

---

## ГЕОБОТАНИКА

---

УДК 581.526.53+912.43

### ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ ПРЕДГОРИЙ БАТЕНЁВСКОГО КРЯЖА

© А. В. Ларионов  
A. V. Larionov

Spatial organization of plant communities of the southeastern foothills of the Batenevsky ridge

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова»,  
655017, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Ленина, д. 92.  
Тел.: +7 (3902) 22-21-63 (дон. 25), e-mail: larionovalexey000@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения закономерностей формирования разнообразия растительности юго-восточных предгорий Батенёвского кряжа, который расположен в умеренно сухих климатических условиях на стыке северной части Южно-Минусинской котловины и северных отрогов Батенёвского кряжа. Растительность модельного полигона представлена одним классом лесов: *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* с 1 ассоциацией (*Adenophoro-Laricetum*) и двумя степными классами: *Festuco-Brometea* с 2 ассоциациями (*Bupleuro-Helictotrichetum* и *Artemisio-Caricetum*) и *Cleistogenetea squarrosae* с 2 ассоциациями (*Androsaco-Caricetum* и *Androsaco-Helictotrichetum*). В распределении растительных сообществ выделяются два микропоясных ряда. Ряд южных сухих склонов начинают крупнодерновинные овсецово-ковыльные степи асс. *Artemisio-Caricetum* у подножий, которые замещаются на сочетания сухих мелкодерновинно-злаковых асс. *Youngio-Agrophyretum* и злаково-осоковых степей с криофитами асс. *Androsaco-Caricetum*. Микропоясный ряд теневых склонов представлен перистоковыльными луговыми степями асс. *Bupleuro-Helictotrichetum* и их комбинациями с петрофитными луговыми разнотравными степями асс. *Androsaco-Helictotrichetum* у подножий и в средней части склона, в верхней части формируются микрокомбинации луговых степей асс. *Bupleuro-Helictotrichetum* и березово-лиственничных лесов асс. *Adenophoro-Laricetum*. На основе дешифрирования космических снимков Sentinel-2 создана крупномасштабная картографическая модель пространственной организации сообществ лесостепного пояса юго-восточных предгорий Батенёвского кряжа.

Ключевые слова: растительность, горная лесостепь, Хакасия, Батенёвский кряж, пространственная организация, картография.

Abstract. The results of studying the patterns of vegetation diversity formation in the southeastern foothills of the Batenevsky ridge, which is located in moderately dry climatic conditions at the junction of the northern part of the Yuzhno-Minusinsk basin and the northern spurs of the Batenevsky Ridge, are presented. The vegetation of the model polygon is represented by one class of forests: *Brachypodio pinnati-Betuletea pendulae* with 1 association (*Adenophoro-Laricetum*) and two steppe classes: *Festuco-Brometea* with 2 associations (*Bupleuro-Helictotrichetum* and *Artemisio-Caricetum*) and *Cleistogenetea squarrosae* with 2 associations (*Androsaco-Caricetum* and *Androsaco-Helictotrichetum*). In the distribution of plant communities, two micro-belt series are distinguished. A number of southern dry slopes begin large-grain oatmeal-grass steppes *Artemisio-Caricetum* at the foot, which are replaced by a combination of dry small-grain cereals *Youngio-Agrophyretum* and grass-sedge steppes with cryophytes *Androsaco-Caricetum*. The micro-belt series of shadow slopes is represented by pinnaled meadow steppes *Bupleuro-Helictotrichetum* and their combinations with petrophytic meadow grass steppes *Androsaco-Helictotrichetum* at the foot and in the middle part of the slope, micro-combinations of meadow steppes *Bupleuro-Helictotrichetum* and birch-larch forests *Adenophoro-Laricetum* are formed in the upper part. With the help of decoding Sentinel-2 satellite images, a large-scale cartographic model of the spatial organization of communities of the forest-steppe belt of the southeastern foothills of the Batenevsky ridge was created.

Keywords: vegetation of the mountain forest-steppe, Khakassia, spatial organization, cartography.

DOI: 10.22281/2686-9713-2023-3-67-75

## Введение

Растительность лесостепного пояса Хакасии отличается высоким фитоценотическим разнообразием из-за формирования на стыке нескольких крупных, сильно отличающихся по рельефу и климату горных систем: Минусинской котловины, Западного Саяна и Кузнецкого Алатау. В более гумидных областях Батенёвского кряжа распространены луговые евросибирские степи класса *Festuco–Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947 и гемибореальные лиственничные и берёзовые леса класса *Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae* Egmakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991. Северные предгорья Минусинской котловины покрыты преимущественно восточносибирскими степями класса *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. 1992. В области контакта северной части котловины и южных предгорий Батенёвского кряжа распространены переходные сообщества, которые сочетают в себе признаки евросибирских и восточноазиатских степей, а среди петрофитных сообществ распространены степи с криофитами, сформировавшиеся в плейстоцене (Lavrenko et al., 1991; Larionov et al., 2015; Makunina, 2006).

