

УДК 581.524.34: 631.618 (571.17)

doi: 10.17223/19988591/43/4

**А.Н. Куприянов<sup>1</sup>, С.С. Казьмина<sup>1</sup>, А.А. Зверев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Кузбасский ботанический сад ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

## **Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов**

*В районе интенсивной угледобычи на юге Сибири изучалось влияние антропогенного (низовые пожары, сенокошение, рекреация, сбор ягод) и техногенного воздействия (образование большого количества угольной пыли и выпадение солей тяжелых металлов) на флористический состав и структуру растительных сообществ Караканского хребта. Результаты многолетнего исследования показали, что антропогенное воздействие вызывает увеличение коэффициента вариации показателей видового состава. После длительного сенокошения во флористическом составе с высоким классом постоянства присутствуют сорно-луговые и сорные растения, которые заменяют виды послелесных лугов. В результате сбора ягод и рекреации поселяются виды, более характерные для суходольных лугов. Сильные низовые пожары приводят к формированию растительного покрова с более низкими классами постоянства видов. Для выявления степени антропогенного и техногенного воздействия эффективным оказался кластерный анализ с использованием бинарного коэффициента Чекановского как по полному видовому составу, так и по спискам таксонов с высокими классами встречаемости. Для наглядного представления различий между мониторинговыми полигонами с разной степенью техногенной нагрузки составлены сравнительные графические схемы, а также проведена ординация растительных сообществ с использованием показателя активности видов.*

**Ключевые слова:** флористический состав; активность видов; антропогенные и техногенные факторы; угольные разрезы.

### **Введение**

Техногенные и антропогенные факторы оказывают значительное влияние на растительный покров [1]. Катастрофические изменения ландшафтов в Кузбассе связаны с недропользованием [2, 3]. Кемеровская область относится к наиболее развитым горнопромышленным регионам России. Здесь сосредоточены большие запасы каменного угля – его добыча в регионе в 2016 г. составила 227,4 млн т, а к 2020 г. она достигнет 250 млн т в год [4]. Добыча угля ведется преимущественно открытым способом, что негативно

влияет на окружающие экосистемы [1]. В частности, происходит загрязнение атмосферы тяжелыми металлами и угольной пылью [5, 6], которые накапливаются в почве и в растениях [7]. Тяжелые металлы, попавшие в почву, негативно воздействуют на основные микробные процессы и снижают количество и активность почвенных микроорганизмов, что в свою очередь ингибирует физиологический метаболизм растений, снижая их продуктивность и вызывая морфологические нарушения [8–10]. При антропогенном и техногенном воздействии изменяются пространственное расположение, численность, взаимоотношение видов в растительных сообществах [11]. Чаще всего изучение нарушений структуры и флористического состава растительных сообществ изучается, когда они приобретают характер катастрофических с элизией естественно произрастающих видов. Поэтому чрезвычайно интересно проследить начальные этапы изменения растительного покрова возле угольных разрезов, сравнительно недавно вступивших в эксплуатацию.

Цель исследований – выявление влияния антропогенного и техногенного воздействия на растительные сообщества вблизи интенсивно развивающихся угольных разрезов.

### Материалы и методики исследования

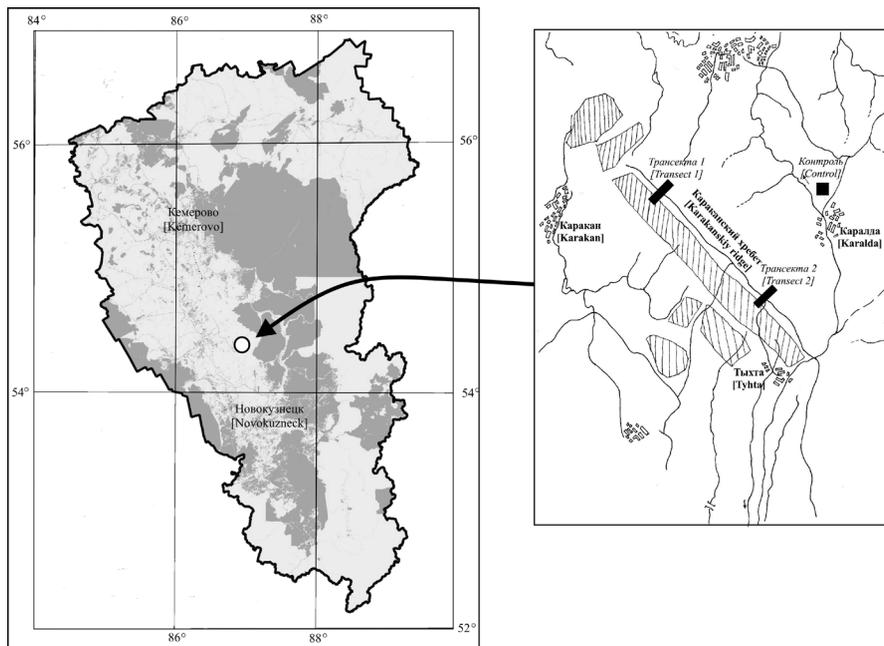
Объект исследования – растительные сообщества Караканского хребта. Караканский хребет расположен в Кузнецкой котловине и представляет собой небольшое, практически прямолинейное поднятие около 40 км длиной и 1–1,5 км шириной. Максимальная высота хребта 468 м над у. м., а над окружающей котловиной он возвышается на 150–200 м [12]. Со стороны юго-западного макросклона с 2005 г. ведется добыча угля открытым способом. Здесь уже работают и планируется к эксплуатации 15 угольных разрезов, которые могут оказать заметное воздействие на растительный покров (рис. 1).

Изучение растительного покрова и уровня техногенного загрязнения проведено полустационарным методом в течение четырех лет (2012–2015 гг.) на юго-западном, северо-восточном склонах Караканского хребта и в контроле – в окрестностях пос. Каралда.

Растительный покров Караканского хребта хорошо изучен [12, 13]. Здесь помимо своеобразных растительных сообществ в компактном виде представлены все основные типы растительности, характерные для Кузнецкой котловины. Латинские названия растений даны в соответствии с «Флорой Сибири» [14].

На северо-восточном склоне Караканского хребта, в месте проведения исследования, растительность представлена послелесными лугами с элементами лесного высокоотравья. Травостой густой, с доминированием лесных видов – *Pteridium aquilinum* (L.) Kuch, *Heracleum dissectum* Ledeb., *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Crepis sibirica* L. Во втором и третьем ярусах весьма обильны *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Corydalis bracteata*

(Steph.) Pers., *Erythronium sibiricum* (Fisch. & C.A. Mey.) Krylov. По флористическому составу эти луга весьма сходны с влажными (гигромезофитными) лесами, недавно описанными с территории Караканского хребта в качестве ассоциации (*Campanulo trachelium – Betuletum pendulae* Lashchinsky et Makunina, 2011), но отличаются полным отсутствием древесного яруса. Местами встречаются почти одновидовые заросли *Pteridium aquilinum*, видимо, послепожарного происхождения [12, 13].



**Рис. 1.** Схема расположения Караканского хребта на территории Кемеровской области с указанием размещения мониторинговых трансект и контрольного участка.

Заштрихованные полигоны обозначают действующие и проектируемые угольные разрезы  
**[Fig. 1.** The location scheme of the Karakanskiy ridge in Kemerovo Region with the position of monitoring transects and control site.  
 Shading polygons identify existing and planned surface coal mines]

На юго-западном склоне выражена высотная поясность. В нижней части более 30% склона занимает кустарниковая (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Loudon, *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Spiraea chamaedryfolia* L.) степь с участием лугово-степных видов (*Adonis vernalis* L., *Allium nutans* L., *Festuca pseudovina* Hack. ex Wiesb., *Diantus versicolor* Fisch. ex Link, *Galium verum* L., *Fragaria viridis* Duch., *Stipa pennata* L.). В средней полосе склона сформирована луговая и настоящая ковыльная степь. Травостой относительно равномерный, довольно разреженный (не более 60%), высотой до 30 см.

Доминируют дерновинные злаки, прежде всего ковыли (*Stipa pennata*, *S. capillata* L., *S. dasyphylla* (Lindem.) Trautv.), а также тонконог (*Koeleria cristata* (L.) Pers.) и степные осоки – стоповидная (*Carex pediformis* C.A. Mey.) и приземистая (*Carex supina* Willd. ex Wahlenb.). Из разнотравья обычны *Scabiosa ochroleuca* L., *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., *Artemisia commutata* Besser, *Dianthus versicolor*, *Astragalus ceratoides* M. Bieb., *Gypsophila patrinii* Ser. В привершинной части склона на каменистых выходах произрастают петрофильные горно-степные виды – *Abyssum obovatum* (C.A. Mey.) Turcz., *Sedum hybridum* L., *Onosma simplicissima* L., *Allium rubens* Schrad. ex Willd. [12].

