



DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241207>

EDN: <https://elibrary.ru/mcbrdr>

УДК 528.931.3-021.321:622.271.45(571.513)

*Научная статья*

## **Особенности флористического состава растительности отвалов угольных разрезов Хакасии**

А.А. Жуков\* , Е.Ю. Жукова 

*Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 655017, Россия, г. Абакан,  
пр-т Ленина, д. 90*

\*[flk19@mail.ru](mailto:flk19@mail.ru)

**Аннотация.** С 2020 по 2023 гг. в результате флористического анализа в составе фитоценозов отвалов угольных разрезов «Изыхский» и «Черногорский» в субаридных условиях Хакасии на разных стадиях сукцессии было выявлено 363 вида высших сосудистых растений из 207 родов (*Artemisia*, *Potentilla*, *Poa* и др.), принадлежащих 53 семействам. Установлено, что на территории угольных отвалов в Хакасии формируется растительность, отличающаяся от зонального степного типа наличием развитого древесно-кустарникового яруса, преимущественно из *Ulmus pumila*. Ведущие семейства Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Brassicaceae, Fabaceae типичны для бореальной флоры умеренных широт. Выявлены три стадии сукцессии, наиболее распространена стадия сложных сообществ (315 видов). Во флоре отвалов преобладали евроазиатские виды. С ходом сукцессии доля голарктических видов и космополитов снижалась, а процент сибирских видов увеличивался в 2.2 раза. Наибольшее сходство флора отвалов Хакасии имела с отвалами разрезов в Республике Тыва. На стадии сложного фитоценоза флора отвалов угольных разрезов была представлена видами лесного (38.1%), степного (22.5%) и адвентивного (24.1%) комплексов. Гемикриптофиты и криптофиты (50–60%) преобладали над остальными биоморфами. На территории отвалов более трети видов являлись мезофитами, на втором и третьем местах располагались мезоксерофиты и ксерофиты.

**Ключевые слова:** биоморфологический анализ, поясно-зональные группы, хорологический анализ, экологические группы

**Финансирование.** Исследование выполнено за счет гранта Министерства образования и науки Республики Хакасия (Соглашение № 94 от 13.12.2022 г.) в рамках программы деятельности научно-образовательного центра мирового уровня «Енисейская Сибирь».

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность за помощь в проведении исследования научному руководителю, профессору, д.б.н., директору Кузбасского ботанического сада А.Н. Куприянову, к.б.н. О.А. Куприянову, коллективу лаборатории рекультивации Института угля и углехимии СО РАН (г. Кемерово), сотрудникам кафедры биологии ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова». Благодарим за содействие в организации исследования ООО «СУЭК-Хакасия» и главного эколога Е.В. Маркову.

**ORCID:**А.А. Жуков, <https://orcid.org/0000-0002-6360-1781>Е.Ю. Жукова, <https://orcid.org/0000-0003-0577-2969>

**Для цитирования:** Жуков, А.А., Жукова, Е.Ю., 2026. Особенности флористического состава растительности отвалов угольных разрезов Хакасии. *Трансформация экосистем* 9 (1), 165–183. <https://doi.org/10.23859/estr-241207>

Поступила в редакцию: 07.12.2024

Принята к печати: 03.03.2025

Опубликована онлайн: 06.03.2026

DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-241207>EDN: <https://elibrary.ru/mcbrdr>

UDC 528.931.3-021.321:622.271.45(571.513)

**Article**

# Floristic composition of the vegetation of the colliery spoil heaps in Khakassia

А.А. Zhukov\* , Е. Yu. Zhukova *N.F. Katanov Khakassian State University, Prospekt Lenina St. 90, Abakan, 655017 Russia*\*[flk19@mail.ru](mailto:flk19@mail.ru)

