажности. Информационные подходы позволили представить сконцентрированные сведения о типологическом составе растительных сообществ, особенностях их экологии и пространственной организации на изучаемом полигоне. Максимально полное представление об объеме и характере первичных геоботанических данных, примененных методах классификации и ординации дает возможность лучше понять закономерности пространственной организации растительности, что также упрощает процесс совершенствования картографической модели, отражая в ней новые важные особенности и закономерности растительности, которые выявляются при вовлечении новых дополнительных материалов.

*Ключевые слова:* фиторазнообразие, степная растительность, ординация растительности, крупномасштабное картографирование, Хакасия, Саксары.

### ВВЕДЕНИЕ

В начале 90-х годов XX века антропогенная нагрузка на растительность сопочного массива резко сократилась и его растительность практически восстановилась после использования территории в качестве пастбищ в советское время. Однако в конце первого десятилетия нашего века пастбищная нагрузка на данную территорию вновь возросла (Макунина, 2013). Поэтому высокое научное и прикладное значение имеет изучение фитоценотического разнообразия, флористического состава, экологии и пространственной организации растительности этой территории. Основой решения этих задач выступает представление новых данных о закономерностях формирования пространственной структуры растительного покрова.

Целью настоящего исследования выступает систематизация фитоценотического разнообразия степной растительности сопочного массива Саксары (эталонного для степного пояса Минусинской межгорной котловины) и создание крупномасштабной геоботанической карты с использованием данных дистанционного зондирования.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сопочный массив Саксары расположен в западной части Южно-Минусинской котловины в дождевой тени Абаканского хребта. Он ограничен реками Уйбат, Абакан и Камышта. Массив представляет собой овал, к которому с северо-запада примыкает протянувшаяся в этом же направлении сопочная гряда. Массив вытянут с запада на восток на 22 км, с севера на юг – на 20 км. В северной его части расположены две широко-

ориентированные сопочных гряды – хребет Большой Саксыр и хребет Малый Саксыр (вершины 800–900 м н. у. м.). К северу массив продолжается неширокой полосой из отдельных сопков, вершины которых понижаются к периферии от 550 до 450 м н. у. м. На юг от хребтов Большой и Малый Саксыр отходит серия субмеридиональных сопочных гряд (вершины 600–700 м н. у. м.), разделенных узкими долинами. В центре массива на высоте 650–700 м н. у. м. расположен выположенный участок, от которого на юго-запад и юг-юго-восток отходят две широкие межсопочные долины, постепенно снижающиеся к периферии массива. Абсолютные высоты подгорного шлейфа, окружающего массив с юга и востока, повышаются от 350 до 450 м н. у. м. Массив лишен рек и ручьев, лишь в глубоких логах, где накапливается снег, есть небольшие холодные ключи (Макунина, 2013).

Климат резкоконтинентальный. Средняя годовая температура около 0 °С, минимальная – –52 °С, максимальная – +39 °С. Сумма температур выше 10 °С составляет 1 600 °С, годовая сумма осадков 250–300 мм. Наибольшее количество осадков выпадает летом. Зимой незначительное количество снега сдувается со склонов и скапливается в понижениях. В левобережной части Минусинских котловин, находящихся в дождевой тени их западного обрамления, верхняя граница степного пояса проходит на высоте 600 м н. у. м. (Куминова и др., 1976). Высоты до 600 м характерны только для периферии массива Саксары. Основная, центральная часть расположена в диапазоне высот от 600 до 800 м н. у. м. Тем не менее, ее растительный покров носит степной характер, отдельные группы деревьев встречаются лишь в привершинных частях северных склонов самых высоких сопков (Макунина, 2013). В результате исследования флоры массива было выявлено 248 видов высших сосудистых растений, относящихся к 42 семействам и 164 родам.

Материалом для классификации послужили 80 описаний горно-степных растительных сообществ, выполненных на площадках в 100 м<sup>2</sup> в мае – июле 2024 года на территории сопочного массива Саксары. Заложение пробных площадей и изучение состава растительности осуществлялось методом маршрутных геоботанических исследований (Полевая геоботаника, 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 встречен в 1–10 % описаний, «I» – 11–20 %, «II» – 21–40 %, «III» – 41–60 %, «IV» – 61–80 %, «V» – 81–100 %. Названия видов сосудистых растений приведены по сводке С. К. Черепанова (1995) и по Конспекту флоры Сибири (2005), также приведены авторы видов.

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

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.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И 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* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947 (степи европейско-сибирского типа), 3 порядкам, 6 союзам, 7 ассоциациям и 2 субассоциациям, ранее описанным в различных работах (Макунина, 2013; Ларионов, 2014, Королюк, 2022) (табл. 1).

Таблица 1

Синоптическая таблица сообществ петрофитно-степной растительности сопочного массива Саксары