В качестве контроля выделены аналогичные растительные сообщества, не подверженные антропогенному и техногенному воздействию, находящиеся со стороны северо-восточного склона в 12 км от Караканского хребта в окрестностях пос. Каралда. Растительность здесь представляет собой разнотравно-злаковые лесные луга. Травостой довольно густой, высотой до 1 м и более. Доминируют лесные злаки – *Brachypodium pinnatum*, *Calamagrostis epigeios*, *Elymus mutabilis* (Drob.) Tzvel. Широко представлены виды лесного разнотравья и высокотравья – *Angelica sylvestris* L., *Bupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm., *Crepis sibirica* L., *Euphorbia lutescens* Ledeb. В то же время в травостое присутствуют (хотя и необильны) некоторые виды, более характерные для суходольных лугов: *Astragalus danicus* Retz., *Centaurea scabiosa* L., *Filipendula vulgaris* Moench, *Vicia cracca* L., *Galium verum*. Отмечено также присутствие немногих гемерофильных видов, нередко являющихся «луговыми сорняками»: *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Pilosella lydiae* (Schischk. & Steinb.) Tupitzina, *Cirsium setosum* (Willd.) Bess.

Мониторинговые площади (МП, на рисунках и в таблицах используется англоязычный вариант МР от «monitoring platform») расположены в пределах двух трансект – в северной и южной части хребта. Расстояние между ними 12 км. Мониторинговые площади расположены в привершинной и в нижней трети склона в сравнительно однородных контурах растительности. МП имеют одинаковый размер, который составляет 5 400 м<sup>2</sup> – 90 м поперек и 60 м вдоль склона. Границы мониторинговых площадей обозначены точками координат с помощью GPS. В пределах МП ежегодно выбирались учетные площадки – 100 м<sup>2</sup> так, чтобы границы их не соприкасались, внутри которых, методом конверта, закладывалось по 5 пробных площадок 1 м<sup>2</sup> (проб) (рис. 2). Поскольку наблюдения проводились четыре года, то повторяемость увеличивалась до 20. Многолетние наблюдения в некоторой степени сглаживали годовые флуктуации изучаемых параметров.

На каждой пробной площадке изучались видовой состав и проективное покрытие видов. Описания пробных площадок организованы в интегрированной ботанической информационной системе IBIS v.7.2. [15]. Ежегодно при описании мониторинговой площади отмечался характер антропогенного воздействия.

Техногенное загрязнение оценивалось регулярно с 2010 г. Анализировалось содержание тяжелых металлов и пылевидных частиц в снеговых пробах вокруг Караканского хребта [6]. Показано, что уровень техногенного загрязнения (содержание высокотоксичных твердых частиц, а также тяжелых металлов) наиболее высокий на юго-западном склоне, примыкающем к угольным разрезам, и уменьшается на северо-восточном склоне [16].

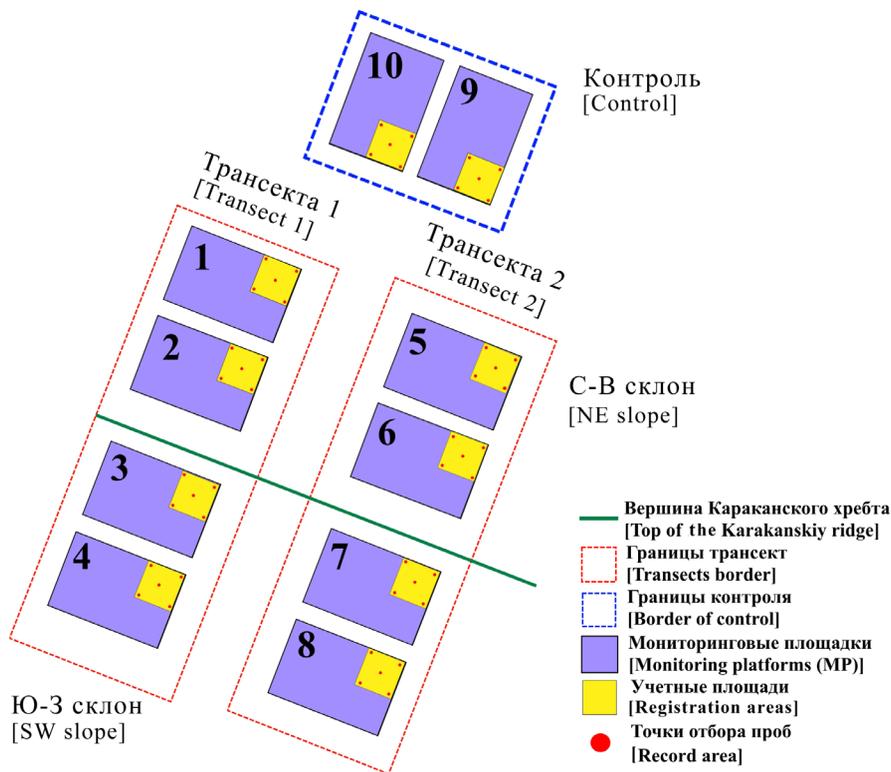


Рис. 2. Схема расположения мониторинговых площадок  
[Fig. 2. Location scheme of monitoring platforms]

Техногенное загрязнение связано как с постоянно увеличивающейся пылевой нагрузкой, так и с высоким валовым содержанием тяжелых металлов. Если на юго-западном склоне Караканского хребта выпадает  $228 \pm 11,4$  мг/дм<sup>3</sup> взвешенных частиц, основную часть которых составляют угольные частицы, то на восточном склоне —  $89,9 \pm 13,5$  мг/дм<sup>3</sup>, а в контроле  $41,2 \pm 6,24$  мг/дм<sup>3</sup>. Анализ качества взвесей в снеговых пробах на МП 1, МП 5 – МП 8 показал, что их состав менее опасен для здоровья людей, в то время как на МП 2 – МП 4 взеси представлены мелкой фракцией, опасной для здоровья человека [6, 16]. Валовое содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Fe, Cr, Hg, As) наименьшее в контроле (за исключением Pb), наибольшее – на юго-западном склоне [17].

Фактором, оказывающим основное воздействие на растительный покров изучаемой территории, были и остаются низовые пожары. На юго-западном склоне палы отмечались с середины марта по апрель после схода снежного покрова практически ежегодно. На северо-восточном склоне низовые пожары отмечались в мае. Наблюдения с 2008 г. показывают, что пожаров не зарегистрировано в 2010, 2013, 2015 гг., в остальные годы наблюдались интенсивные и слабые низовые пожары.

К антропогенным факторам воздействия на растительность Караканского хребта можно отнести периодическое сенокошение, рекреацию и сбор ягод. Сенокосные участки на территории нашего исследования отмечены только в основании юго-западного склона на второй трансекте (МП 5), сенокошение там не отмечалось с 2010 г. Сбор ягод и слабая рекреация отмечались на всей территории, но более интенсивно – в нижней трети юго-западного склона на второй трансекте. Характер антропогенного и техногенного воздействия для каждой мониторинговой площадки представлен в табл. 1.