**Abstract.** Between 2020 and 2023, floristic analysis of the phytocenoses of the Izykhsky and Chernogorsky colliery spoil heaps in the semiarid conditions of Khakassia, revealed 363 species of higher vascular plants belonging to 207 genera (*Artemisia*, *Potentilla*, *Poa*, etc.) and 53 families, at various stages of vegetational succession. It was established that the vegetation developing on the territory of the colliery spoil heaps in Khakassia differs from the zonal steppe flora by the presence of a developed tree-shrub tier, primarily consisting of *Ulmus pumila*. The dominant families Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Brassicaceae, and Fabaceae are typical of the boreal flora of temperate latitudes. Three stages of succession are identified, the most widespread being the complex communities stage (315 species). Eurasian species predominated in the heap flora. As the succession progressed, the proportion of Holarctic and cosmopolitan species decreased, while the percentage of Siberian species increased by 2.2 times. The Khakassia spoil heap vegetation is shown to be most similar to the open-pit mine spoil heap flora in the Republic of Tyva. At the complex phytocoenosis stage, the spoil heap vegetation is represented by forest (38.1%), steppe (22.5%), and adventive (24.1%) floral assemblages. Hemicryptophytes and cryptophytes (50–60%) predominated over other biormorphs. More than a third of the species in the spoil heap area were mesophytes, with mesoxerophytes and xerophytes ranking second and third.

**Keywords:** biormorphological analysis, belt-zonal groups, chorological analysis, ecological groups

**Funding.** The study was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Khakassia (Agreement no. 94 dated December 13, 2022) as part of the program of activities of the research and educational center "Yenisei Siberia".

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude for their assistance in conducting the study to the research supervisor, A.N. Kupriyanov (Director of the Kuzbass Botanical Garden), O.A. Kupriyanov, the staff of the reclamation laboratory of the Institute of Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Kemerovo), and the staff of the Department of Biology of the N.F. Katanov Khakass State University. We also thank SUEK-Khakassia LLC and Chief Ecologist E.V. Markova for their assistance in organizing the study.

**ORCID:**

A.A. Zhukov, <https://orcid.org/0000-0002-6360-1781>

E.Yu. Zhukova, <https://orcid.org/0000-0003-0577-2969>

**To cite this article:** Zhukov, A.A., Zhukova, E.Yu., 2026. Floristic composition of the vegetation of the colliery spoil heaps in Khakassia. *Ecosystem Transformation* 9 (1), 165–183. <https://doi.org/10.23859/estr-241207>

Received: 07.12.2024

Accepted: 03.03.2025

Published online: 06.03.2026

---

## Введение

При открытой добыче угля образуются значительные площади отвалов вскрышных пород со специфичным ландшафтом и условиями. При этом естественная растительность является одним из важнейших факторов, влияющих на сукцессионные процессы отвалов (Манаков и др., 2011). Самозаращение отвалов угольной промышленности изучали в Кузбассе (Куприянов и др., 2010; Манаков и др., 2011; Уфимцев и Беланов, 2018), Тыве (Самбуу, 2014), а также в Хакасии (Лавриненко, 2016; Ламанова и Сафронова, 2013; Сафронова и др., 2018). Вследствие развития угледобывающей промышленности в Хакасии проблема изучения сукцессий на отвалах в данном регионе крайне актуальна.

Цель исследования – выявление особенностей формирования флористического состава растительности на отвалах угольной промышленности в субаридной зоне Хакасии.

## Материал и методы

С 2020 по 2023 гг. детально-маршрутным методом проведены исследования растительности отвалов угольных разрезов «Изыхский» и «Черногорский» (последний – с 2021 г.), рекультивированных в 2000-х гг., а также отвала вскрышных пород разреза «Изыхский», где работы по восстановлению начались в 1980-х гг. Отвалы расположены в субаридной зоне: разрез «Черногорский» – в более сухих условиях Уйбатской степи, разрез «Изыхский» – в Койбальской степи, где условия смягчены близостью рек Абакан и Енисей.

Климат района континентальный, среднегодовая температура колеблется в пределах от 1.8 до –1.0 °С. Абсолютный минимум отмечен в январе: –40.6 °С, абсолютный максимум в июле: +35.6 °С. Годовое количество осадков – 250–300 мм. Гидрографическая сеть района включает реки Абакан и Енисей, а также немногочисленные озера (Куминова и др., 1976; Лысанова, 2000).