Название вида	Синтаксоны									
	Ярус	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество описаний		2	10	11	8	6	12	9	12	10
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диагностические виды ассоциации <i>Dryado oxyodontae – Festucetum valesiacae</i> Larionov et al. 2015										
<i>Dryas oxyodonta</i> Juz.	hl	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saussurea schanginiana</i> (Wydler) Fisch. ex Serg	hl	II	.	I	.	.	I	.	.	.
<i>Oxytropis bracteata</i> Basil	hl	II	II	.	.	.	I	.	.	I
<i>Pedicularis lasiostachys</i> Bunge	hl	II	.	.	.	.	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Androsaco dasyphyllae – Caricetum pediformis</i> Korolyuk et Makunina 1998										
<i>Silene tuvinica</i> Sobolevsk.	hl	.	II	I	.	.	.	.	.	.
<i>Gypsophila patrinii</i> Ser.	hl	II	IV	I	I	.	.	.	.	.
<i>Allium vodopjanovae</i> N. Friesen	hl	.	III	.	I	I	I	III	.	.
<i>Arctogeron gramineum</i> (L.) DC.	hl	II	IV	.	I	II	.	.	.	.
Диагностические виды союза <i>Eritrichio pectinate – Selaginellion sanguinolentae</i> Ermakov et al. 2006										
<i>Adenophora rupestris</i> Reverd. f. minor Reverd	hl	II	III	.	.	I	.	.	I	I
<i>Allium stellerianum</i> Willd.	hl	III	II	.	I	.	.	.	.	.
<i>Pseudoroegneria geniculata</i> (Trin.) Á. Löve	hl	V	V	.	IV	.	IV	.	.	.
<i>Minuartia gerardii</i> (Willd.) Fritsch	hl	III	I	II	.	.	.	.	.	.
<i>Orostachys spinosa</i> (L.) C.A. Mey	hl	IV	III	.	I	.	.	.	I	III
<i>Polygala sibirica</i> L.	hl	IV	III	.	.	I	II	I	.	.
<i>P. tenuifolia</i> Willd.	hl	II	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla sericea</i> L.	hl	III	II	.	I	I	.	I	II	.
<i>Silene tenuis</i> Willd.	hl	III	IV	I	II	III	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Achnathero sibirici – Stipetum krylovii</i> Ermakov et al. 2012										
<i>Achnatherum sibiricum</i> (L.) Keng ex Tzvelev	hl	IV	.	III	I	.	.	.	.	.
<i>Allium clathratum</i> Ledeb.	hl	.	I	V	.	.	.	I	.	.
<i>A. odorum</i> L. Moench	hl	.	II	V	.	I	I	.	.	.
<i>Elytrigia lolioides</i> (Kar. & Kir.) Nevski	hl	.	III	V	.	III	I	I	I	.
<i>Cimicifuga squarrosa</i> (Ledeb.) Zuev	hl	I	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Scutellaria scordifolia</i> Fisch. ex Schrank	hl	.	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Thermopsis lanceolata</i> R. Br.	hl	I	I	II	.	.	.	II	.	.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Диагностические виды порядка <i>Helictotrichetalia schelliani</i> Hilbig 2000										
<i>Artemisia commutata</i> Besser	hl	II	I	V	.	III	I	I	.	I
<i>Coluria geoides</i> (Pall.) Ledeb.	hl	.	I	IV	.	I	.	.	I	I
<i>Galium verum</i> L.	hl	.	II	III	.	.	II	.	.	.
<i>Oxytropis strobilacea</i> Bunge	hl	.	.	II	.	I	.	.	.	.
<i>Peucedanum vaginatum</i> Ledeb.	hl	.	.	III	I	I	.	.	.	.
<i>Potentilla elegantissima</i> Polozhij	hl	II	.	IV	.	.	.	.	.	.
<i>P. humifusa</i> Willd. ex D.F.K. Schldtl	hl	.	.	V	.	.	.	II	I	.
<i>Thalictrum foetidum</i> L.	hl	.	.	V	.	I	II	.	.	.
Диагностические виды союза <i>Festuco valesiacae</i> – <i>Caricion pediformis</i> Ermakov et al. 2012										
<i>Caragana pygmaea</i> (L.) DC	hl	IV	II	V	.	II	.	.	.	.
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	hl	III	II	V	II	I	III	.	.	.
<i>Limonium speciosum</i> (L.) Kuntze	hl	.	II	V	.	I	I	.	.	.
<i>Helictotrichon altaicum</i> Tzvelev	hl	.	.	V	.	.	.	.	.	.
<i>Sibbaldianthe bifurca</i> (L.) Kurtto & T.Erikss	hl	.	IV	IV	I	I	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Elytrigio geniculatae</i> – <i>Stipetum orientalis</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2009										
<i>Ptilotrichum elongatum</i> (DC.) C.A. Mey.	hl	.	.	II	V	.	.	.	.	.
<i>Dracocephalum discolor</i> Bunge	hl	II	.	I	V	.	.	.	.	.
<i>Eritrichium jenseense</i> Turcz. ex A. DC	hl	III	II	I	V	.	.	.	.	.
<i>Kitagawia baicalensis</i> (I. Redowsky ex Willd.) Pimenov	hl	.	II	.	V	II	.	.	.	.
<i>Youngia tenuifolia</i> (Willd.) Babc. & Stebbins	hl	.	IV	.	V	I	.	.	I	.
Диагностические виды союза <i>Thymion gobici</i> Mirkin et al. ex Hilbig 2000										
<i>Odontarrhena obovata</i> C.A. Mey.	hl	II	I	II	III	.	.	.	.	.
<i>Androsace dasyphylla</i> Bunge	hl	II	.	.	III	.	.	.	.	.
<i>Chrysanthemum sibiricum</i> Turcz. ex DC.	hl	.	.	I	II	.	.	.	.	.
<i>Festuca sibirica</i> Hack. ex Boiss	hl	.	II	.	V	II	I	.	.	.
<i>Kobresia filifolia</i> (Turcz.) C.B. Clarke	hl	III	I	II	V	.	.	.	.	.
<i>Leibnitzia anandria</i> (L.) Turcz.	hl	.	.	I	II	.	I	.	.	.
<i>Patrinia sibirica</i> (L.) Juss.	hl	II	.	.	IV	I	.	.	.	.
<i>Organum serpyllum</i> (L.) Kuntze	ml	I	.	II	V	.	.	.	.	.
Диагностические виды субассоциации <i>Artemisia frigidae</i> – <i>Stipetum krylovii artemisietosum scopariae</i> Korolyuk et Makunina 2009										
<i>Artemisia scoparia</i> Waldst. & Kit.	hl	.	I	.	II	V	.	.	.	.
<i>Iris humilis</i> Georgi	hl	.	II	I	.	V	.	.	.	.
Диагностические виды ассоциации <i>Artemisia frigidae</i> – <i>Stipetum krylovii</i> Korolyuk et Makunina 2009										
<i>Artemisia frigida</i> Willd.	hl	.	.	.	II	I	V	.	II	.
<i>Carex duriuscula</i> C.A. Mey	hl	.	.	III	.	I	V	.	.	.
<i>Poa attenuata</i> Trin.	hl	.	.	I	II	.	V	.	.	.
<i>Potentilla acaulis</i> L.	hl	.	.	I	III	II	V	.	.	.
<i>Stipa krylovii</i> Roshev	hl	.	.	.	IV	.	V	.	I	.
Диагностические виды порядка <i>Stipetalia krylovii</i> Kononov et al. 1985, союза <i>Stipion krylovii</i> Kononov et al. 1985										
<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Gaertn	hl	II	I	II	I	V	V	.	.	.
<i>Allium anisopodium</i> Ledeb.	hl	.	.	I	.	III	III	.	.	.
<i>A. senescens</i> L.	hl	.	.	.	.	II	I	.	.	.
<i>A. tenuissimum</i> L.	hl	.	.	.	.	II	III	.	.	.
<i>Bupleurum bicaule</i> Helm.	hl	.	I	.	II	V	III	.	.	.
<i>B. scorzonifolium</i> Willd.	hl	.	.	I	I	IV	III	.	.	.
<i>Carex korshinskyi</i> Kom.	hl	.	.	.	.	II	III	.	.	.
<i>Chamaerhodos micrantha</i> J. Krause	hl	.	.	.	.	.	II	.	.	.
Диагностические виды класса <i>Cleistogenetea squarrosae</i> Mirkin et al. ex Korotkov et al. 1991										
<i>Cleistogenes squarrosa</i> (Trin.) Keng	hl	V	.	III	V	V	V	.	.	.
<i>Tretorrhiza decumbens</i> (L. f.) Á. Löve & D. Löve	hl	V	II	II	I	II	II	.	.	.
<i>Hedysarum gmelinii</i> Ledeb.	hl	V	III	IV	III	.	II	.	.	.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Poa botryoides</i> (Trin. ex Griseb.) Kom.	hl	V	V	V	IV	III	I	.	.
<i>Pulsatilla turczaninovi</i> Krylov & Serg.	hl	.	II	.	I	.	I	.	.
<i>Saussurea salicifolia</i> (L.) DC.	hl	I	.	II	III	.	.	.	.
<i>Sibbaldianthe adpressa</i> (Bunge) Juz.	hl	III	II	.	II	I	I	.	.
<i>Stevenia cheiranthoides</i> DC.	hl	I	.	I	.	I	II	.	.
<i>Atriplex aristata</i> (L.) Crantz	hl	.	.	I	I	.	.	.	.
Диагностические виды субассоциации <i>Artemisio glaucae</i> – <i>Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae</i> Makunina 2006									
<i>Artemisia tanacetifolia</i> L.	hl	.	.	.	.	.	I	V	II
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl	hl	.	.	.	.	I	.	V	II
<i>Bupleurum multinerve</i> DC.	hl	.	.	II	I	.	.	V	I
Диагностические виды ассоциации <i>Artemisio glaucae</i> – <i>Caricetum pediformis</i> Makunina 2006									
<i>Artemisia glauca</i> Pall. ex Willd.	hl	.	.	.	.	.	.	II	V
<i>Carex pediformis</i> C.A. Mey.	hl	II	.	II	I	II	.	IV	V
<i>Helictotrichon desertorum</i> (Less.) Nevski	hl	.	.	.	.	.	I	II	III
<i>Potentilla viscosa</i> Donn ex Lehm.	hl	.	.	.	.	.	I	III	V
Диагностические виды союза <i>Veronico incanae</i> – <i>Helictotrichion desertorum</i> Korolyuk et Makunina in Korolyuk 2007									
<i>Carex supina</i> Willd. ex Wahlenb.	hl	.	.	.	II	.	.	V	IV
<i>Galatella angustissima</i> (Tausch) Novopokr	hl	.	.	.	.	.	.	III	II
<i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	hl	.	.	.	.	I	.	V	V
<i>Veronica incana</i> L.	hl	.	.	III	.	I	I	V	V
Диагностические виды ассоциации <i>Bupleuro multinervi</i> – <i>Helictotrichetum desertorum</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2001									
<i>Achillea asiatica</i> Serg.	hl	.	.	.	II	.	.	.	V
<i>Aconitum barbatum</i> Pers.	hl	.	II	.	.	.	.	.	III
<i>Galium boreale</i> L.	hl	.	.	.	.	.	I	I	IV
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	II	III
<i>Auganthus cortusoides</i> (L.) Soják	hl	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	II	III
Диагностические виды союза <i>Aconito barbate</i> – <i>Poion transbaicalicae</i> Korolyuk et Makunina 2001									
<i>Artemisia laciniata</i> Willd.	hl	.	.	.	.	.	II	V	V
<i>Campanula glomerata</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	V	III
<i>Ruyschiana spicata</i> Mill.	hl	.	.	.	.	I	.	I	II
<i>Elymus gmelinii</i> (Ledeb.) Tzvelev	hl	.	.	I	.	III	.	V	V
<i>Filipendula stepposa</i> Juz.	hl	.	.	.	I	.	.	III	.
<i>Gentiana macrophylla</i> Pall.	hl	.	.	.	.	.	.	I	I
<i>Geranium pratense</i> L.	hl	.	.	.	.	I	.	V	III
<i>G. pseudosibiricum</i> J. Mayer	hl	.	.	.	.	.	.	III	III
<i>Avena pubescens</i> Huds.	hl	.	.	.	II	.	.	V	V
<i>Lathyrus altaicus</i> Ledeb.	hl	.	.	.	.	.	.	I	I
<i>Lupinaster pentaphyllus</i> (Ser.) Spreng	hl	.	.	.	.	I	.	III	V
<i>Primula macrocalyx</i> Bunge	hl	.	.	.	.	.	.	I	I
<i>Ranunculus polyanthemos</i> L.	hl	.	.	.	.	I	.	III	II
<i>Tragopogon melanatherus</i> Klokov	hl	.	.	.	.	.	II	II	V
<i>Veratrum nigrum</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Vicia unijuga</i> A. Braun	hl	.	.	II	.	II	.	III	V
Диагностические виды порядка <i>Stipetalia sibiricae</i> Korolyuk et Makunina 2001									
<i>Aconitum anthoroideum</i> DC.	hl	.	.	.	.	.	.	III	IV
<i>Artemisia gmelinii</i> Weber ex Stechm.	hl	.	.	.	II	I	.	V	V
<i>A. sericea</i> Weber ex Stechm.	hl	III	I	.	I	.	.	V	V
<i>Aster alpinus</i> L.	hl	II	.	.	.	.	.	V	V
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex Blytt	sl	.	.	.	.	.	I	II	I
<i>Gypsophila altissima</i> L.	hl	.	.	.	.	I	.	II	V
<i>Avena schelliana</i> Hack.	hl	.	.	.	.	.	II	V	V
<i>Potentilla chrysantha</i> Trevir.	hl	.	.	.	.	.	.	II	I
<i>Schizonepeta multifida</i> (L.) Briq.	hl	.	.	IV	.	.	II	II	V
<i>Thalictrum petaloideum</i> L.	hl	.	.	.	II	II	.	V	IV
<i>Veronica krylovii</i> Schischk.	hl	.	.	.	.	I	.	IV	III