Таблица 1 [Table 1]

**Характер антропогенного и техногенного  
воздействия на мониторинговых полигонах**  
[The type of anthropogenic and industry-related impacts on monitoring sites]

Мониторинговые площадки [Monitoring platforms]	Характер фитоценоза [Type of phytocoenosis]	Антропогенное воздействие [Anthropogenic impact]	Техногенное влияние [Technogenic influence]
MP 1	Послесельные луга с элементами лесного высокотравья [Post-forest meadows with elements of forest tall grass]	Слабые низовые пожары [Weak ground fires]	Не отмечено [Not registered]
MP 2	Послесельные луга с элементами лесного высокотравья [Post-forest meadows with elements of forest tall grass]	Слабые низовые пожары [Weak ground fires]	Не отмечено [Not registered]
MP 3	Луговая и настоящая ковыльная степь [Meadow and true feather grass steppe]	Сильные ежегодные низовые пожары [Strong annual ground fires]	Выпадение пыли и тяжелых металлов от угольных разрезов [Deposition of dust and heavy metals from surface coal mines]
MP 4	Луговая степь [Meadow steppe]	Сильные ежегодные низовые пожары [Strong annual ground fires]	Выпадение пыли и тяжелых металлов от угольных разрезов [Deposition of dust and heavy metals from surface coal mines]

Окончание табл. 1 [Table 1 (end)]

Мониторинговые площадки [Monitoring platforms]	Характер фитоценоза [Type of phytocoenosis]	Антропогенное воздействие [Anthropogenic impact]	Техногенное влияние [Technogenic influence]
MP 5	Послеселесные луга с элементами лесного высокотравья [Post-forest meadows with elements of forest tall grass]	Многолетнее сенокосшение [Long-term mowing]	Не отмечено [Not registered]
MP 6	Послеселесные луга с элементами лесного высокотравья [Post-forest meadows with elements of forest tall grass]	Слабые низовые пожары [Weak ground fires]	Не отмечено [Not registered]
MP 7	Луговая и настоящая ковыльная степь [Meadow and true feather grass steppe]	Сильные ежегодные низовые пожары [Strong annual ground fires]	Выпадение пыли и тяжелых металлов от угольных разрезов [Deposition of dust and heavy metals from surface coal mines]
MP 8	Луговая степь [Meadow steppe]	Сбор ягод, нерегулярная рекреация [Berry picking, irregular recreation]	Выпадение пыли и тяжелых металлов от угольных разрезов (наиболее близко расположенная МП к угольному разрезу) [Deposition of dust and heavy metals from surface coal mines (MP is closest to the coal mine)]
MP 9	Лесные луга с элементами лесного высокотравья [Forest meadows with elements of forest tall grass]	Периодическое сенокосшение [Irregular mowing]	Не отмечено [Not registered]
MP 10	Лесные луга с элементами лесного высокотравья [Forest meadows with elements of forest tall grass]	Не отмечено [Not registered]	Не отмечено [Not registered]

Для анализа использованы данные видового состава и проективного покрытия, выполненные на пробных площадках в течение 4 лет исследования. Нами проанализированы следующие параметры: видовой состав, постоянство видов, активность видов.

Для сравнения видового состава на мониторинговых площадях применен коэффициент Чекановского / Дайса / Серенсена [18–20], далее – индекс Дайса. При выполнении иерархического кластерного анализа и построении дендрограммы сходства МП по флористическому составу использован метод связывания UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic

mean), при котором расстояние между кластерами вычисляется как среднее арифметическое всех парных расстояний наборами видов, зарегистрированных на МП. Анализ и построение дендрограмм проведены в программе PAST [21]. Выделены классы постоянства (КП) в описаниях: всего выделено 5 КП с шагом в 20%: I – до 20%; II – до 40%; III – до 60%; IV – до 80%; V – до 100% [3].

Активность вида – это комплексный показатель, который показывает меру жизненного преуспевания вида на данной территории, одно из выражений «веса вида» в данной флоре [22]. Чтобы подтвердить существующие (либо выявить новые) структуры и тренды в растительном покрове Караканского хребта, а также проследить вариабельность данных на примере параметра активности видов, использовали метод непрямой ординации.

Расчет активности видов выполнен в системе IBIS по формуле (1):

$$Act = \sqrt{\frac{C \times 100\%}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N}} = 10 \times \sqrt{\frac{C \times A_{\Sigma}}{N}} \%, \quad (1)$$

где  $Act$  – расчетная активность таксона для мониторинговой площади в процентах (0÷100%);  $N$  – число учетных площадок (элементарных метровых проб);  $C$  – постоянство таксона – абсолютное число учетных площадок, где зарегистрирован таксон;  $A_i$  – проективное покрытие таксона на  $i$ -й учетной площадке;  $A_{\Sigma}$  – сумма проективных покрытий таксона на всех учетных площадках.

Для анализа активности видов использован вариант факторного анализа – метод непрямой ординации DCA (detrended correspondence analysis) – бестрендовый анализ соответствий [23, 24]. Получаемые оси ординации не всегда несут в себе ясную биологическую нагрузку, поэтому задачей интерпретации является нахождение таких экологических факторов, которые будут максимально коррелировать с осями [25].

### Результаты исследования и обсуждение

На мониторинговых площадках за годы наблюдений зафиксировано 236 видов сосудистых растений, относящихся к 42 семействам и 141 роду, что составляет 44,4% от флоры всего Караканского хребта [12]. Наибольшее число видов содержится в следующих семействах: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Ranunculaceae. Спектр ведущих семейств и родов соответствует таковому всей флоры Караканского хребта. Лишь семейство Brassicaceae содержит значительно меньшее число видов (табл. 2).

Флористическое богатство на мониторинговых площадях изменяется в пределах от 25 (МП 6, 2015 г.) до 52 видов (МП 8, 2013 г.). Среднее число видов на МП  $39,95 \pm 7,15$ . На юго-западном склоне в среднем встречается 43 вида на МП, а на северо-восточном склоне – 37 видов на МП, в контроле – 39 видов на МП. Наиболее выровненные результаты по годам отмечены

в контроле (МП 10) –  $41,5 \pm 0,9$ , в варианте с наименьшим антропогенным и техногенным воздействием. Наиболее разнородные результаты наблюдаются в верхней части юго-западного склона (МП 3) –  $42,5 \pm 5,3$ , что связано как с сильным антропогенным воздействием (весенние, осенние палы), так и с высокой техногенной нагрузкой [16]. Колебания численности видов по годам имеют флуктуационный характер и в большинстве случаев не выходят за рамки доверительного интервала.

Таблица 2 [Table 2]

**Ведущие семейства и роды**  
[Leading families and genera]

Семейство [Family]	Число видов / % от общего числа (ранг в семейственно-видовом спектре) [Number of species / percent of total species number (rank in family-species structure)]		Число родов / % от общего числа (ранг в семейственно-родовом спектре) [Number of genera / percent of total genera number (rank in family-genera structure)]	
	Мониторинговые полигоны [All monitoring platforms]	Флора Караканского хребта [Flora of the Karakanskiy ridge] [12]	Мониторинговые полигоны [All monitoring platforms]	Флора Караканского хребта [Flora of the Karakanskiy ridge] [12]
Asteraceae	43/18,2 (1)	80/15,0 (1)	29/20,5 (1)	42/15,2 (1)
Poaceae	25/10,5 (2)	49/9,2 (2)	12/8,4 (2)	24/8,7 (2)
Fabaceae	22/9,3 (3)	36/6,8 (4)	9/6,4 (4–6)	11/4,0 (9)
Rosaceae	20/8,5 (4)	37/6,9 (3)	10/7,1 (3)	14/5,1 (6)
Ranunculaceae	14/5,9 (5)	27/5,1 (6)	9/6,4 (4–6)	13/4,7 (7)
Caryophyllaceae	11/4,7 (6–7)	29/5,5 (5)	6/4,3 (8–9)	16/5,8 (4)
Scrophulariaceae	11/4,7 (6–7)	14/2,6 (11–12)	6/4,3 (8–9)	8/2,9 (11)
Apiaceae	9/3,8 (8–10)	19/3,6 (8)	9/6,4 (4–6)	15/5,4 (5)
Liliaceae	9/3,8 (8–10)	16/3,0 (9)	2/1,4 (10–11)	10/3,6 (10)
Lamiaceae	9/3,8 (8–10)	15/2,8 (10)	8/5,7 (7)	12/4,3 (8)
Violaceae	8/3,4 (11–12)	8/1,3 (16–17)	1/0,7 (12)	1/0,4 (12)
Brassicaceae	8/3,4 (11–12)	27/5,1 (7)	2/1,4 (10–11)	18/6,5 (3)
Остальные [Other]	47/20,0	175/32,9	38/27,0	92/33,3
Всего [Total]	236/100	531/100	141/100	276/100

Наибольшие коэффициенты вариации отмечены для МП юго-западного склона (МП 3, 4, 7) и достигают 25,9% (табл. 3). Различия числа видов по годам в пределах одной МП связано с тем, что пробные площади закладывались на разных участках в пределах МП и могут отражать неравномерность растительного покрова. С другой стороны, эти участки подвержены частым низовым пожарам, что может вызывать частичное и полное исчезновение видов [26]. В пределах контроля (МП 10), на территории которого не обнаружено следов антропогенного вмешательства, коэффициент вариации минимален и составляет 4,1%.