Особенности пространственной организации сообществ лесостепного пояса в области контакта Минусинской котловины и Батенёвского кряжа описаны недостаточно полно. Существуют карты растительности Хакасии 1970-х годов: среднемасштабная «Карта растительности Хакасской автономной области» (1 : 300000), а также серия крупномасштабных (1 : 25000) карт растительности создана А. В. Куминовой с соавторами. Крупномасштабное картографирование восстановленной степной растительности в южной части Минусинской котловины проведено В. Г. Волковой (Volkova, 1983). Пространственная структура растительности изучалась в Июсо-Ширинской котловине Н. И. Макуниной и Н. В. Игай (Makunina, Igai, 2011), М. А. Поляковой и Н. Б. Ермаковым (Polyakova, Egmakov, 2019). При этом пространственная структура растительности лесостепного пояса Батенёвского кряжа не изучена.

Цель исследования – изучение закономерностей пространственной организации и картографирование естественной растительности горностепного пояса юго-восточных предгорий Батенёвского кряжа на ключевом полигоне, расположенном в бассейне р. Биджа с использованием данных дистанционного зондирования.

**Географическое положение и природные условия.** Батенёвский кряж является восточной частью Кузнецкого Алатау (рис. 1). Он расположен между 89°55' и 91°00' в. д., делит Минусинскую котловину на Южно-Минусинскую и Сыдо-Ербинскую (Северо-Минусинскую) впадины. Максимальная высота кряжа – 1266 м. Рельеф среднегорный. Хребты сложены серыми известняками, доломитами, туфами, сланцами (Rastitel'nyi..., 1976; Mistryukov, 1991).

С юга Батенёвский кряж граничит с Южно-Минусинской котловиной и вместе с основной более высокой частью хребта Кузнецкого Алатау перехватывает основное количество осадков, поступающих с Запада. В результате проявления эффектов «дождевого барьера» и «дождевой тени» условия на хребтах Батенёвского кряжа более влажные, чем в прилегающей к нему с юга Южно-Минусинской котловине. Южная и западная части района исследования характеризуются семиаридными условиями. Восточная и северная – гораздо более влажные и входят в семигумидный климатический сектор. Восточные отроги испытывают увлажняющее влияние со стороны Красноярского водохранилища (Polikarpov et al., 1986).

Модельный полигон «Биджа» расположен в юго-восточной части Батенёвского кряжа. Климатические условия здесь умеренно влажные. Среднегодовое количество осадков 437–475 мм в год, что больше, чем на прилегающей территории Южно-Минусинской котловины (375–443 мм). Климат резко континентальный с холодной зимой и жарким летом. Средняя температура тёплого периода (май–сентябрь) колеблется от 14,3 до 15,2°C, холодного (ноябрь–март) – от –15,7 до –16,2°C (Fick et al., 2017). В 2022–2023 гг. в регионе были сильные пожары, из-за чего крупные участки леса и степей выгорели.

Почвы северных пологих склонов представлены дерново-подзолистыми серыми, на южных сменяются малоразвитыми дресвянистыми почвами с выходами коренной породы. По шлейфам подножий склонов формируются маломощные южные и обыкновенные чернозёмы, которые по большей части распаханы (Rastitel'nyi..., 1976). На южной границе полигона протекает р. Биджа.

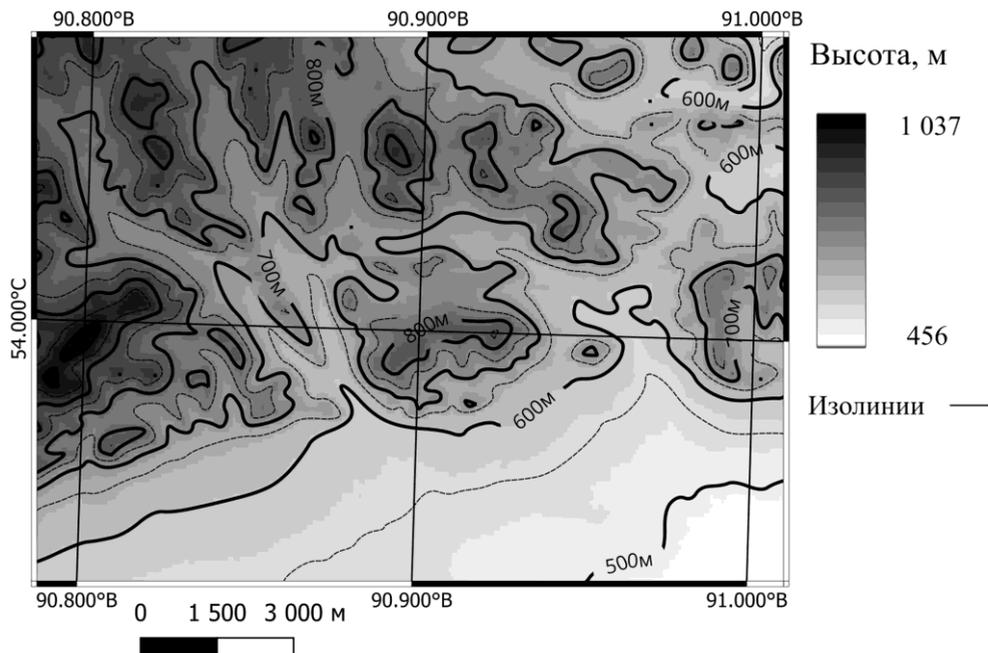


Рис. 1. Картограмма ключевого полигона исследования, построена по данным Shuttle radar topographic mission (SRTM).