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Vicia nervata</i> Sipliv.	hl	.	I	.	.	II	II	IV	V
Диагностические виды класса <i>Festuco – Brometea</i> Br.-Bl. et R. Tx. in Br.-Bl. 1947									
<i>Anemonoides sylvestris</i> (L.) Galasso, Banfi & Soldano	hl	.	.	.	.	.	I	III	I
<i>Artemisia latifolia</i> Ledeb.	hl	.	.	.	I	II	V	V	III
<i>Astragalus danicus</i> Retz.	hl	.	.	.	.	.	III	I	I
<i>Campanula sibirica</i> L.	hl	.	.	.	I	I	V	III	II
<i>Dianthus versicolor</i> Fisch. ex Link	hl	I	.	.	.	I	II	II	III
<i>Fragaria viridis</i> Weston	hl	.	.	.	.	II	I	II	I
<i>Koeleria macrantha</i> (Ledeb.) Schult.	hl	.	I	I	II	II	V	V	V
<i>Medicago falcata</i> L.	hl	.	.	.	.	.	III	I	I
<i>Onobrychis arenaria</i> (Kit.) DC	hl	.	.	.	.	.	II	III	II
<i>Onosma simplicissima</i> L.	hl	.	.	.	.	.	I	I	.
<i>Oxytropis pilosa</i> (L.) DC.	hl	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Peucedanum morisonii</i> Besser ex Spreng.	hl	.	.	.	.	.	II	I	.
<i>Phleum phleoides</i> (L.) H. Karst.	hl	.	.	.	.	I	V	V	V
<i>Phlomoidea tuberosa</i> (L.) Moench	hl	.	.	I	I	.	III	V	II
<i>Plantago urvillei</i> Opiz	hl	.	.	.	.	.	II	I	.
<i>Poa angustifolia</i> L.	hl	.	.	.	.	I	V	V	IV
<i>Polygala comosa</i> Schkuhr.	hl	.	.	.	.	.	I	I	.
<i>Salvia stepposa</i> Des.-Shost.	hl	.	.	.	.	.	I	I	I
<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.	hl	.	.	.	.	.	IV	III	IV
<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch	hl	.	.	.	.	.	II	I	.
<i>Stipa capillata</i> L.	hl	.	I	.	I	I	V	V	II
<i>S. pennata</i> L.	hl	.	.	.	.	.	II	I	.
<i>Tephroseria integrifolia</i> (L.) Holub	hl	.	.	.	I	II	IV	.	I
<i>Achyrophorus maculatus</i> (L.) Scop.	hl	.	.	I	.	.	II	.	.
Прочие виды									
<i>Androsace multiflora</i> Lam.	hl	I	.	.	.	IV	.	.	.
<i>Chamaerodos erecta</i> (L.) Bunge	hl	.	I	.	IV	.	.	.	.
<i>Astragalus adsurgens</i> Pall.	hl	.	.	V	.	V	.	III	.
<i>Potentilla tanacetifolia</i> Willd. ex D.F.K. Schltld.	hl	.	IV	II	IV	.	I	.	.
<i>Lychnis sibirica</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Silene amoena</i> L.	hl	.	I	I	.	I	IV	.	.
<i>Viola arenaria</i> DC.	hl	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Plantago depressa</i> Willd.	hl	.	.	.	I	IV	.	.	.
<i>Lappula stricta</i> (Ledeb.) Gürke.	hl	.	I	.	.	.	.	.	.
<i>Oxytropis oxyphylla</i> (Pall.) DC.	hl	I	.	.	II	I	.	.	.
<i>Dontostemon micranthus</i> CA Mey	hl	.	.	III	.	I	.	.	.
<i>Linaria debilis</i> Kuprian.	hl	.	.	.	.	I	.	I	IV
<i>Spiesia intermedia</i> (Bunge) Kuntze	hl	.	.	.	.	.	.	IV	IV
<i>Astragalus versicolor</i> Pall.	hl	.	.	.	I	.	.	.	.
<i>Oxytropis bracteata</i> Basil.	hl	I	I	.	.	I	.	.	.
<i>Rosa acicularis</i> Lindl.	hl	.	.	.	.	.	IV	.	.
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	hl	.	.	.	I	I	.	IV	.
<i>Draba nemorosa</i> L.	hl	.	.	.	.	IV	.	.	.
<i>Astragalus miklaschewskii</i> Turcz. ex Bunge	hl	.	.	.	.	.	.	III	.
<i>Scorzonera austriaca</i> Willd.	hl	.	.	.	II	IV	.	.	.
<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.) Dumort.	hl	.	IV	IV	II	I	I	.	.
<i>Androsace lactiflora</i> Fisch. ex Willd.	hl	.	I	.	II	.	.	.	.
<i>Linum perenne</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum minus</i> L.	hl	.	III	.	IV	I	I	I	.
<i>Iris biglumis</i> Vahl	hl	IV	III	III	.	.	IV	IV	.
<i>Galatella dahurica</i> DC.	hl	.	.	.	.	.	.	IV	.
<i>Leontopodium ochroleucum</i> Beauverd	hl	.	.	.	I	I	.	.	.
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Beck	hl	.	III	III	IV	III	.	.	.
<i>Linaria acutiloba</i> Fisch. ex Rchb.	hl	.	.	.	I	III	.	.	.
<i>Astragalus melilotoides</i> Pall.	hl	.	.	.	I	.	.	.	.
<i>Scorzonera radiata</i> Fisch. ex Ledeb.	hl	V	II	II	.	IV	I	I	.
<i>Patrinia rupestris</i> (Pall.) Dufr.	hl	.	.	.	.	.	.	.	.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Dianthus superbus</i> L.	hl	.	.	.	IV	.	.	.	.
<i>Delphinium grandiflorum</i> L.	hl	IV	.	.	.	.	.	.	.
<i>Convolvulus ammannii</i> Desr.	hl	II	.	.	IV	.	.	.	.
<i>Acrocentron scabiosa</i> (L.) Á. Löve & D. Löve	hl	II	.	.	.	.	.	I	I
<i>Panzeria lanata</i> (L.) Bunge	hl	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Linum sibiricum</i> DC.	hl	IV	.	I	.	.	.	.	.
<i>Festuca ovina</i> L.	hl	IV	.	I	.	.	IV	IV	.
<i>Senecio ambraceus</i> Turcz. ex DC.	hl	.	.	I	.	.	.	.	.
<i>Stipa orientalis</i> Trin.	hl	.	III	I	.	IV	.	.	.
<i>Festuca lenensis</i> Drobw	hl	IV	.	.	II	II	.	.	.
<i>Cerastium arvense</i> L.	hl	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	hl	.	II	.	.	.	I	I	II
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	hl	I	.	.	.	.	I	I	.
<i>Sagina saginoides</i> (L.) Karst.	hl	.	.	.	.	.	I	I	.
<i>Poa stepposa</i> (Krylov) Roshev.	hl	.	.	IV	IV	.	.	.	.
<i>Vicia multicaulis</i> Ledeb.	hl	.	IV	IV	.	.	.	.	.
<i>Spiraea trilobata</i> L.	hl	IV	.	.	.	.	.	.	.
<i>Krascheninnikovia latens</i> J.F. Gmel.	hl	IV	IV	.	.	.	.	.	.
<i>Clausia aprica</i> (Stephan) Korn.-Trotzky	hl	.	I	I	.	.	.	.	.
<i>Tragopyrum compactum</i> (Ledeb.) C. Presl	hl	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Noccaea cochleariformis</i> (DC.) Á. Löve & D. Löve	hl	.	.	II	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	hl	.	II	II	.	.	.	.	.
<i>Adenophora stenanthina</i> (Ledeb.) Kitag.	hl	.	.	.	IV	.	.	.	.
<i>Nonea rossica</i> Steven	hl	.	.	I	.	.	.	I	.
<i>Jacobaea vulgaris</i> Gaertn.	hl	.	.	.	.	IV	.	.	.
<i>Plantago media</i> L.	hl	.	.	.	.	II	.	.	.