Таблица 3 [Table 3]

**Число видов на МП по годам и их избранные дескриптивные параметры**  
**[The number of species in the MPs by years and its selected descriptive parameters]**

	МП 1	МП 2	МП 3	МП 4	МП 5	МП 6	МП 7	МП 8	МП 9	МП 10
2012	40	31	26	27	33	34	32	51	31	30
2013	47	37	48	47	39	37	49	52	40	42
2014	44	39	50	43	41	32	36	50	40	42
2015	44	39	46	40	34	25	50	44	34	43
$\bar{X}$	43,8	36,5	42,5	39,3	36,8	32,0	41,8	49,3	36,3	41,5
$\Sigma$	2,9	3,8	11,1	8,7	3,9	5,1	9,1	3,6	4,5	1,7
$V$	6,5	9,1	25,9	22,2	10,4	18,1	22,6	7,3	12,5	4,1
$m_M$	1,4	1,9	5,3	4,8	2,2	2,5	4,6	1,9	2,9	0,9

*Примечание.*  $\bar{X}$  – среднее арифметическое числа видов на МП за 4 года;  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $V$  – коэффициент вариации;  $m_M$  – ошибка среднего арифметического.

[Note.  $\bar{X}$  - Mean number of species in MP over 4 years;  $\sigma$  - Standard Deviation,  $V$  - Coefficient of variation;  $m_M$  - Standard error of the mean].

На дендрограмме меры сходства флористического состава, построенной с применением индекса Дайса, видно, что видовой состав фитоценозов представлен тремя кластерами (рис. 3). В первый кластер объединены МП контроля и северо-восточного склона (за исключением МП 5). Следует отметить, что индекс Дайса выше 0,7 (высокая степень сходства) отмечен для обеих контрольных площадок. Во второй кластер вошли МП юго-западного склона, индекс Дайса которых находится в пределах 0,58–0,62 (средняя степень сходства). Мониторинговая площадка 5 обладает малой степенью сходства флористического состава со всеми остальными МП (индекс Дайса – 0,28). Она расположена в нижней трети северо-восточного склона (вторая трансекта). Особенностью этой территории является длительный период сенокосения, которое осуществлялось до 2010 г., что в значительной степени повлияло на ее флористический состав. Внутри I и II кластеров МП объединяются попарно, что является следствием сходства флористического состава: пара МП 9 и 10 – это контрольные участки (разнотравно-злаковые лесные луга); пара МП 1 и 2 – это участки трансекты 1 северо-восточного склона (послесельные луга); МП 4 и 8 расположены в нижней трети юго-западного склона (луговые и настоящие ковыльные степи); МП 3 и 7 – участки привершинной части юго-западного склона (мелкодерновинные петрофитные степи). Полученные закономерности в распределении мониторинговых площадей на дендрограмме согласуются с выделенными Н.Н. Лашинским [12] градиентами в растительном покрове Караканского хребта: различия растительности двух склонов, смена растительности в пределах склона от подножия хребта к вершине.

В пределах МП видовой состав характеризуется наличием типичных видов, встречающихся с высоким постоянством. Техногенные и антропогенные факторы влияют на постоянство видового состава. Виды с высоким классом постоянства для каждой мониторинговой площадки представлены в табл. 4.

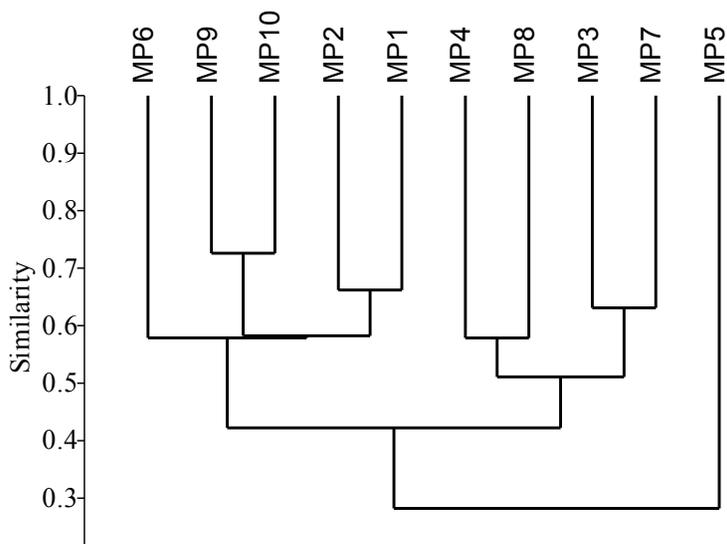


Рис. 3. Дендрограмма сходства 10 МП по флористическому составу  
 [Fig. 3. Dendrogram of the similarity of 10 MPs by floristic composition]

Таблица 4 [Table 4]

Список видов с высоким классом постоянства  
 [List of species with a high class of constancy]

MP 1	КП [CC]	MP 5	КП [CC]
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	V	<i>Pimpinella saxifraga</i> L.	V
<i>Galium boreale</i> L.	V	<i>Poa angustifolia</i> L.	V
<i>Trollius asiaticus</i> L.	V	<i>Dactylis glomerata</i> L.	V
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	V	<i>Festuca pratensis</i> Huds.	V
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	IV	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	V
<i>Inula salicina</i> L.	IV	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	V
<i>Rubus saxatilis</i> L.	IV	<i>Plantago media</i> L.	V
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	IV	<i>Phleum pratense</i> L.	IV
		<i>Prunella vulgaris</i> L.	IV
		<i>Stellaria graminea</i> L.	IV
		<i>Achillea asiatica</i> Serg.	IV
		<i>Trifolium pratense</i> L.	IV
		<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	IV
		<i>Rhinanthus vernalis</i> (N. Zing.) Schischk. et Serg.	IV
		<i>Galium mollugo</i> L.	IV
MP 2		MP 6	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	V	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	V

Окончание табл. 4 [Table 4 (end)]

MP 2	КП [CC]	MP 6	КП [CC]
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	V	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	V
<i>Galium boreale</i> L.	V	<i>Galium boreale</i> L.	IV
<i>Inula salicina</i> L.	V	<i>Rubus saxatilis</i> L.	IV
<i>Trollius asiaticus</i> L.	V	<i>Thalictrum minus</i> L.	IV
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	V		
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	IV		
<i>Dactylis glomerata</i> L.	IV		
<i>Crepis sibirica</i> L.	IV		
MP 3		MP 7	
<i>Peucedanum morisonii</i> Bess. ex Spreng.	IV	<i>Galium verum</i> L.	IV
<i>Stipa pennata</i> L.	IV	<i>Poa angustifolia</i> L.	IV
<i>Allium nutans</i> L.	IV	<i>Stipa pennata</i> L.	IV
<i>Phlomooides tuberosa</i> L.	IV	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	IV
		<i>Carex supina</i> Willd. ex Wahlenb.	IV
MP 4		MP 8	
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	V	<i>Fragaria viridis</i> Duch.	V
<i>Phlomooides tuberosa</i> L.	V	<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	IV
<i>Vicia nervata</i> Sipl.	IV	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	IV
<i>Galium verum</i> L.	IV	<i>Dactylis glomerata</i> L.	IV
		<i>Vicia unijuga</i> A. Br.	IV
MP 9		MP 10	
<i>Galium boreale</i> L.	V	<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	V
<i>Phlomooides tuberosa</i> L.	V	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	V
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.	V	<i>Trollius asiaticus</i> L.	V
<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	V	<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	V
<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.	V	<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Bess.	V
<i>Brachypodium pinnatum</i> (L.) Beauv.	IV	<i>Dactylis glomerata</i> L.	IV
<i>Inula salicina</i> L.	IV	<i>Bistorta major</i> S.F. Gray	IV
<i>Peucedanum morisonii</i> Bess. ex Spreng.	IV	<i>Galium boreale</i> L.	IV
		<i>Pulmonaria mollis</i> Wulf. ex Hornem.	IV
		<i>Geranium pseudosibiricum</i> J. Mayer	IV

Примечание. КП – класс постоянства, I – 1–20%, II – 20–40%, III – 41–60%, IV – 61–80%, V – 81–100%.

[Note. CC - Constancy Class, I - 1-20%, II - 21-40%, III - 41-60%, IV - 61-80%, V - 81-100%].