Отвалы 1980-х и 2000-х гг. являются террасированной формой рельефа, состоят из песчаников, алевролитов, редко углистых аргиллитов. Высота отвалов составляет до 400 м н.у.м.. С 2000-х гг. отвалы отсыпаются по гребневой технологии.

Почвы района – обыкновенные и южные черноземы. Зональная растительность представлена настоящими мелкодерновинными степями (Куминова и др., 1976). Растительный покров района трансформирован под влиянием антропогенных факторов (добычи полезных ископаемых, инфраструктуры, сельского хозяйства).

Всего было произведено 276 геоботанических описаний по стандартной методике (Воронов, 1963). Виды определяли по определителям (Красноборов и др., 1979; Флора Сибири, 1988–2003). Названия видов уточняли по сайтам Plantarium<sup>1</sup> и Plant List<sup>2</sup>. Стадии сингенеза растительности даны по Ю.А. Манакову и А.Н. Куприянову (2009). Классификация биоморф дана по И.Г. Серебрякову (цит. по: Серебрякова и др., 2007). Экологические группы определяли по Т.К. Горышиной (1979). Биоморфы, ареалы, поясно-зональные группы, экологические группы приведены по работам А.И. Толмачева (1965), А.В. Куминовой и др. (1976), Л.И. Малышева (2012), Л.И. Малышева и Г.А. Пешковой (1984), Н.В. Степанова (2014), Е.С. Анкиповича и Е.Г. Лагуновой (2015). Данные обрабатывали в программе IBIS 7.2 (Зверев, 2020; Черосов и Зверев, 2000). Сравнение флор проводили кластерным анализом по эвклидову расстоянию в STATISTICA 8.2.

## Результаты

На отвалах угольного разреза «Черногорский» на стадии пионерной группировки выявлены сообщества ( $n = 4$ ) с общим проективным покрытием (ОПП) 13% и семью видами, для фитоценозов на стадии простого фитоценоза ( $n = 33$ ) – соответственно 32% и 9 видов, сложного сообщества ( $n = 111$ ) – 66% и 11 видов. На отвалах разреза «Изыхский» и его старовозрастных отвалах выявлены простые (ОПП 32–40%, 10–24 вида) и сложные фитоценозы (ОПП 68–83%, 16–19 видов).

Флора высших сосудистых растений обследованных отвалов угольных разрезов «Черногорский» и «Изыхский» включает 363 вида из 207 родов и 53 семейств. Ведущими семействами флоры отвалов являлись семейства Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Brassicaceae и Fabaceae (Табл. 1).

Первая десятка наиболее представительных семейств включает 256 видов, или 70.5%. Также отмечалось более высокое положение семейства Rosaceae и снижение разнообразия представителей семейства Fabaceae, в сравнении с зональной флорой. Представители семейств Brassicaceae, Chenopodiaceae, Scrophulariaceae часто являлись сорными видами. Высокая позиция семейства Salicaceae объясняется экспериментами по рекультивации и близостью водных источников и населенных пунктов.

Табл. 1. Ведущие семейства флоры высших сосудистых растений отвалов Хакасии.

Позиция семейства	Семейство	Число родов	Виды	
			число	% от общего числа
1	Asteraceae	28	64	17.6
2	Poaceae	40	55	15.2
3	Rosaceae	33	38	10.5
4	Brassicaceae	17	28	7.7
5	Fabaceae	13	25	6.9
6	Chenopodiaceae	6	14	3.9
7	Scrophulariaceae	7	10	2.8
8–9	Salicaceae	2	9	2.5
8–9	Lamiaceae	8	9	2.5
10	Polygonaceae	5	4	1.1

<sup>1</sup> Плантариум, 2025. Интернет-ресурс. URL: <https://www.plantarium.ru> (дата обращения: 10.11.2025).