Примечание к таблице. **Единично встреченные виды:** *Ephedra monosperma* 1 (+), *Dracocephalum peregrinum* 3 (+), *Euphorbia tshuiensis* 3 (+), *Eritrichium pectinatum* 3 (+), *Pedicularis sibirica* 3 (+), *Allium strictum* 3 (+), *Linaria altaica* 3 (+), *Hedysarum turczaninowii* 3 (+), *Sedum aizoon* 4 (+), *Oxytropis reverdattoi* 4 (+), *Euphorbia alpina* 4 (+), *Euphrasia stricta* 4 (+), *Astragalus ionae* 4 (+), *Phlox sibirica* 4 (+), *Astragalus austriacus* 4 (+), *Vincetoxicum sibiricum* 4 (+), *Sedum hybridum* 5 (+), *Silene nutans* 5 (+), *Bromopsis pumPELLIANA* 6 (+), *Veronica spicata* 6 (+), *Axyris hybrida* 6 (+), *Oxytropis campanulate* 6 (+), *Androsace maxima* 6 (+), *Achnatherum splendens* 6 (+), *Serratula marginata* 6 (+), *Viola dissecta* 6 (+), *Thesium refractum* 6 (+), *Carum carvi* (+), *Oxytropis muricata* 6 (+), *Lithospermum officinale* 6 (+), *Glycyrrhiza uralensis* 6 (+), *Leontopodium leontopodioides* 6 (+), *Dracocephalum nutans* 8 (+), *Calamagrostis epigeios* 8 (+), *Linaria vulgaris* 8 (+), *Myosotis imitate* 8 (+), *Galatella biflora* 8 (+), *Silene wolgensis* 8 (+), *Potentilla flagellaris* 8 (+), *Potentilla argentea* 8 (+), *Valeriana rossica* 8 (+), *Inula salicina* 8 (+), *Viola hirta* 8 (+), *Adenophora lamarckii* 8 (+), *Geum aleppicum* 8 (+), *Tulipa uniflora* 8 (+). **Обозначения столбцов, номера синтаксонов:** 1 – *Dryado oxyodontae* – *Festucetum valesiacaе* Larionov et al. 2015; 2 – *Androsaco dasyphyllae* – *Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998; 3 – *Achnathero sibirici* – *Stipetum krylovii* Ermakov et al. 2012; 4 – *Elytrigio geniculatae* – *Stipetum orientalis* Makunina in Korolyuk et Makunina 2009; 5 – *Artemisio frigidaе* – *Stipetum krylovii artemisietosum scopariae* Korolyuk et Makunina 2009; 6 – *Artemisio frigidaе* – *Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009; 7 – *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae* Makunina 2006; 8 – *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis* Makunina 2006; 9 – *Bupleuro multinervi* – *Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001.