На юго-западном склоне с хорошо выраженной поясностью растительности [12] в верхней части склона видов с КП V не обнаружено. Возможно, это объясняется ежегодными пожарами. Общим видом на МП 3 и МП 7 с IV классом КП 4 является *Stipa pennata*, а из разнотравья встречаются *Peu-*

*cedanum morisonii*, *Allium nutans*, *Phlomoïdes tuberosa*, *Galium verum*, *Poa angustifolia*, *Pulsatilla patens*, *Carex supina*. В нижней трети склона (МП 4 и 8) с высокими КП отмечены *Brachypodium pinnatum*, *Fragaria viridis*, *Phlomoïdes tuberosa*. Появление на МП 8 *Calamagrostis epigeios*, *Dactylis glomerata* с КП IV свидетельствует о намечающемся изменении флористического состава, связанного с антропогенным фактором (здесь отмечен сбор ягод земляники). Наибольшее число видов (11) с высокими КП наблюдается на МП 5. Состав видов на МП 5 совершенно отличается от такового на МП 1 и МП 2, расположенных на восточном склоне в сходных условиях. На МП 1 и МП 2 преобладают виды, характерные для послелесных лугов [12]. На МП 5 с высоким КП встречаются сорные или полусорные виды – *Pimpinella saxifraga*, *Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Veronica chamaedrys*, *Taraxacum officinale*, *Plantago media*. Это является результатом длительного сенокосения, которое прекратилось в 2010 г., но за 4 года мониторинговых исследований видовой состав не приблизился к исходному варианту. На МП 9 также зарегистрировано сенокосение, но менее интенсивное и продолжительное, чем на МП 5, здесь в V КП вошли виды, более характерные для суходольных лугов: *Galium boreale*, *Phlomoïdes tuberosa*, *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba officinalis*, *Cirsium setosum*.

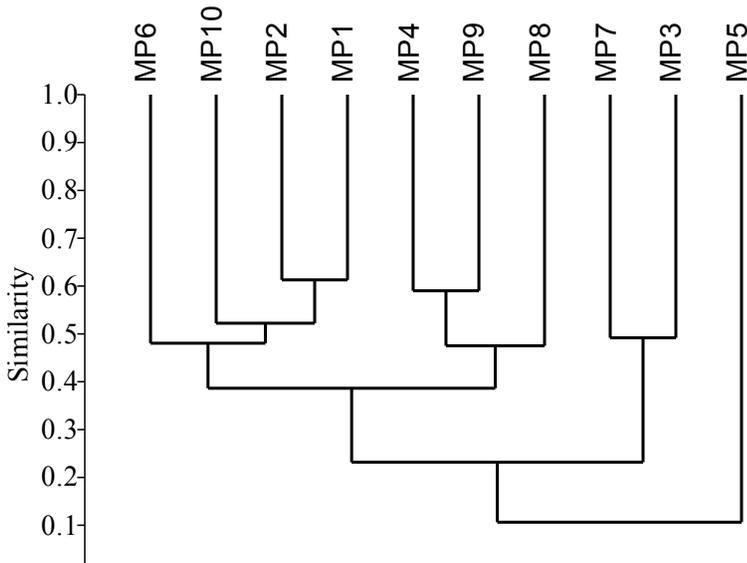


Рис. 4. Дендрограмма сходства 10 МП по видам с высоким классом постоянства  
[Fig. 4. Dendrogram of the similarity of 10 MPs by species with high constancy class]

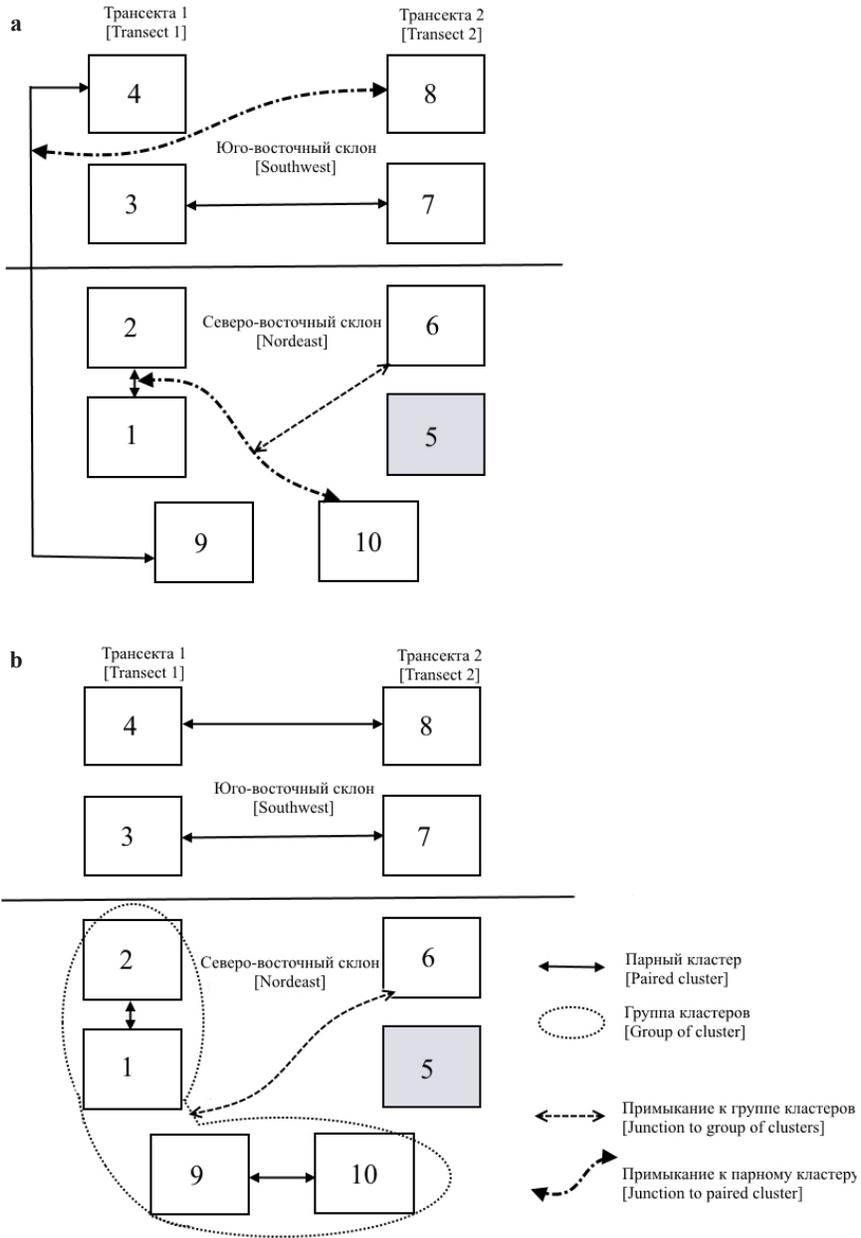
На рис. 4 представлена дендрограмма сходства видового состава МП без учета видов с низкой встречаемостью (КП I – менее 20%). Дендрограмма отражает те же тенденции, что и весь комплекс видов (см. рис. 3). МП 5

также образует монокластер, отличный от остальных, и это наглядно показывает влияние антропогенного фактора на видовой состав растительных сообществ. Второй кластер объединяет площадки с разной степенью антропогенного и техногенного влияния. В подкластер с индексом Дайса около 0,5 объединяются МП 4 (сильные ежегодные низовые палы, выпадение пыли и тяжелых металлов от прилегающих угольных разрезов) и МП 9 (периодическое сенокошение), к ним примыкает МП 8 (сбор ягод, рекреация, выпадение пыли и тяжелых металлов от прилегающих угольных разрезов). В третий кластер попали МП 6, 10, 2, 1 – это площадки с наименьшей антропогенной и техногенной нагрузкой (слабые низовые пожары). В последний кластер входят МП 3 и МП 7, которые объединяют особые экологические условия юго-западного склона привершинной части хребта и частые пожары.

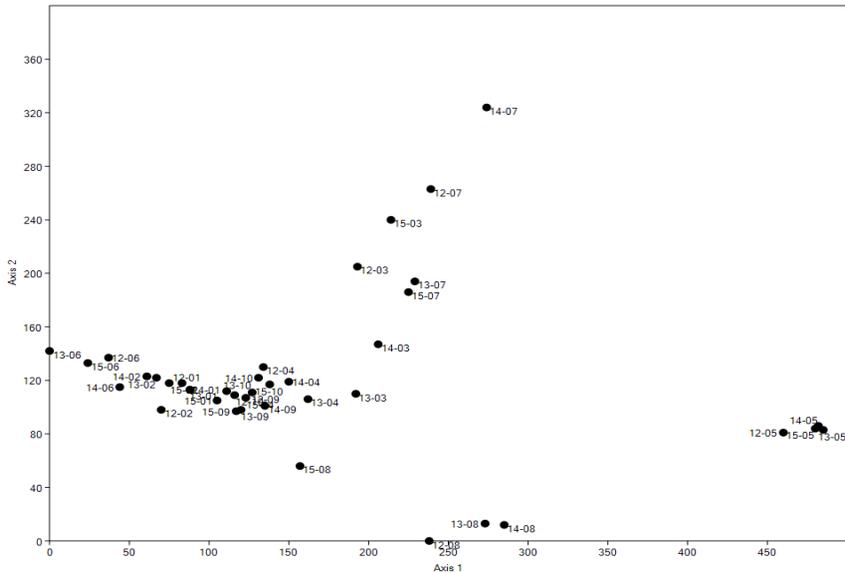
Для наглядного сравнения распределения мониторинговых площадок на кластеры по постоянным видам и полному флористическому составу нами составлены графические схемы (рис. 5, *a* и *b*). Из схем следует, что наиболее близкие по флористическому составу и комплексу постоянных видов оказались МП 3 и МП 7, а также МП 1 и МП 2, которые в обоих случаях объединяются в парные кластеры с индексом Дайса 0,42–0,70. МП 4 по флористическому составу сходна с МП 8, а по комплексу постоянных видов – с контрольной МП 9. МП 6 в обоих случаях не входит в парные кластеры, но наиболее сходна с площадками северо-восточного склона и контролем. МП 5 по всем показателям выделяется в монокластер с очень низким индексом сходства (0,06–0,28) с остальными МП.