Fig. 1. The cartographic diagram of the key research polygon, built according to the data of the Shuttle radar topographical mission (SRTM).

### Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на территории Усть-Абаканского р-на Республики Хакасия. Было использовано 48 полных геоботанических описаний, собранных в ходе полевых работ 2013–2023 гг. Описания выполнены по стандартной методике на площадках 100 м<sup>2</sup> для травяных сообществ и 200 м<sup>2</sup> – для лесных (Polevaia..., 1964). Из геоботанических описаний создана база данных в программе TURBOVEG (Hennekens, 1996). Классификация проведена методом Ж. Браун-Бланке (Westhoff, van der Maarel, 1973); обработка таблиц выполнена с использованием программы JUICE 7.0 (Tichý, 2002). Определение ведущих экологических факторов, обуславливающих разнообразие и пространственную организацию растительности, выполнено методом DCA-ординации (Detrended Correspondence Analysis, оси 1 и 2) в пакете DECORANA (Hill, 1979).

Изучение пространственной организации растительности ключевого полигона осуществлено с использованием мультиспектральных снимков, полученных со спутников Sentinel-2 (разрешение – 10 м). Для дешифрирования снимков использовалась программа ECCA, построение картосхем проведено в QGIS 3.32.

Названия растений приведены в соответствии со сводкой С. К. Черепанова (Cherapanov, 1995).

### Результаты и обсуждение

**Результаты классификации.** При классификации растительных сообществ ключевого полигона методом Ж. Браун-Бланке было выявлено, что разнообразие растительности лесостепного пояса представлено тремя классами: *Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae* (континентальные мелколиственно-светлохвойные смешанные травяные леса Южной Сибири), *Cleistogenetea squarrosae* (центральноазиатские степи) и *Festuco–Brometea* (степи европейско-сибирского типа).

## Перечень синтаксонов растительности

Класс *Brachypodio pinnati–Betuletea pendulae* Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991  
 Порядок *Carici macrourae–Pinetalia sylvestris* Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991  
 Союз *Vicio unijugae–Pinion sylvestris* Ermakov, Korolyuk et Lashchinsky 1991  
 Асс. *Adenophoro lamarcki–Laricetum sibiricae* Ermakov in Ermakov et al. 2000

Класс *Festuco–Brometea* Br.-Bl. et Tx. ex Soó 1947

Порядок *Stipetalia sibiricae* Arbuzova et Zhitlukhina ex Korolyuk et Makunina 2001  
 Союз *Aconito barbati–Poion transbaicalicae* Korolyuk et Makunina 2001  
 Асс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertori* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001  
 Субасс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertori typicum* Makunina in Korolyuk et Makunina 2001  
 Субасс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertori stipetosum capillatae* Makunina 2006 prov.  
 Союз *Veronico incanae–Helictotrichion desertori* Korolyuk 2010  
 Подсоюз *Veronico incanae–Helictotrichenion desertori* Korolyuk et Makunina 2006  
 Асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis* Makunina 2006

Класс *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. 1992

Порядок *Festucetalia lenensis* Mirkin in Gogoleva et al. 1987  
 Союз *Eritrichio pectinati–Selaginellion sanguinolentae* Ermakov, Chytry et Valachovič 2006  
 Асс. *Youngio tenuifoliae–Agropyretum cristati* Makunina 2006  
 Асс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis* Korolyuk et Makunina 1998  
 Асс. *Androsaco dasyphyllae–Helictotrichetum desertori* Larionov et al. 2015

Для определения роли ведущих экологических факторов в распределении сообществ была проведена DCA-ординация. На основании анализа соотношения экологических групп видов выявленных синтаксонов вдоль оси DCA1 чётко выражен экологический ряд замещения от непетрофитных сообществ к петрофитным степям. Крайнее левое положение (–0,5–1,0) занимают берёзово-лиственничные леса асс. *Adenophoro–Laricetum*. В центральном положении (0,0–3,5) расположены непетрофитные степи: луговые разнотравно-злаковые и перистоковыльные – асс. *Bupleuro–Helictotrichetum* и богаторазнотравные крупнодерновинные овсецово-ковыльные – асс. *Artemisio–Caricetum*. Правая часть (4,0–6,5) занята петрофитными сообществами асс. *Androsaco–Helictotrichetum*, *Youngio–Agropyretum* и *Androsaco–Caricetum*.

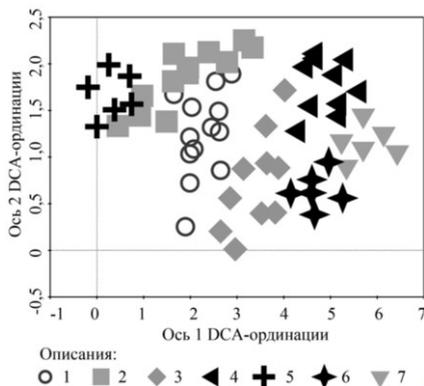


Рис. 2. Распределение растительных сообществ ключевого участка «Биджа» на осях 1, 2 DCA.