<sup>2</sup> Plant List, 2025. Интернет-ресурс. URL: <http://www.theplantlist.org> (дата обращения: 10.11.2025).

Специфичность флоре отвалов придает 21 одновидовое семейство – Equisetaceae, Hypolepidaceae, Convallariaceae, Asparagaceae, Betulaceae, Ulmaceae, Amaranthaceae, Papaveraceae, Grossulariaceae, Aceraceae, Linaceae, Nitrariaceae, Euphorbiaceae, Elaeagnaceae, Onagraceae, Cornaceae, Monotropaceae, Plumbaginaceae, Gentianaceae, Valerianaceae, Dipsacaceae. *Ulmus pumila* L. из семейства Ulmaceae широко распространен через самосев.

Общий состав флоры Уйбатской степи Усть-Абаканского и Койбальской степи Алтайского районов Хакасии с учетом последних публикаций (Анкипович и Лагунова, 2015; Курбатский, 2016; Шауло и др., 2019, 2020; Эбель и др., 2020) включает 377 видов. По данным вышеуказанных авторов, основные семейства зональной флоры располагаются в следующем порядке: Asteraceae (15.0% от общего количества видов), Fabaceae (11.9%), Poaceae (11.7%), Lamiaceae (6.6%), Brassicaceae (6.4%), Caryophyllaceae (5.6%), Rosaceae (5.0%), Boraginaceae (4.2%), Liliaceae и Scrophulariaceae (по 4.0%). Виды ведущих семейств степной флоры составили 74.4% от общего числа видов. Снижение позиции семейства Rosaceae в сравнении с флорой отвалов объясняется вытеснением видов этого семейства сорными растениями семейств Boraginaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae. Широко представлены семейства Fabaceae, Lamiaceae и Liliaceae. В степях, в отличие от отвалов, в первой десятке отсутствуют семейства Chenopodiaceae, Salicaceae и Polygonaceae.

Крупными родами во флоре отвалов являются рода *Potentilla*, *Artemisia*, *Poa* (Табл. 2).

Табл. 2. Родовидовая структура флоры высших сосудистых растений отвалов Хакасии.

Род	Виды	
	число	% от общего числа
<i>Artemisia</i>	14	3.9
<i>Potentilla</i>	13	3.6
<i>Poa</i>	10	2.8
<i>Leymus</i>	6	1.7
<i>Salix</i>	5	1.4
<i>Atriplex</i>	5	1.4
<i>Lepidium</i>	5	1.4
<i>Astragalus</i>	5	1.4
<i>Galium</i>	5	1.4
<i>Cirsium</i>	5	1.4
<i>Taraxacum</i>	5	1.4
<i>Populus</i>	4	1.1
<i>Allium</i>	4	1.1
<i>Rumex</i>	4	1.1
<i>Plantago</i>	4	1.1
<i>Festuca</i>	4	1.1
<i>Medicago</i>	4	1.1
<i>Chenopodium</i>	4	1.1

Многовидовые роды занимали 29.5% от общего числа видов. Представители родов *Potentilla*, *Poa*, *Leymus*, *Allium*, *Galium*, *Astragalus* и *Festuca*, встречающиеся на отвалах, распространены и в степях. Для степей Хакасии наиболее богаты в видовом отношении роды *Astragalus*, *Artemisia*, *Oxytropis* и *Potentilla*. Виды из родов *Artemisia*, *Lepidium*, *Atriplex* и *Cirsium* являлись в основном сорными. Виды родов *Rumex*, *Populus*, *Salix* отмечены при достаточном увлажнении.

Для Уйбатской и Койбальской степей Хакасии основными родами являются *Astragalus* (15 видов), *Potentilla* (14), *Artemisia* (13), *Oxytropis* (10), *Poa*, *Carex* и *Leymus* (по 8 видов), *Stipa*, *Allium*, *Taraxacum* и *Senecio* (по 7 видов).

Рода *Salix*, *Atriplex*, *Lepidium*, *Galium* и *Cirsium* обнаружены на отвалах угольных разрезов, но отсутствовали среди ведущих родов флоры вышеуказанных степей.