#### Ассоциация *Artemisio frigidaе* – *Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009

Диагностические виды: *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Artemisia frigida* Willd., *Caragana pygmaea* (L.) DC, *Carex duriuscula* C.A. Mey, *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr., *Iris humilis* Georgi, *Poa attenuata* Trin., *Potentilla acaulis* L., *P. bifurca* L., *Stipa krylovii* Roshev.

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

Травостой этих степей создают степные мелкодерновинные злаки и разнотравье: *Festuca valesiaca* Gaudin, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom., *Artemisia frigida* Willd., *Potentilla acaulis* L., *Carex duriuscula* C.A. Mey, *Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr., *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Stipa krylovii* Roshev.

Флористическая насыщенность составляет до 40 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 78 видов. Проективное покрытие составляет до 80 %.

**Субассоциация *Artemisia frigidae* – *Stipetum krylovii artemisietosum scopariae* Korolyuk et Makunina 2009**

Диагностические виды: *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit., *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Iris humilis* Georgi, *Agropiron cristatum* (L.) Gaertn.

Представляет поясно-зональный тип степных сообществ.

Высота сообществ небольшая, в среднем до 50–60 см. Основа травостоя сконцентрирована в нижнем подъярусе и представлена видами *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Carex duriuscula* C.A. Mey, *Artemisia frigida* Willd., *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit., *Iris humilis* Georgi.

Флористическая насыщенность составляет 39 на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружен 91 вид. Проективное покрытие составляет 60–80 %.

**Ассоциация *Elytrigia geniculatae* – *Stipetum orientalis* Makunina in Korolyuk et Makunina 2009.**

Диагностические виды: *Ptilotrichum elongatum* (DC.) C.A. Mey., *A. obovatum* C.A. Mey., *Dracosephalum discolor* Bunge, *Eritrichium jensense* Turcz. ex A. DC., *Gypsophila patrinii* Ser., *Kitagawia baicalensis* (I. Redowsky ex Willd.) Pimenov, *Polygala tenuifolia* Willd., *Potentilla sericea* L., *Silene tenuis* Willd., *Origanum serpyllum* (L.) Kuntze, *Youngia tenuifolia* (Willd.) Babc. & Stebbins.

Сухие петрофитные степи, занимающие каменистые склоны южных экспозиций в наиболее сухих частях Минусинских котловин. Ассоциация приурочена к крутым каменистым южным склонам сопочных массивов или гривам горных хребтов в северо-западной части Южно-Минусинской котловин (Ларионов, 2014).

В верхнем подъярусе преобладают *Stipa orientalis* Trin. и *Pseudoroegneria geniculata* (Trin.) Á. Löve. Нижний подъярус сложен в основном побегами *Artemisia frigida* Willd. и *Potentilla acaulis*. Велика роль полукустарничков *Kochia prostrata* (L.) Beck и *Sibbaldianthe adpressa* (Bunge) Juz. Для ассоциации характерно преобладание петрофитов *Pseudoroegneria geniculata* (Trin.) Á. Löve, *Odontarrhena obovata* C.A. Mey., *Youngia tenuifolia* (Willd.) Babc. & Stebbins, *Stipa orientalis* Trin.

Флористическая насыщенность составляет 21–36 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 60 видов. Проективное покрытие разреженное, составляет 40 %.

**Ассоциация *Achnathero sibirici* – *Stipetum krylovii* Ermakov et al. 2012 (Syn. *Thalictro foetidi*–*Festucetum valesiacaе* Makunina 2006)**

Диагностические виды: *Achnatherum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev, *Allium clathratum* Ledeb., *A. ramosum* L., *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Elytrigia lolioides* (Kar. & Kir.) Nevski, *Cimicifuga squarrosa* (Ledeb.) Zuev., *Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr., *Scutellaria scordiifolia* Fisch. ex Schrank, *Thermopsis lanceolata* R. Br.

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 слабо волнистых местоположениях. Они характеризуются средней высотой в 40 см. Травостой сложен побегами *Achnatherum sibiricum* (L.) Keng ex Tzvelev, *Artemisia commutate* Besser, *Festuca valesiaca* Gaudin и луговостепным разнотравьем *Allium odorum* (L.) Moench., *Bupleurum multinerve* DC., *Elytrigia lolioides* (Kar. & Kir.) Nevski, а также *Carex pediformis* C.A. Mey., *Sibbaldianthe bifurca* (L.) Kurtto & T.Erikss, *Veronica incana* L.

Флористическая насыщенность составляет 28–36 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 92 вида. Проективное покрытие варьирует от 60 до 70 %.

**Ассоциация *Androsaco dasyphyllae* – *Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998. (Syn. *Youngio tenuifoliae* – *Agropyrietum cristati* Makunina 2006)**

Диагностические виды: *Patrinia sibirica* (L.) Juss., *Silene tuvinica* Sobolevsk., *Festuca sibirica* Hack. ex Boiss., *Ptilotrichum elongatum* (DC.) C.A. Mey., *Veronica pinnata* L., *Androsace*

*dasyphylla* Bunge, *Gypsophila patrinii* Ser., *Allium vodopjanovae* N. Friesen, *Arctogeron gramineum* (L.) DC.

Отмечается на каменистых склонах южной экспозиции. Уклон сильный – до 40°. Состоит из мелкодерновинных злаков *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Festuca sibirica* Hack. ex Boiss, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult. и *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom. Также преобладает петрофитное разнотравье *Potentilla sericea* L., *Youngia tenuifolia* (Willd.) Babc. & Stebbins, *Odontarrhena obovata* C.A. Mey., *Silene tenuis* Willd., *Eritrichium jenisseense* Turcz. ex A. DC, *Orostachys spinosa* (L.) C.A. Mey. Характерными видами являются *Allium stellerianum* Willd., *Gypsophila patrinii* Ser., *Kobresia filifolia* (Turcz.) C.B. Clarke.

Флористическая насыщенность составляет 38 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего – 92 вида. Проективное покрытие обычно не превышает 50 %, на более равнинных участках – до 70 %.

#### **Ассоциация *Dryado oxyodontae* – *Festucetum valesiacaе* Larionov et al. 2015**

Диагностические виды: *Dryas oxyodonta* Juz., *Pulsatilla ambigua* (Maxim.) Pavlov, *Saussurea schanginiana* (Wydler) Fisch. ex Serg., *Kobresia myosuroides* (Vill.) Fiori, *Oxytropis bracteata* Basil., *Pedicularis lasiostachys* Bunge.