1 – субасс. *Bupleuro–Helictotrichetum stipetosum capillatae*,  
 2 – субасс. *Bupleuro–Helictotrichetum typicum*, 3 – асс. *Artemisio–Caricetum*, 4 – асс. *Androsaco–Helictotrichetum*, 5 – асс. *Adenophoro–Laricetum*, 6 – асс. *Youngio–Agropyretum*, 7 – асс. *Androsaco–Caricetum*.

Fig. 2. Distribution of plant communities of the key site «Bijah» on axes 1, 2 DCA.

1 – subass. *Bupleuro–Helictotrichetum stipetosum capillatae*,  
 2 – subass. *Bupleuro–Helictotrichetum typicum*, 3 – асс. *Artemisio–Caricetum*, 4 – асс. *Androsaco–Helictotrichetum*, 5 – асс. *Adenophoro–Laricetum*, 6 – асс. *Youngio–Agropyretum*, 7 – асс. *Androsaco–Caricetum*.

Данный экологический ряд замещения ценофлор вдоль оси DCA1 соответствует фактору плодородия-каменистости почв, а также отражает разделение сообществ на крупные эколого-географические группы, соответствующие классам растительности. В левом положении (–0,5–1,0) находятся континентальные мелколиственно-светлохвойные смешанные травяные леса класса *Brachypodio–Betuletea*, сменяющиеся западно-палеарктическими луговыми

степями класса *Festuco-Brometea* (0,0–3,5), а затем восточносибирско-центральноазиатскими степями класса *Cleistogenetea squarrosae* (2,5–7,0). Наличие в одном ландшафте ассоциаций разных географических типов связано с расположением района исследования на границе двух крупных геологических структур: Батенёвского кряжа, на котором преобладают степные сообщества евросибирского типа, и Минусинской котловины с выраженным доминированием центральноазиатских степей.

По оси DCA2 ординации наблюдаются два экологических ряда. Ведущим фактором выступает тепло-влажнообеспеченность субстрата. Первый ряд начинается с умеренно сухолюбивых сообществ ковыльно-овсецовых степей асс. *Artemisio-Caricetum* (0,0–1,0). Далее в диапазоне значений (0,5–1,7) сгруппированы умеренно влаголюбивые луговые степи субасс. *Bupleuro-Helictotrichetum stipetosum capillatae*, которые сменяют более мезофитные перистоковыльные степи субасс. *Bupleuro-Helictotrichetum typicum* (1,3–2,3) и связанные с ними берёзово-лиственничные леса асс. *Adenophoro-Laricetum* (1,3–2,2).

Второй экологический ряд соответствует распределению восточносибирско-центральноазиатских степей. Нижнее положение занимают умеренно сухолюбивые ковыльно-овсецовые степи асс. *Artemisio-Caricetum* (значения 0,0–1,0). Центральная часть оси занята сухими мелкодерновинными петрофитными степями асс. *Youngio-Agropyretum* (0,3–1,0) и злаково-осоково-разнотравными степями с криофитами асс. *Androsaco-Caricetum* (0,5–1,3). В верхней части оси расположены умеренно-влаголюбивые петрофитные луговые степи с криофитами асс. *Androsaco-Helictotrichetum* (1,2–2,2).

Результаты ординации отражают распределение сообществ в связи с ведущими экологическими факторами: условиями тепло-влажнообеспеченности, а также плодородия-каменистости почв на определённых формах рельефа.

**Картографирование пространственной структуры растительности.** В результате проведенного дешифрирования космических снимков Sentinel-2, анализа распространения сообществ в ландшафте, а также выявленных методом ординации экологических рядов сообществ создана картографическая модель пространственной организации разнообразия растительности ключевого полигона. Были выявлены фитоценохоры в ранге микрокомбинаций, каждая из которых отражает сочетания растительных сообществ в связи с рельефом, а также были определены контуры, представляющие отдельные типы степных сообществ ранга ассоциации (рис. 3). Профиль, отражающий закономерности формирования микрополюсов рядов по основным элементам рельефа изображён на рис. 4.

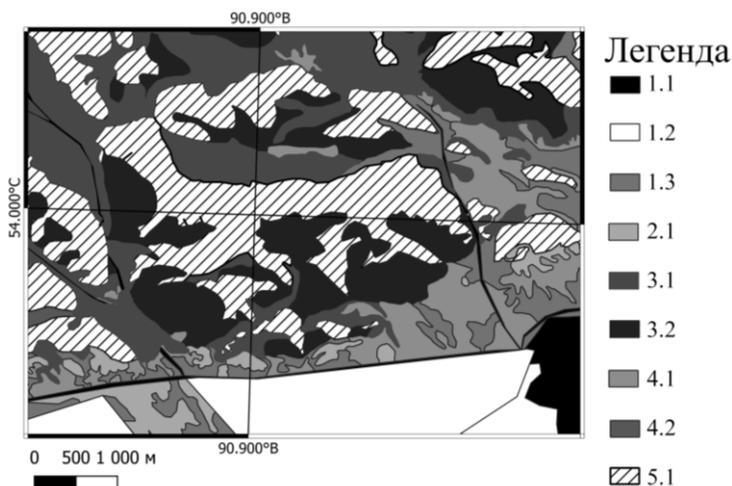


Рис. 3. Картографическая модель на основе дешифрированного снимка Sentinel-2 ключевого участка «Биджа».