Особенностью флоры отвалов можно считать небольшое число видов в семействах и родах. На современном этапе сукцессии биоразнообразие отвалов угольных разрезов обеспечивается за счет новых семейств и родов, поселяющихся на территории, а не благодаря увеличению биоразнообразия внутри семейств или родов, представители которых уже произрастают на отвалах. По мнению А.И. Толмачева (1974), преобладание в составе конкретной флоры видоограниченных и особенно гомотипных родов (для отвалов угольных разрезов Хакасии это 189 родов из 207) свидетельствовало о том, что данная флора являлась относительно новой (в сравнении с местной степной флорой) и в значительной степени сформировалась за счет миграции видов с сопредельных территорий.

Было проведено сравнение флор отвалов угольных разрезов Хакасии между собой (по стадиям сукцессии и географическому положению) с естественными степями Алтайского и Усть-Абаканского районов Хакасии и с отвалами угольных разрезов в южных степях Кемеровской области (Куприянов и др., 2010) и Тывы (Самбуу, 2014) (Рис. 1, 2). Сравнение выполнено с целью выявить сходства и различия в формировании флор отвалов угольных разрезов в сходных климатических условиях соседних регионов.

Показано, что на стадии сложного фитоценоза флора изученных отвалов значительно отличается от флоры степей Хакасии и отвалов в южной лесостепи Кемеровской области, однако сходна с отвалами угольных разрезов в степях Республики Тыва (Рис. 1).

Сходство видового состава пионерных группировок и степей Хакасии можно объяснить тем, что семена степных растений перенесены ветром с соседних участков. Флористические составы сходны на стадии группировки и простого фитоценоза, но резко отличаются на стадии сложного фитоценоза (Рис. 2А).

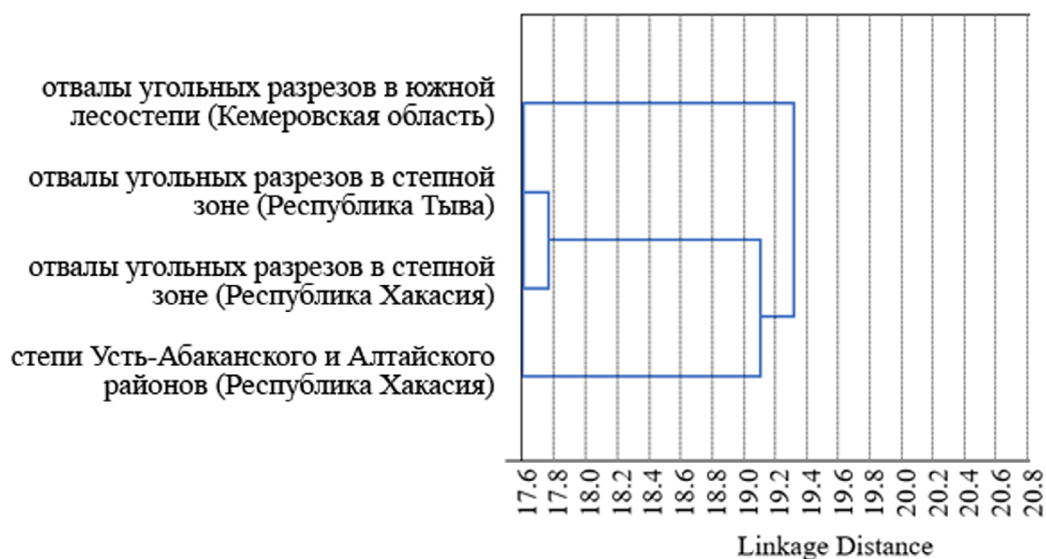


Рис. 1. Сходство флор отвалов угольных разрезов, степей Хакасии и отвалов соседних регионов.



**Рис. 2.** Сходство флор отвалов угольных разрезов Хакасии на разной стадии сукцессии (**А**) и разного географического положения (**В**) с флорой степей.