Вариабельность данных по активности видов примерно одинакова в контроле (МП 9 и МП 10). Вместе с МП 1, МП 2 и МП 6 (все они представлены послелесными лугами) они образуют довольно компактную группу как по годам, так и по вариантам. Активность видов на МП 5 и МП 8 в значительной степени отличается от других вариантов, так и по годам. На МП 5 эти различия связаны с интенсивным сенокошением в предыдущие года, а на МП 8, возможно, стало проявляться влияние угольного разреза, поскольку эта мониторинговая площадка расположена в непосредственной близости от борта угольного разреза. Большие различия в активности и вариабельности видов отмечены на МП 3 и МП 7. Эти территории находятся под постоянным воздействием низовых пожаров, после которых некоторые виды могут пребывать в периоде покоя и не отмечаться на МП, что и сказывается на результатах анализа (рис. 6).

Определение количественных соотношений между видами в растительных сообществах, особенно при воздействии антропогенных факторов, позволяет судить о их нарушенности. По данным В.Г. Кобечинской [27], после сенокошения увеличивается степень мозаичности и неоднородности флористического состава лугов. По данным В.Н. Егоровой [28], в результате интенсивного антропогенного пресса флора пойменного ландшафта р. Оки сильно сократилась, а многие сохранившиеся виды функционируют при критической численности.



**Рис. 5.** Схема объединения МП: *a* – по видам с высоким классом постоянства; *b* – по полному флористическому составу  
**[Fig. 5.** MPs' joining scheme: *a* - for species with high constancy class; *b* - for full floristic composition]



**Рис. 6.** DCA-ордограмма растительных сообществ по признаку активности видов (этикетки точек на ордограмме включают год и номер МП)

[Fig. 6. DCA ordination diagram of plant communities on the basis of activity values (point labels on the diagram include the year and the number of MP)]

В наших исследованиях на мониторинговой площади, в прошлом постоянно использовавшейся как сенокос (МП 5), наблюдается изменение растительного покрова, проявляющееся в кардинальном различии комплекса постоянных и активных видов с аналогичными участками на том же склоне хребта. Также на площадке отмечается значительная доля сорно-луговых видов с высоким КП. При периодическом сенокосении (как на МП 9) не происходит кардинального изменения структуры растительного покрова, а проявляется в увеличении постоянства некоторых «послесенокосных» видов.

Пожары являются как антропогенным, так и природным фактором, формирующим структуру растительных сообществ [29]. Низовые пожары имеют большое влияние на флористический состав растительных сообществ [30, 31]. В степных экосистемах пожары часто рассматривают как обязательный фактор формирования степей [32, 33]. Наши исследования выявили, что на степных участках в привершинной части хребта юго-западного склона отсутствуют виды с пятым классом постоянства, а также состав активных видов, очень вариабельный по годам, что может свидетельствовать о последствиях часто повторяющихся низовых пожаров. Возможно, что при длительном их воздействии растительный покров в значительной мере адаптируется к пирогенному фактору и будет более устойчив.

В степных и лесостепных сообществах при техногенном загрязнении происходит увеличение доли видов вторичных сукцессий, наряду с общим снижением запасов биомассы растительности отмечается снижение роли

злаков и увеличение доли рудералов и растений-концентраторов в составе разнотравья [34]. Наши исследования не позволяют говорить о существенном изменении флористического состава под влиянием высокого загрязнения снега тяжелыми металлами и пылевидными частицами. Возможно, это связано с тем, что «возраст» техногенного влияния на растительный покров незначителен (около 10 лет с момента образования первого угольного разреза возле Караканского хребта) и порог накопления тяжелых металлов и пылевых частиц не превысил уровень самоочищения экосистемы.

### **Выводы**

На растительный покров Караканского хребта оказывают влияние как антропогенные факторы (сенокосение, рекреация, сбор ягод), так и техногенные (загрязнение тяжелыми металлами и пылевидными частицами). Низовые пожары, постоянно наблюдаемые на изучаемой территории, имеют как природный, так и антропогенный характер.

Исследования выявили, что флористические показатели степных участков (МП 3, 7), в значительной степени отличаются от остальных МП, и связано это с экологическими факторами, особенностью видового состава и положением на юго-западном склоне хребта.

Особое положение занимают растительные сообщества МП 5, которые должны быть генетически связаны с луговыми сообществами северо-восточного склона, но под влиянием длительного сенокосения в значительной степени изменились флористический состав и активность видов. Даже нерегулярное сенокосение (МП 9) заметно отражается на составе постоянных видов.

Сбор ягод и связанное с ним частичное вытаптывание травостоя (МП 8) также изменяет структуру растительного покрова. Несмотря на то, что это временный фактор, видовой состав и активность видов заметно отличается от сходных площадок.

В результате постоянных низовых пожаров сформировались устойчивые растительные сообщества. Группировка из мониторинговых площадок 1, 2, 4, 6, 10 характеризуется сравнительно небольшими отличиями по флористическому составу, постоянству и активности видов и незначительными изменениями в структуре растительных сообществ.

### ***Литература***

1. Stojiljkovic E., Grozdanovic M., Marjanovic D. Impact of the underground coal mining on the environment // *Acta Montanistica Slovaca*. 2014. № 19. PP. 6–14.
2. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Баранник Л.П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2010. 160 с.
3. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2011. 163 с.

4. Копытов А.И., Манаков Ю.А., Куприянов А.Н. Развитие угледобычи и проблемы сохранения экосистем в Кузбассе // Уголь. 2017. № 3. С. 72–77. doi: [10.18796/0041-5790-2017-3-72-77](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2017-3-72-77)
5. Roy D., Gautam S., Singh P., Singh G., Kanti Das B., Kumar Patra A. Carbonaceous species and physicochemical characteristics of PM in coal mine fire area a case study // Air Quality, Atmosphere & Health. 2016. № 9. PP. 429–437. doi: [10.1007/s11869-015-0355-2](https://doi.org/10.1007/s11869-015-0355-2)
6. Голохваст К.С., Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Агошков А.И. Экологическая характеристика атмосферных взвесей угольных объектов: от места добычи до сжигания // Горный журнал. 2017. № 4. С. 87–90. doi: [10.17580/gzh.2017.04.18](https://doi.org/10.17580/gzh.2017.04.18)
7. Singh Dr. Jiwan & Kalamdhad Ajay. Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life // International Journal of Research in Chemistry and Environment. 2011. № 1. PP. 15–21.
8. Gupta S., Sharma S. Effect of heavy metal present in cement dust on soil and plants of Nokha (Bikaner) // Current World Environment. 2013. Vol. 8, № 2. PP. 299–303. doi: [10.12944/CWE.8.2.16](https://doi.org/10.12944/CWE.8.2.16)
9. Chibuike G.U., Obiora S.C. Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods // Applied and Environmental Soil Science. 2014. 12 p. Article ID 752708. doi: [10.1155/2014/752708](https://doi.org/10.1155/2014/752708)
10. Цандекова О.Л. Динамика накопления пигментов в листьях *Betula pendula* Roth. в условиях породного отвала угледобывающей промышленности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 6. С. 60–64.
11. Ignatavicius G., Sinkevičius S., Lozyte A. Effects of grassland management on plant communities // Ekologija. 2013. Vol. 59, № 2. PP. 99–110. doi: [10.6001/ekologija.v59i2.2713](https://doi.org/10.6001/ekologija.v59i2.2713)
12. Лацинский Н.Н., Шереметова С.А., Макунина Н.И., Буко Т.Е., Писаренко О.Ю. Растительный мир Караканского хребта. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2011. 120 с.
13. Лацинский Н.Н. Хионофильное высокотравье Караканского хребта (Кемеровская область) // Растительный мир Азиатской России. 2008. № 2. С. 75–79.
14. Флора Сибири : в 14 т. / под ред. И.М. Красноборова, Л.И. Малышева, Г.А. Пешковой и др. Новосибирск : Наука, 1988–2003.
15. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
16. Голохваст К.С., Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Чекрыжов И.Ю., Поселюжная А.В., Семенихин В.А. Редкоземельные минералы в атмосферных взвешах Караканского угольного разреза Кузбасса по данным загрязнения снежного покрова // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2014. № 52. С. 91–96.
17. Голохваст К.С., Куприянов А.Н. Техногенное загрязнение территории // Экологический мониторинг в районах угледобычи. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2017. С. 25–58.
18. Czekanowski J. „Coefficient of racial likeness“ und „durchschnittliche Differenz“ // Anthropologischer Anzeiger. 1932. № 9. PP. 227–249.
19. Dice L.R. Measures of the amount of ecologic association between species // Ecology. 1945. Vol. 26, № 3. PP. 297–302.
20. Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Biologiske Skrifter / Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. 1948. Vol. 5, № 4. PP. 1–34.
21. Hammer O., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4, № 1. PP. 1–9.
22. Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. Л. : Наука, 1968. 235 с.