Fig. 3. Cartographic model on the base of the decrypted Sentinel-2 image of the key site «Bijah».

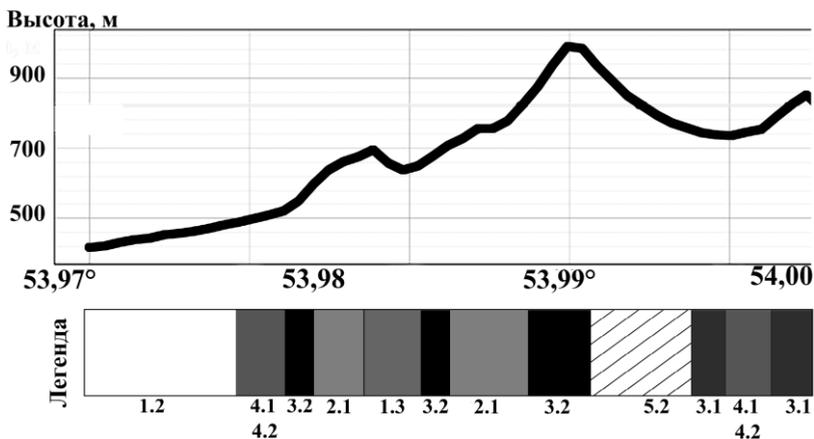


Рис. 4. Профиль через 90.9° в. д. по данным SRTM (обозначения соответствуют легенде карты – табл. 1).

Fig. 4. Profile through 90.9° E according to SRTM data (the designations correspond to the legend of the map – table 1).

Микрофитоценохоры шлейфов отрогов и сухих склонов южной экспозиции представлены микрокомбинациями крупнодерновинных овсецово-ковыльных степей асс. *Artemisio-Caricetum* и петрофитных злаково-осоково-разнотравных степей асс. *Androsaco-Caricetum*; микрокомбинациями злаково-осоково-разнотравных степей асс. *Androsaco-Caricetum* и сухих мелкодерновинно-злаковых степей асс. *Youngio-Agropyretum*; микрокомбинациями крупнодерновинных овсецово-ковыльных степей асс. *Artemisio-Caricetum* и умеренно влажнолюбивых луговых степей субасс. *Bupleuro-Helictotrichetum stipetosum capillatae*.

Микрофитоценохоры влажных теневых склонов объединяют микрокомбинации перистоковыльных луговых степей субасс. *Bupleuro-Helictotrichetum typicum* и разнотравно-злаковых петрофитных луговых степей асс. *Androsaco-Helictotrichetum*. Во внутренних частях хребта расположены микрокомбинации берёзово-лиственничных лесов асс. *Adenophoro-Laricetum* и перистоковыльных луговых степей субасс. *Bupleuro-Helictotrichetum typicum*.

Первый микропооясный ряд сообществ характерен для световых склонов южной экспозиции и начинается от подножий хребта. Южные склоны Батенёвского кряжа, постепенно переходящие в выровненные участки Южно-Минусинской котловины пологие (крутизна 1–5°). Почвы подножий представлены южными чернозёмами, вследствие чего активно использовались в сельском хозяйстве. Степные сообщества здесь распаханы или стравлены на достаточно больших территориях. Их растительность нарушена и в основном представлена либо старыми залежами, либо сильно деградировавшими сообществами с преобладанием *Iris biglumis*, *Carex duriuscula* (1.2). На отдельных небольших участках близ курганов и непосредственно около склонов кряжа сохранились небольшие территории естественной степной растительности, в основном крупнодерновинных овсецово-ковыльных степей асс. *Artemisio-Caricetum*, которые по пологим склонам холмов контактируют с сухими петрофитными злаково-осоково-разнотравными степями асс. *Androsaco-Caricetum* (4.2). Территории, на которых исторически были расположены разнотравно-типчаковые (асс. *Thalictro foetidii-Festucetum valesiacae* Makunina 2006, *Achnathero sibirici-Stipetum krylovii* Ermakov, Larionov et Polyakova 2012) и мелкодерновинные злаковые степи (асс. *Artemisio frigidae-Stipetum krylovii* Korolyuk et Makunina 2009) полностью распаханы, из-за чего эти сообщества на модельном полигоне не отмечаются.

Выше на открытых участках с крутизной (5–9°) почвы слабообразованные дресвянистые, проективное покрытие материнской породы и дресвы может достигать до 60%. Здесь распространены сочетания петрофитных степей. Злаково-осоково-разнотравные степи с участием криофитов асс. *Androsaco-Caricetum* приурочены к более сухим и каменистым участкам, образуют достаточно большие пятна по выпуклым склонам. Петрофитные мелкодерновинно-злаковые степи

асс. *Youngio–Agropyretum* образуют характерные ступенчатые длинные полосы вдоль хребта, окружающая участки с фитоценозами асс. *Androsaco–Caricetum*, вследствие чего на снимках дешифрируются как микрокомбинации, в которых преобладают сообщества асс. *Androsaco–Caricetum* (2.1).