Небольшая группа степей с реликтовыми и высокогорными видами, распространенная небольшими участками в степном поясе низкогорий Абаканского хребта и восточного макросклона Кузнецкого Алатау (Ершова, Маскаев, 1999)

Доминируют *Dryas oxyodonta* Juz., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Kobresia filifolia* (Turcz.) C. B. Clarke. Также отмечаются луговостепные *Carex pediformis* C. A. Mey., *Aster alpinus* L., *Potentilla sericea* L., *Scorzonera radiata* Fisch. ex Ledeb., *Gentiana decumbens* L. f. Отмечены петрофиты *Odontarrhena obovata* C. A. Mey., *Gypsophila patrinii* Ser., *Patrinia sibirica* (L.) Juss. Характерной чертой ассоциации является высокая встречаемость альпийских видов *Dryas oxyodonta* Juz., *Minuartia gerardii* (Willd.) Fritsch, *Patrinia sibirica* (L.) Juss., *Pedicularis lasiostachys* Bunge, *Saussurea schanginiana* (Wydler) Fisch. ex Serg.

Флористическая насыщенность составляет до 32 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 46 видов. Проективное покрытие обычно составляет не более 50 %.

#### **Ассоциация *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis* Makunina 2006**

Диагностические виды: *Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *Carex pediformis* C.A. Mey., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski, *Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr., *Iris ruthenica* Ker Gawl, *Sibbaldianthe bifurca* (L.) Kurtto & T.Erikss, *P. longifolia*, *Schizonepeta multifida* (L.) Briq., *Veronica incana* L.

Ассоциация центрального типа, на территории Южно-Минусинской котловины распространена повсеместно, западной границей ареала является р. Кия. Объединяет преимущественно крупнодерновинные степи, представляющие фондовый поясо-зональный элемент северных котловин. В степном поясе Южно-Минусинской котловины сообщества приурочены к северным склонам и ложбинам, не образуя крупных массивов (Королюк, 2022).

В верхнем ярусе подъярусе доминируют *Stipa capillata* L., *Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski, *Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst. В нижнем подъярусе высотой до 20 см доминирует *Carex pediformis* C. A. Mey.

Флористическая насыщенность составляет до 45 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 114 видов. Проективное покрытие обычно составляет 80 %.

#### **Субассоциация *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae* Makunina 2006**

Диагностические виды: *Artemisia tanacetifolia* L., *Iris ruthenica* Ker Gawl, *Aster alpinus* L., *Vupleurum multinerve* DC.

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

Доминируют генеративные побеги злаков – *Helictotrichon desertorum* (Less.) Nevski, *Stipa capillata* L., *Carex pediformis* C.A. Mey. Травостой степей сложен преимущественно

дерновинными злаками *Stipa capillata* L., *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult. Немногочисленное разнотравье представлено луговостепными видами *Campanula sibirica* L., *Medicago falcata* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench. Значительную роль играют степные ксерофиты *Stipa capillata* L., *Artemisia glauca* Pall. ex Willd., *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult.

Флористическая насыщенность составляет до 42 видов на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 117 видов. Проективное покрытие обычно не превышает 60 %.

#### Ассоциация *Bupleuro multinervi* – *Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001

Диагностические виды: *Achillea asiatica* Serg., *Aconitum barbatum* Pers., *Carex pediformis* С.А. Мей., *Galium boreale* L., *Gentiana macrophylla* Pall., *Hieracium umbellatum* L., *Iris ruthenica* Ker Gawl, *Auganthus cortusoides* (L.) Soják, *Sanguisorba officinalis* L.

Представляет поясочно-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* Fisch. ex Blytt.

Доминируют *Achillea asiatica* Serg., *Galium boreale* L., *Sanguisorba officinalis* L., часто встречается *Aconitum barbatum* Pers. Также встречаются *Festuca valesiaca* Gaudin, *Fragaria viridis* Weston, *Avena schelliana* Hack., *Iris ruthenica* Ker Gawl, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Poa angustifolia* L. В составе разнотравья преобладают ксеромезофиты *Aconitum barbatum* Pers., *Fragaria viridis* Weston, *Iris ruthenica* Ker Gawl, *Phlomis tuberosa* (L.) Moench, *Pulsatilla patens* (L.) Mill. Реже встречаются мезоксерофиты *Gypsophila altissima* L. и *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.

Видовая насыщенность составляет 44 вида на 100 м<sup>2</sup>. Всего обнаружено 82 вида. Проективное покрытие составляет не более 60 %.

На высшем уровне классификационной системы петрофитно-степная растительность сопочного массива Саксары относится к двум классам: ***Cleistogenetea squarrosae*** и ***Festuco – Brometea***. О принадлежности к классу центральноазиатских степей *Cleistogenetea squarrosae* свидетельствует абсолютное преобладание и высокое постоянство диагностических видов, таких как *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Allium anisopodium* Ledeb., *Bupleurum bicaule* Helm, *Carex duriuscula* С.А. Мей, *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng, *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Poa botryoides* (Trin. ex Griseb.) Kom., *Potentilla acaulis* L., *P. sericea* L. и *Stipa krylovii* Roshev. 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 *Artemisia latifolia* Ledeb., *A. sericea* Weber ex Stechm., *Astragalus danicus* Retz., *Fragaria viridis* Weston, *Medicago falcata* L., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC, *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench, *Plantago urvillei* Opiz, *Poa angustifolia* L., *Polygala comosa* Schkuhr., *Potentilla argentea* L., *P. humifusa* Willd. ex D.F.K. Schltldl., *Scabiosa ochroleuca* L., *Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch, *Stipa dasyphylla* (Lindem.) Trautv., *S. pennata* L., *S. zaleskii* (P.A. Smirn.) Tzvelev и *Tephrosia integrifolia* (L.) Holub. 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. ex Korotkov et al. 1991

Порядок *Stipetalia krylovii* Kononov et al. 1985

Союз *Stipion krylovii* Kononov et al. 1985

Ассоциация *Artemisio frigidae* – *Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009

Субассоциация *Artemisio frigidae* – *Stipetum krylovii artemisietosum scopariae* Korolyuk et Makunina 2009

Союз *Thymion gobici* Mirkin et al. ex Hilbig 2000

- Ассоциация *Elytrigio geniculatae* – *Stipetum orientalis* Makunina in Korolyuk et Makunina 2009  
 Порядок *Helictotrichetalia schelliani* Hilbig 2000  
 Союз *Festuco valesiacae* – *Caricion pediformis* Ermakov et al. 2012  
 Ассоциация *Achnathero sibirici* – *Stipetum krylovii* Ermakov et al. 2012  
 Союз *Eritrichio pectinate* – *Selaginellion sanguinolentae* Ermakov et al. 2006  
 Ассоциация *Androsaco dasyphyllae* – *Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998  
 Ассоциация *Dryado oxyodontae* – *Festucetum valesiacae* Larionov et al. 2015  
 Класс *Festuco* – *Brometea* Br.-Bl. et R. Tx. in Br.-Bl. 1947  
 Порядок *Stipetalia sibiricae* Korolyuk et Makunina 2001  
 Союз *Aconito barbatae* – *Poion transbaicalicae* Korolyuk et Makunina 2001  
 Ассоциация *Bupleuro multinervi* – *Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001  
 Союз *Veronico incanae* – *Helictotrichion desertorum* Korolyuk et Makunina in Korolyuk 2007  
 Ассоциация *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis* Makunina 2006  
 Субассоциация *Artemisio glaucae* – *Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae* Makunina 2006

### Ординационная модель связей растительности с ведущими экологическими факторами

В результате проведенной DCA-ординации всех 80 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. Результаты представлены на рисунке 1.