23. Hill M.O. DECORANA - a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca : Cornell University, 1979. 52 p.
24. Hill M.O., Gauch H.G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique // *Vegetatio*. 1980. Vol. 42. PP. 47–58.
25. Новаковский А.Н. Методы ординации в современной геоботанике // *Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН*. 2008. № 10. С. 2–8.
26. Малиновских А.А., Куприянов А.Н. Экологическая структура флоры гарей и этапы их зарастания в равнинных сосновых лесах Алтайского края // *Сибирский экологический журнал*. 2013. Т. 20, № 5. С. 653–660.
27. Кобечинская В.Г. Динамика горизонтальной структуры пойменной растительности на заповедных территориях Крыма // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2016. Т. 2(68), № 1. С. 63–78.
28. Егорова В.Н. Влияние эколого-антропогенных факторов на флористический состав пойменных лугов Оки (Московская обл.) // *Растительные ресурсы*. 1981. Т. 17, № 3. С. 257–263.
29. Фурьев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск : Наука, 1996. 251 с.
30. Малиновский А.А., Куприянов А.Н. Пирогенные сукцессии в равнинных сосновых лесах южной части Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2015. 208 с.
31. Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н. Пирогенные сукцессии в сосновых лесах Кокчетавской возвышенности после пожаров. Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2017. 174 с.
32. Опарин М.Л., Опарина О.С. Влияние палов на динамику степной растительности // *Поволжский экологический журнал*. 2003. № 2. С. 158–171.
33. Скользнева Л.Н., Недосекина Т.В. Влияние пожара 2010 года на состояние редких видов растений в урочище Морозова гора // *Редкие виды грибов, растений и животных Липецкой области: Информационный сборник материалов*. Воронеж : Научная книга, 2011. Вып. 4. С. 144–150.
34. Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Папаян Э.Э., Сомов В.В. Использование биоиндикационных свойств растительности при оценке трансформации ландшафтов в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал) // *Сибирский экологический журнал*. 2017. № 3. С. 350–366. doi: [10.15372/SEJ20170312](https://doi.org/10.15372/SEJ20170312)

*Поступила в редакцию 28.02.2018 г.; повторно 10.08.2018 г.;  
принята 23.08.2018 г.; опубликована 12.10.2018 г.*

**Авторский коллектив:**

**Куприянов Андрей Николаевич** – д-р биол. наук, профессор, зав. отд. «Кузбасский ботанический сад» Федерального исследовательского центра угля и углекислоты СО РАН (Россия, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10).

E-mail: [kupr-42@yandex.ru](mailto:kupr-42@yandex.ru)

**Казьмина Светлана Сергеевна** – старший инженер-технолог лаборатории экологической оценки и управления биоразнообразием, Институт экологии человека Федерального исследовательского центра угля и углекислоты СО РАН (Россия, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10).

E-mail: [svetlana.kemgu@mail.ru](mailto:svetlana.kemgu@mail.ru)

**Зверев Андрей Анатольевич** – канд. биол. наук, доцент каф. ботаники, Биологический институт, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

E-mail: [ibiss@rambler.ru](mailto:ibiss@rambler.ru)

**For citation:** Kupriyanov AN, Kazmina SS, Zverev AA. Change in the vegetation of the Karakanskiy ridge near surface coal mines. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2018;43:66-88. doi: [10.17223/19988591/43/4](https://doi.org/10.17223/19988591/43/4). In Russian, English Summary

Andrew N. Kupriyanov<sup>1</sup>, Svetlana S. Kazmina<sup>1</sup>, Andrei A. Zverev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kuzbass Botanical Garden, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

<sup>2</sup> Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

### Change in the vegetation of the Karakanskiy ridge near surface coal mines

We investigated changes in the structure of plant communities (floristic composition and species activity) under the influence of anthropogenic and technogenic factors. The studies were conducted in close proximity to rapidly developing surface coal mines and areas of intensive agriculture (Karakanskiy ridge, Kemerovo Region, Russia). The Karakanskiy ridge is located submeridionally and cuts the Kuznetsk Basin into the eastern and western parts (See Fig. 1). On the west side, at present, 15 opencast coal mines are being built. Technogenic factors that can affect vegetation include high contamination of the territory with coal dust and heavy metals. Anthropogenic influence is associated with mowing grass, recreation, and berry picking. The research was carried out in 2012-2015 on monitoring platforms (MP) of two transects located across the ridge with different levels of anthropogenic and technogenic impact (See Fig. 2, Table 1). Similar plant communities, not subject to anthropogenic and technogenic effects, were taken as control sites.

We investigated the species richness of the MP, the partial cover, the number of genetes and ramets for each species (See Table 3). The relevés of elementary one sq. meter study plots were pooled in integrated botanical information system IBIS. The images of projections of the covers of plots were processed in the graphic editor PaintNET. Microsoft Excel spreadsheet processor was used for partial covers calculation. For indirect ordination, detrended correspondence analysis (DCA, a variant of factor analysis) was used to analyze the activity of species, derived from their mean percentage cover and constancy over elementary plots in each MP. To compare the species composition in the monitoring sites, UPGMA-clustering using Czekanowski / Dice / Sørensen coefficient was applied to group joint floras of MPs. A total of 200 elementary plot relevés was analyzed.

As a total, we identified 236 species of vascular plants for ten MPs. The annual number of species on single MP is in the range of 25-52 plants per m<sup>2</sup>. The difference in number of species by year has a fluctuation character and in most cases does not exceed confidence intervals. The biggest coefficients of variation were registered for the MPs of the southwestern slope (MPs 3, 4 and 7), where the strongest influence on phytocoenosis is caused by ground fires, as well as pollution from open-cut coal mines. The lowest coefficient of variation in the floral composition is scored in the areas with the minimal anthropogenic impact (control sites). Ruderal plants and meadow weeds (*Pimpinella saxifraga*, *Poa angustifolia*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Veronica chamaedrys*, *Taraxacum officinale*, *Plantago media*) are present in a floristic composition with a high constancy class after a long-term mowing (See Table 4). They replace species of post-forest meadows – *Brachypodium pinnatum*, *Galium boreale*, *Trollius asiaticus*, and *Hieracium umbellatum*. As a result of berrying and recreation, the species more characteristic for upland meadows (*Phlomis tuberosa*, *Calamagrostis epigeios*, *Sanguisorba officinalis*, and *Cirsium setosum*) appear in plant communities. Strong ground fires lead to the formation of a vegetation with lower constancy classes species. The revealing of effect of the technogenic factor on species composition and species activity is not yet possible. The variability of species activity values is approximately the same in the control and in most MPs

located on the northeastern slope represented by the post-forest meadows. The plant communities located on the northeastern slope occupy a special position, which should be genetically associated with forest meadow communities, but under the influence of longstanding haymaking the changes in the floristic composition and activity of species have undergone significant transformation. Picking berries and partially trampling the grass stand also changes the structure and parameters of vegetation. Despite the fact that this is a temporary factor, the species composition and activity on such MPs differs markedly from similar sites.