В средней части склона в западинах и вогнутых частях небольшими участками отмечается микрокомбинация умеренно влаголюбивых луговых степей субасс. *Bupleuro–Helictotrichetum typicum* и ксеромезофитных разнотравно-злаковых петрофитных луговых степей асс. *Androsaco–Helictotrichetum*. Формирование этих сочетаний на южных склонах связано со стоком воды в понижения микрорельефа, из-за чего создаются более влажные условия, достаточные для развития луговостепного разнотравья. На отдельных пониженных участках склона небольшие территории занимали берёзово-лиственничные леса, но из-за крупных пожаров лесные сообщества южных склонов полностью выгорели, образовавшиеся полосы гарей (1.3) хорошо заметны на спутниковых снимках.

В верхней части на выпуклых крутых (7–13°), сухих участках с многочисленными выходами материнских пород распространены сочетания петрофитных степей асс. *Youngio–Agropyretum* и *Androsaco–Caricetum* (2.1).

Второй микропоясный ряд формируется в логах внутренней части хребта и продолжается на склоны теневых экспозиций. В межсклоновых понижениях, на участках с вогнутым рельефом, преобладают непетрофитные разнотравно-ковыльные луговые степи субасс. *Bupleuro–Helictotrichetum stipetosum capillatae* (3.1), они являются преобладающим типом степей внутренней части кряжа. При этом на слабовыпуклых участках небольшую площадь могут занимать и овсецово-ковыльные степи асс. *Artemisio–Caricetum*.

Северные склоны характеризуются меньшей крутизной (3–7°) и более слабой инсоляцией, почвы здесь развиты лучше. Обломочного материала меньше: покрытие дресвы и материнской породы не превышает 40%. Замедленный поверхностный сток воды и испарение приводит к преобладанию перистоковыльных степей в нижней части склона. Выше на каменистых участках формируются их микрокомбинации с петрофитными луговыми степями асс. *Androsaco–Helictotrichetum* (3.2). Последние занимают выпуклые части склона и характеризуются достаточно высоким проективным покрытием травяного яруса (до 70%) для петрофитных степей и преобладанием в травостое луговостепных видов.

Среднюю и верхнюю часть склона занимают смешанные берёзово-лиственничные леса асс. *Adenophoro–Laricetum*, образующие сочетания с перистоковыльными степями субасс. *Bupleuro–Helictotrichetum typicum* (5.1). Леса разрежены, в подлеске преобладает луговостепное разнотравье. Особенностью данной микрокомбинации является отсутствие кустарниковых сообществ между лесом и луговой степью. По тенивым склонам леса не были затронуты пожаром и сохранились большими участками, вследствие чего хорошо видны на снимках.

На основе выполненной классификации растительных сообществ и разработанной системы пространственных единиц составлена легенда к крупномасштабной картографической модели исследованного полигона (табл. 1).

Таблица.1

Легенда к картографической модели пространственной организации растительности ключевого полигона «Биджа»

Table 1

Legend to the cartographic model of the spatial organization of vegetation of the key polygon «Bijah»

№	Растительность лесостепного пояса Юго-восточных отрогов Батенёвского кряжа
<b>1. Участки лишённые растительности и с нарушенной растительностью</b>	
1.1	Грунтовые дороги и поселения
1.2	Пашни и пастбища
1.3	Гари
<b>2. Ксерофитные петрофитные мелкодерновинные степи по южным склонам гор</b>	
2.1	Микрокомбинация ксерофитных злаково-разнотравных петрофитных степей <i>Youngio tenuifoliae–Helictotrichetum desertorum</i> ( <i>Potentilla sericea</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Thymus serpyllum</i> ) злаково-осоково-разнотравных степей <i>Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis</i> ( <i>Arctogeron gramineum</i> , <i>Festuca sibirica</i> , <i>Adenophora rupestris</i> , <i>Androsace dasyphylla</i> ) с участием криофитов по склонам южных экспозиций и скальным выходам.

### 3. Ксеромезофитные и слабо-петрофитные разнотравно-злаковые степи по пологим склонам теневых экспозиций, догам южных склонов

3.1 Микрокомбинация разнотравно-ковыльных луговых степей субасс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum stipetosum capillatae* (*Helictotrichon schellianum*, *Fragaria viridis*, *Seseli libanotis*, *Bupleurum multinerve*, *Phleum phleoides*) и ксеромезофитных крупнодерновинных овсецово-ковыльных степей асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis* (*Artemisia glauca*, *Stipa capillata*, *Helictotrichon desertorum*)

3.2 Микрокомбинация ксеромезофитных непетрофитных перистоковыльных луговых степей асс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum* (*Stipa pennata*, *Helictotrichon schellianum*, *Fragaria viridis*, *Bupleurum multinerve*, *Phleum phleoides*, *Galium boreale*) и ксеромезофитных разнотравно-злаковых петрофитных луговых степей асс. *Androsaco dasyphyllae–Helictotrichetum desertori* (*Iris ruthenica*, *Pulsatilla patens*, *Artemisia tanacetifolia*, *Helictotrichon desertorum*)