Ось 1 продемонстрировала замещение синтаксонов от ксерофитных степей центрально-азиатского типа – класс *Cleistogenetea squarrosae* (крайне левое положение, синтаксоны 1, 4) последовательно через синтаксоны 3, 2 до наиболее влажных луговых степей евросибирского типа – класс *Festuco* – *Brometea* (крайне правое положение, синтаксоны 7, 8, 9). Поэтому она была проинтерпретирована как градиент фактора влажности местообитаний – от наименьшей к наибольшей. Центральную часть градиента как по оси 1, так и по оси 2, занимают синтаксоны 3, 7, 8, представляющие собой поясочно-зональный тип луговых степей. Крайнее нижнее положение по оси 2 занимают синтаксон 1, представляющий собой сухие петрофитные степи, занимающие каменистые склоны южных экспозиций в наиболее сухих частях Минусинских котловин (Ларионов, 2014). Переходное положение занимают синтаксоны 3, 7 и 8, которые, как правило, присутствуют на пологих склонах и выровненных местоположениях. Крайнее верхнее положение по оси 2 заняли сообщества синтаксонов 5 и 6, для которых характерно распространение в местообитаниях с хорошо развитыми почвами. Их последовательное замещение позволяет интерпретировать ось 2 как градиент петрофитности (каменистости) местообитаний.

Таким образом, 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.

### Схема растительности массива Саксары в масштабе 1:300000

В результате проведенного полуавтоматического дешифрирования спектрально-зональных космических снимков среднего разрешения Landsat-8 и анализа распространения синтаксонов в связи с формами рельефа создана картографическая модель пространственной организации разнообразия степной растительности участка и получено генерализованное синтезированное изображение (рисунок 2) и составлена легенда к нему (табл. 2). Стоит отметить, что ассоциация *Dryado oxyodontae* – *Festucetum valesiacae* Larionov et al. 2015 представлена незначительно (2 описания) поэтому в легенду генерализованной картографической схемы она не вошла.

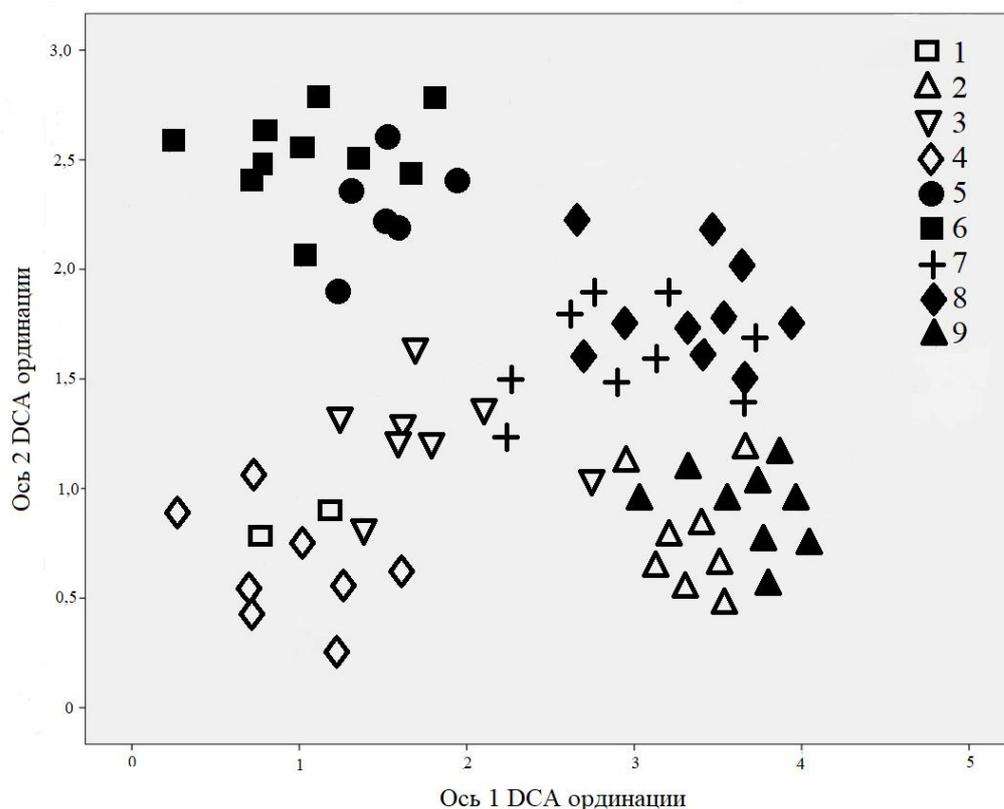


Рис. 1. Результаты DCA-ординации растительности сопочного массива Саксары

Обозначения синтаксонов: 1 – *Dryado oxyodontae – Festucetum valesiacae* Larionov et al. 2015, 2 – *Androsaco dasyphyllae – Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998, 3 – *Achnathero sibirici – Stipetum krylovii* Ermakov et al. 2012, 4 – *Elytrigio geniculatae – Stipetum orientalis* Makunina in Korolyuk et Makunina 2009, 5 – *Artemisio frigidae – Stipetum krylovii artemisietosum scopariae* Korolyuk et Makunina 2009, 6 – *Artemisio frigidae – Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009, 7 – *Artemisio glaucae – Caricetum pediformis. iridetosum ruthenicae* Makunina 2006, 8 – *Artemisio glaucae – Caricetum pediformis* Makunina 2006, 9 – *Bupleuro multinervi – Helictotrichetum desertorum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инвентаризация фитоценотического разнообразия сопочного массива Саксары, результатом которой стала база данных на основе пакета Turboveg, состоящая из 80 геоботанических описаний степной растительности, позволила создать ординационную модель связей растительности с ведущими экологическими факторами в программе DECORANA. Создана оригинальная картографическая модель растительности сопочного массива в масштабе 1:300000 и легенда к ней в программном пакете QGis – 3.22.5. Модель 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. Проведенный ординационный анализ выявил закономерности экологической дифференциации степных сообществ по градиентам ведущих факторов каменистости субстрата и влагообеспеченности, определил их связи с элементами микрорельефа.