*The paper contains 6 Figures, 4 Tables and 34 References.*

**Key words:** floristic composition; activity types; anthropogenic and technogenic factors; surface coal mine.

### References

1. Stojiljkovic E, Grozdanovic M, Marjanovic D. Impact of the underground coal mining on the environment. *Acta Montanistica Slovaca*. 2014;19:6-14.
2. Kupriyanov AN, Manakov YA, Barannik LP. Vosstanovlenie ekosistem na otvalakh gornodobyvayushchey promyshlennosti Kuzbassa [Restoration of ecosystems on dumps of the mining industry of Kuzbass]. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo"; 2010. 160 p. In Russian
3. Manakov YA, Strel'nikova TO, Kupriyanov AN. Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa [Formation of vegetation in man-made landscapes of Kuzbass]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2011. 163 p. In Russian
4. Kopytov AI, Manakov YA, Kupriyanov AN. Coal mining and issues of ecosystem preservation in Kuzbass. *Ugol' = Russian Coal Journal*. 2017;3:72-77. doi: [10.18796/0041-5790-2017-3-72-77](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2017-3-72-77) In Russian
5. Roy D, Gautam S, Singh P, Singh G, Kanti Das B, Kumar Patra A. Carbonaceous species and physicochemical characteristics of PM in coal mine fire area a case study. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2016;9:429-437. doi: [10.1007/s11869-015-0355-2](https://doi.org/10.1007/s11869-015-0355-2)
6. Golokhvast KS, Kupriyanov AN, Manakov YA, Agoshkov AI. Environmental characteristic of air suspensions at coal production objects: from extraction to combustion. *Gornyi zhurnal*. 2017;4:87-90. In Russian, English Summary. doi: [10.17580/gzh.2017.04.18](https://doi.org/10.17580/gzh.2017.04.18)
7. Singh J, Kalamdhad AS. Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*. 2011;1:15-21.
8. Gupta S, Sharma S. Effect of heavy metal present in cement dust on soil and plants of Nokha (Bikaner). *Current World Environment*. 2013;8(2):299-303. doi: [10.12944/CWE.8.2.16](https://doi.org/10.12944/CWE.8.2.16)
9. Chibuikue GU, Obiora SC. Heavy metal polluted soils: effect on plants and bioremediation methods. *Applied and Environmental Soil Science*. 2014;2014:Article ID 752708:12 p. doi: [10.1155/2014/752708](https://doi.org/10.1155/2014/752708)
10. Tsandekova OL. The dynamics of pigment accumulation in leaves of *Betula pendula* Roth. in a mining rock dump. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2016;6:60-64. In Russian, English Summary
11. Ignatavicius G, Sinkevicius S, Lozyte A. Effects of grassland management on plant communities. *Ekologija*. 2013;59(2):99-110. doi: [10.6001/ekologija.v59i2.2713](https://doi.org/10.6001/ekologija.v59i2.2713)
12. Lashchinskiy NN, Sheremetova SA, Makunina NI, Buko TE, Pisarenko OYu. Rastitel'nyy mir Karakanskogo khrebtta [Plant life of the Karakanskiy Ridge]. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo"; 2011. 120 p. In Russian
13. Lashchinskiy NN. Chionophilous tall herbaceous vegetation of the Karakan Range. *Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii = Plant Life of Asian Russia*. 2008;2:75-79. In Russian

14. *Flora Sibiri* [Flora of Siberia]. Krasnoborov IM, Malyshev LI, Peshkova GA et al., editors. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1988-2003. Vol. 1-14. In Russian
15. Zverev AA. Informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh rastitel'nogo pokrova [Information technologies in studies of vegetation: Textbook]. Tomsk: TML Press; 2007. 304 p. In Russian
16. Golokhvast KS, Kupriyanov AN, Manakov YuA, Chekryzhov IYu, Poselyuzhnaya AV, Semenikhin VA. Rare earth minerals in atmospheric suspensions of Karakanskiy coal cluster of Kuzbass by data of pollution of snow cover. *Bülleten' fiziologii i patologii dyhaniâ = Bulletin Physiology and Pathology of Respiration*. 2014;2:91-96. In Russian
17. Golokhvast KS, Kupriyanov AN. Tekhnogennoe zagryaznenie territorii [Technogenic contamination of the territory]. In: *Ekologicheskii monitoring v rayonakh ugledobychi* [Environmental monitoring in coal mining areas]. Kupriyanov AN, editor. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo"; 2017. pp. 25-58. In Russian
18. Czekanowski J. "Coefficient of racial likeness" und "durchschnittliche Differenz". *Anthropologischer Anzeiger*. 1932;9:227-249.
19. Dice LR. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*. 1945;26(3):297-302.
20. Sørensen T. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biologiske Skrifter / Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*. 1948;5(4):1-34.
21. Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001;4(1):1-9.
22. Yurtsev BA. Flora of Suntar-Khayata [Flora of the Suntar-Khayata Mountains]. Leningrad: Nauka Publ.; 1968. 235 p. In Russian
23. Hill MO. DECORANA - a FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Ithaca: Cornell University Publ.; 1979. 52 p.
24. Hill MO, Gauch HG. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*. 1980;42:47-58.
25. Novakovskiy AN. Ordination in the modern geobotany. *Vestnik Instituta Biologii Komi Nauchnogo Centra Ural'skogo Otdeleniya RAN = Vestnik of Institute of Biology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2008;10:2-8. In Russian
26. Malinovskikh AA, Kupriyanov AN. Ecological structure of burnt-wood flora and stages of their overgrowth in plain pine forests of Altai Krai. *Contemporary Problems of Ecology*. 2013;6(5):493-498. doi: [10.1134/S1995425513050107](https://doi.org/10.1134/S1995425513050107)
27. Kobechinskaya VG. Dynamics of horizontal structure floodplain vegetation in protected areas of Crimea. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2016;2(1):63-78. In Russian, English Summary
28. Egorova VN. Vliyanie ekologo-antropogennykh faktorov na floristicheskii sostav poymennykh lugov Oki (Moskovskaya obl.) [The influence of ecological and anthropogenic factors on the floristic composition of the floodplain meadows of the Oka river (Moscow Region)]. *Rastitelnye resursy*. 1981;17(3):257-263. In Russian
29. Furyaev VV. Rol' pozharov v protsesse lesoobrazovaniya [The role of fires in the process of forest formation]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1996. 251 p. In Russian
30. Malinovskikh AA, Kupriyanov AN. Pirogennyye suksessii v ravninnykh sosnovykh lesakh yuzhnoy chasti Zapadnoy Sibiri [Pyrogenic successions in the plain pine forests of the southern part of Western Siberia]. Novosibirsk: Siberian branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2015. 208 p. In Russian
31. Sultangazina GZh, Kupriyanov AN. Pirogennyye suksessii v sosnovykh lesakh Kokchetavskoy vozvysheynosti posle pozharov [Pyrogenic successions in the pine forests of the Kokchetav Uplands after fires]. Novosibirsk: Geo Publ.; 2017. 174 p. In Russian

32. Oparin ML, Oparina OS. Steppe vegetation dynamics under fir. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal = Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2003;2:158-171. In Russian
33. Skol'zneva LN, Nedosekina TV. Vliyanie pozhara 2010 goda na sostoyanie redkikh vidov rasteniy v urochishche Morozova gora [Influence of the 2010 fire on the condition of rare plant species in the Morozova Gora]. In: *Redkie vidy gribov, rasteniy i zhivotnykh Lipetskoj oblasti: Informatsionnyy sbornik materialov* [Rare species of mushrooms, plants and animals of the Lipetsk region: Information collection of materials]. Voronezh: Nauchnaya kniga Publ.; 2011. Iss. 4. pp. 144-150. In Russian
34. Opekunova MG, Opekunov AYu, Papyan EE, Somov VV. Phytoindicational properties of the vegetation in landscape transformation studies on Sibay chalcopyrite deposits (Southern Urals). *Contemporary Problems of Ecology*. 2017;10(3):301-314. doi: [10.1134/S1995425517030076](https://doi.org/10.1134/S1995425517030076)

*Received 28 February 2018; Revised 10 August 2018;  
Accepted 23 August 2018; Published 12 October 2018*

**Author info:**

**Kupriyanov Andrew N**, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Department "Kuzbass Botanical Garden", Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 10 Leningradsky Pr., Kemerovo 650065, Russian Federation.

E-mail: [kupr-42@yandex.ru](mailto:kupr-42@yandex.ru)

**Kazmina Svetlana S**, Senior Engineer-Technologist, Laboratory of Ecological Assessment and Biodiversity Management, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 10 Leningradsky Pr., Kemerovo 650065, Russian Federation.

E-mail: [svetlana.kemgu@mail.ru](mailto:svetlana.kemgu@mail.ru)

**Zverev Andrei A**, Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Professor, Department of Botany, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: [ibiss@rambler.ru](mailto:ibiss@rambler.ru)