#### 4. Ксеромезофитные богаторазнотравные степи выровненных межсклоновых пространств с хорошо развитыми почвами

4.1 Ксеромезофитные крупнодерновинные ковыльные степи асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis* (*Artemisia glauca*, *Stipa capillata*, *Achillea asiatica*) и их кустарниковые (*Caragana pygmaea*) варианты по пологим склонам и выровненным участкам

4.2 Микрокомбинация ксеромезофитных крупнодерновинных овсецово-ковыльных степей асс. *Artemisio glaucae–Caricetum pediformis* (*Artemisia glauca*, *Stipa capillata*, *Achillea asiatica*) и злаково-осоково-разнотравных степей асс. *Androsaco dasyphyllae–Caricetum pediformis* (*Arctogeron gramineum*, *Festuca sibirica*, *Adenophora rupestris*, *Androsace dasyphylla*) с участием криофитов по пологим и выровненным участкам

#### 5. Мезоксерофитные светлохвойные гемибореальные леса верхней части теневых склонов

5.1 Микрокомбинация мелколиственно-светлохвойных берёзово-лиственничных лесов асс. *Adenophoro lamarcki–Laricetum sibiricae* (*Betula pendula*, *Larix sibirica*, *Primula cortusoides*, *Seseli libanotis*, *Adenophora coronopifolia*) и перистоковыльных луговых степей субасс. *Bupleuro multinervi–Helictotrichetum desertorum typicum* (*Helictotrichon schellianum*, *Fragaria viridis*, *Seseli libanotis*, *Bupleurum multinerve*, *Phleum phleoides*).

### Заключение

Растительность ключевого полигона представлена тремя классами: *Brachypodio–Betuletea*, *Cleistogenetea squarrosae* и *Festuco–Brometea*. Описанные сообщества относятся к 3 порядкам, 4 союзам и 5 ассоциациям. На основе полученных данных была разработана картографическая модель, отражающая основные закономерности пространственной организации растительности юго-восточных предгорий Батенёвского кряжа. Растительность представлена двумя микропоясными рядами. Ряд южных сухих склонов начинают крупнодерновинные овсецово-ковыльные степи асс. *Artemisio–Caricetum* у подножий, которые замещаются на сочетания сухих мелкодерновинно-злаковых асс. *Youngio–Agropyretum* и злаково-осоковых степей с криофитами асс. *Androsaco–Caricetum*. Микропоясный ряд теневых склонов представлен перистоковыльными луговыми степями асс. *Bupleuro–Helictotrichetum* и их комбинациями с петрофитными луговыми разнотравными степями асс. *Androsaco–Helictotrichetum* у подножий и в средней части склона, в верхней части формируются микрокомбинации луговых степей асс. *Bupleuro–Helictotrichetum* и берёзово-лиственничных лесов асс. *Adenophoro–Laricetum*. Дешифрирование космических снимков Sentinel-2 позволило создать картографическую модель, демонстрирующую пространственную организацию лесостепного пояса юго-восточных предгорий Батенёвского кряжа на уровне микрокомбинаций и микропоясных рядов и показать пространственные закономерности распределения выявленных при ординации экологических рядов.

*Исследование поддержано грантом Российского научного фонда N 22-17-20012, <https://rscf.ru/project/22-17-20012/> с равной финансовой поддержкой Правительства Республики Хакасия.*

### Список литературы

- [Cherepanov] Черепанов С. К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. 992 с.
- Fick S. E., Hijmans R. J. 2017. Worldclim 2: New 1 – km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journ. of Climatology. V. 37. P. 4302–4315.
- Hennekens S. M. 1996. TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. User's guide. Lancaster: IBN – DLO. University of Lancaster. 59 p.
- Hill M. O. 1979. DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77. Huntington: Inst. Terrest. Ecol. 58 p.
- [Rastitel'nyĭ...] Растительный покров Хакасии. 1976. Под ред. А. В. Куминовой. Новосибирск: Наука. 421 с.

- [Larionov et al.] Ларионов А. В., Ермаков Н. Б., Полякова М. А., Анкипович Е. С. 2015. Степная растительность Хакасии: разнообразие и экология. Абакан: Изд. ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Кatanова». 196 с.
- [Lavrenko et al.] Лавренко Е. М., Карамышева З. В., Никулина Л. И. 1991. Степи Евразии. Л.: Наука. 145 с.
- [Makunina, Igai] Макунина Н. И., Игай Н. В. 2011. Пространственная структура растительного покрова степного пояса Июсо-Ширинской котловины // Растительный мир азиатской России. № 2 (8). С. 77–84.
- [Makunina] Макунина Н. И. 2006. Степи Минусинских котловин // Turczaninowia. Т. 9. Вып. 4. С. 112–144.
- [Mistryukov] Мистрюков А. А. 1991. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск: ОИГГМ. 130 с.
- [Polevaia...] Полевая геоботаника. Методическое руководство. Т. 3. 1964. Отв. ред. Е. М. Лавренко. Новосибирск: Изд. АН СССР. 530 с.
- [Polikarpov et al.] Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И. 1986. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука. 225 с.
- [Polyakova, Ermakov] Полякова М. А., Ермаков Н. Б. 2019. Изучение пространственной структуры степных растительных сообществ Хакасии с использованием космических снимков различного разрешения // Экосистемы. Вып. 18. С. 3–13.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification // Journ. of Veg. Sci. V. 13. P. 453.
- [Volkova] Волкова В. Г. 1983. Крупномасштабное картографирование стадий восстановления степных фитоценозов Хакасии // Геоботаническое картографирование. Л.: Наука. С. 51–60.
- Westhoff V., van der Maarel E. 1973. The Braun-Blanquet approach // Handb. Veg. Sci. V. 5. P. 617–726.