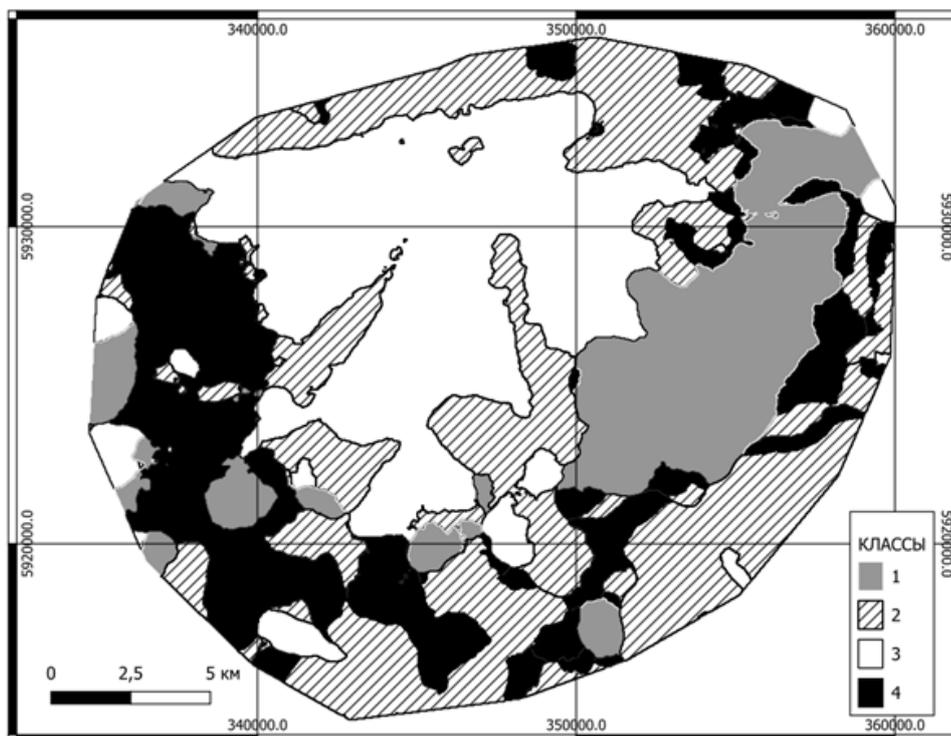


Рис. 2. Результаты классификации растительности по методу K-means (Landsat – 8),  
08.07.2024

Таблица 2  
Классы района исследования по методу K-means по данным Landsat-8

Номер класса	Название единиц растительности/характеристика поверхности
1	Преимущественно сочетание луговых степей <i>Achnathero sibirici</i> – <i>Stipetum krylovii</i> Ergakov et al. 2012 с отдельными кустами <i>Caragana pygmaea</i> и <i>Artemisio glaucae</i> – <i>Caricetum pediformis</i> Makunina 2006 по пологим склонам всех экспозиций
2	Преимущественно сочетание разреженных петрофитных степей <i>Bupleuro multinervi-Helictotrichetum desertorum</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2001 и <i>Artemisio glaucae</i> – <i>Caricetum pediformis iridetosum ruthenicae</i> Makunina 2006 на щебнистых пологих склонах
3	Преимущественно сочетания петрофитных степей восточносибирско-центральноазиатского типа <i>Androsaco dasyphyllae</i> – <i>Caricetum pediformis</i> Korolyuk et Makunina 1998 и <i>Elytrigio geniculatae</i> – <i>Stipetum orientalis</i> Makunina in Korolyuk et Makunina 2009 на крутых каменистых склонах с уклоном до 50 ° с и выходами дресвы до 80 %
4	Преимущественно сочетания луговых восточносибирско-центральноазиатского типа степей <i>Artemisio frigidae</i> – <i>Stipetum krylovii</i> Korolyuk et Makunina 2009 с включениями <i>Artemisio frigidae</i> – <i>Stipetum krylovii artemisietosum scopariae</i> Korolyuk et Makunina 2009 на подгорном массиве

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 детальном крупном масштабе выступает достоверной основой мониторинга состояния 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

- Ершова Э. А., Маскаев Ю. М. Типчаково-дриадовые тундростепи (*Festuca pseudovina* + *Dryas oxyodonta*) [Электронный ресурс]. – Электронный атлас «Биоразнообразие животного и растительного мира Сибири». – Новосибирск: Наука, 1999. – Режим доступа: <http://www.sbras.nsc.ru/win/elbib/bio/green/26.html> (просмотрено 15.06.2024).
- Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения / [Ред. К. С. Байков]. – Новосибирск: Наука. 2005. – 362 с.
- Королюк, А. Ю. Степи Назаровско-Минусинской межгорной впадины: синтаксономическая ревизия // Растительный мир Азиатской России. – 2022. – № 3. – С. 171–190.
- Куминова А. В., Маскаев Ю. М. Геоботаническое районирование // Растительный покров Хакасии / [Под ред. А. В. Куминовой]. – Новосибирск: Наука, 1976. – С. 390–368.
- Ларионов А. В. Разнообразие степной растительности на градиенте континентальности климата в Хакасии: дисс. ... канд. биол. наук: спец. 03.02.01 Ботаника. – Новосибирск: Центральный сибирский ботанический сад СО РАН Новосибирск, 2014. – 246 с.
- Макунина, Н. И. Степные сообщества сопочного массива Саксары (Хакасия) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 2 (22). – С. 84–100.
- Миркин, Б. М., Наумова Л. Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. – Уфа: АНРБ, Гилем, 2012. – 488 с.
- Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения 14.12.2024).
- Полевая геоботаника. Методическое руководство. Т. 3 / [Ред. Е. М. Лавренко]. – Новосибирск: Издательство Академии Наук СССР, 1964. – 530 с.
- Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И., Перминова Е. С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения. – Пермь: ПГНИУ, 2020. – 191 с.
- Czerepanov S. K. Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR) // University Press, Cambridge. – 1995. – P. 97–287.
- Ermakov N., Larionov A., Polyakova M., Pestunov I., Didukh Ya. Diversity and spatial structure of cryophytic steppe of the Minusinskaya basin in Southern Siberia (Russia) // Tuexenia. – 2014. – Vol. 34. – P. 431–446.
- Hennekens, S. M. TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data: User's guide // University of Lancaster. – 1996. – 59 p.
- Hill, M. O. DECORAN TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77 // Huntington: Inst. of Terrestrial Ecology. – 1979. – 58 p.
- Westhoff, V. The Braun – Blanquet approach // Handbook of Vegetation Science. – 1973. – Vol. 5. – P. 617–726.

**Porabeikina O. O. The Diversity and Spatial Structure of Mountain-Steppe Vegetation of the Saksary Hill Massif (South Minusinsk Intermountain Basin) // Ekosistemy. 2024. Iss. 40. P. 62–75.**

The article presents the results of studying the spatial organization of the vegetation cover within the Saksary hill massif using Landsat-8 satellite images. The classification of vegetation was carried out in the Braun-Blanquet system, an ordination model of connections between plant communities and predominant environmental factors was created. Additionally, an original large-scale geobotanical cartographic model was designed. Based on the results of gradient analysis, key environmental factors were identified that influence the diversity of steppe communities and determine the spatial distribution of steppes: altitude above sea level, slope exposure and petrographic composition of the substrate. High-resolution satellite imagery facilitated the identification of phytocenoses at the microcombination level representing combinations of phytocenoses determined by the characteristics of the terrain, soil cover and humidity. The implemented information approaches made enabled the synthesis of concentrated knowledge about the typological composition of plant communities, features of their ecology and spatial organization within the study area, as represented in a cartographic model. Complex understanding of the volume and nature of primary geobotanical data, the applied classification and ordination methods, enhances the comprehension of the patterns of spatial organization of vegetation. This also simplifies the process of improving the cartographic model, introducing and reflecting new important features and patterns of vegetation that are revealed when new additional materials are involved.

*Key words:* phytodiversity, steppe vegetation, ordination, large-scale mapping, Khakassia, Saksary.

*Поступила в редакцию 23.08.24*

*Принята к печати 15.12.24*