## References

- Cherepanov S. K. 1995. Sosudistye rasteniia Rossii i sopedel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. St. Petersburg. 992 p. (*In Russian*)
- Fick S. E., Hijmans R. J. 2017. Worldclim 2: New 1 – km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journ. of Climatology. V. 37. P. 4302–4315.
- Hennekens S. M. 1996. TURBO(VEG). Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. User's guide. Lancaster: IBN – DLO. University of Lancaster. 59 p.
- Rastitel'nyi pokrov Khakasii [Vegetation cover of Khakassia]. 1976. Pod red. A. V. Kuminovoi. Novosibirsk: Nauka. 421 p. (*In Russian*)
- Hill M. O. 1979. DECORANA and TWINSpan, for ordination and classification of multivariate species data: a new edition, together with supporting programs, in FORTRAN 77. Huntington: Inst. Terrest. Ecol. 58 p.
- Larionov A. V., Ermakov N. B., Poliakova M. A., Ankipovich E. S. 2015. Stepaia rastitel'nost' Khakasii: raznoobrazie i ekologiya [Steppe vegetation of Khakassia: diversity and ecology]. Abakan: Izd. FGBOU VPO «Khakasskii gosudarstvennyi universitet im. N. F. Katanova». 196 p. (*In Russian*)
- Lavrenko E. M., Karamysheva Z. V., Nikulina L. I. 1991. Stepi Evrazii [Steppes of Eurasia]. Leningrad: Nauka. 145 p. (*In Russian*)
- Makunina N. I., Igai N. V. 2011. Prostranstvennaia struktura rastitel'nogo pokrova stepnogo poiasa Iyuso-Shirinskoi kotloviny [Spatial structure of the vegetation cover of the steppe belt of the Iyuso-Shirinskaya basin] // Rastitel'nyi mir aziatskoi Rossii. № 2 (8). P. 77–84. (*In Russian*)
- Makunina N. I. 2006. Stepi Minusinskikh kotlovyn [Steppes of the Minusinsk basins] // Turczaninowia. Т. 9. Вып. 4. P. 112–144. (*In Russian*)
- Mistryukov A. A. 1991. Geomorfologicheskoe raionirovanie Nazarovsko-Minusinskoi mezhgornoj vpadiny [Geomorphological zoning of the Nazarovo-Minusinsk intermountain depression]. Novosibirsk: OIGGM. 130 p. (*In Russian*)
- Polevaia geobotanika. Metodicheskoe rukovodstvo [Field geobotany. Methodical manual]. Т. 3. 1964. Отв. ред. Е. М. Лавренко. Новосибирск: Изд. АН СССР. 530 p. (*In Russian*)
- Polikarpov N. P., Chebakova N. M., Nazimova D. I. 1986. Klimat i gornye lesa Iuzhnoi Sibiri [Climate and mountain forests of Southern Siberia]. Novosibirsk: Nauka. 225 p. (*In Russian*)
- Poliakova M. A., Ermakov N. B. 2019. Izuchenie prostranstvennoi struktury stepnykh rastitel'nykh soobshchestv Khakasii s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov razlichnogo razresheniia [Study of the spatial structure of steppe plant communities in Khakassia using satellite images of various resolutions] // Ekosistemy. Вып. 18. P. 3–13. (*In Russian*)
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification // Journ. of Veg. Sci. V. 13. R. 453.
- Volkova V. G. 1983. Krupnomasshtabnoe kartografirovaniie stadii vosstanovleniia stepnykh fitotsenozov Khakasii [Large-scale mapping of stages of restoration of steppe phytocoenoses in Khakassia] // Geobotanicheskoe kartografirovaniie. Leningrad: Nauka. P. 51–60. (*In Russian*)
- Westhoff V., van der Maarel E. 1973. The Braun-Blanquet approach // Handb. Veg. Sci. V. 5. P. 617–726.

## Сведения об авторах

Ларионов Алексей Викторович  
к. б. н., с. н. с. кафедры биологии  
ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет  
им. Н. Ф. Кatanова», Абакан  
E-mail: Larionovalexey000@yandex.ru

Larionov Alexey Viktorovich  
Ph. D. in Biological Sciences, Senior Researcher of the Dpt. of Biology  
Khakassian State University named after. N. F. Katanov, Abakan  
E-mail: Larionovalexey000@yandex.ru