Флористический состав отвалов разрезов «Черногорский» и «Изыхский» сходен (Рис. 2В). На отвалах разреза «Черногорский» выявлено 175 видов растений, что связано с более засушливыми условиями; на отвалах разреза «Изыхский» и старовозрастном отвале «Изыхский» обнаружено соответственно 205 и 213 видов.

Флору отвалов угольных разрезов Хакасии в субаридной зоне и флору окружающих их степей можно отнести к типично бореальным. Анализ соотношения ареалов видов позволяет раскрыть происхождение флоры отвалов (Табл. 3).

На ранних стадиях сукцессии ведущее место занимали азиатские виды, в основном евроазиатского происхождения (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Saussurea amara* (L.) DC.). С ходом сукцессии доля голарктических видов и космополитов уменьшилась. Значительно возрос процент сибирских видов растений (в 2.2 раза). Видовое разнообразие при переходе с первой стадии сукцессии на вторую увеличилось на 203%, со второй на третью – на 160%. Доля азиатских видов осталась неизменной. На стадии сложного фитоценоза соотношение видов на изученных отвалах было примерно одинаково: на первом месте азиатские виды, на втором – сибирские, на третьем – голарктические. Космополиты занимают четвертую позицию.

На всех изученных отвалах встречено небольшое число видов с североазиатским (*Potentilla longifolia* Willd. ex Schldt., *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. ex DC.), среднеазиатским (*Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski), центрально-азиатским (*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.), восточноазиатским (*Allium anisopodium* Ledeb.), монголо-даурским (*Convolvulus chinensis* Ker Gawl.) и американо-азиатским (*Artemisia glauca* Pall. ex Willd.) ареалами. Вид *Elymus dahuricus* Turcz. ex Griseb. Имеет монголо-восточно-сибирское происхождение. Распространены евро-сибирские (*Festuca valesiaca* Gaudin, *Hippophae rhamnoides* L.) и в меньшем количестве южно-сибирские виды (*Populus laurifolia* Ledeb., *Potentilla tanacetifolia* Willd. ex Schldt.).

Таким образом, во флоре отвалов Хакасии преобладали виды с широкими ареалами, что отражает общие флористические особенности равнинных территорий Юга Сибири. Доля космополитов на стадии группировки составила до 25.0% от общего числа видов, что свидетельствовало о значительной трансформации ландшафта.

В поясочно-зональном отношении флора высших сосудистых растений отвалов угольных разрезов Хакасии представлена видами лесного, степного, адвентивного и аazonального комплексов (Табл. 4).

Лесная группа в основном включает лесостепные растения: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Hieracium umbellatum* L., *Medicago falcata* L., *Otites wolgensis* (Hornem.) Grossh. Леса в зоне субаридного климата Хакасии представлены тополевыми лесами, небольшими сосновыми борами и березняками. Менее распространены светлохвойная (*Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* L.) и неморальная группы (*Populus laurifolia*, *Padus avium* Mill.).

Широкое распространение на территории исследования степных ландшафтов обусловило значительный процент степных видов: *Iris lactea* Pall., *Stipa capillata* L., включая небольшое количество горностепных (*Veronica incana* L., *Artemisia frigida* Willd.) и пустынно-степных видов (*Leymus racemosus* (Lam.) Tzvelev, *Leymus angustus* (Trin.) Pilg.).

Азональный компонент не занимает лидирующего положения, представлен в понижениях рельефа, межгребневых котловинах.

**Табл. 3.** Ареалы видов отвалов угольных разрезов Хакасии. Здесь и далее жирным шрифтом выделены главные ареалы; прочерк означает отсутствие вида.

Ареал	Стадия сукцессии					
	группировка		простой фитоценоз		сложный фитоценоз	
	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов
<b>Космополиты</b>	<b>10</b>	<b>25.0</b>	<b>21</b>	<b>17.4</b>	<b>46</b>	<b>14.6</b>
<b>Голарктические</b>	<b>10</b>	<b>25.0</b>	<b>27</b>	<b>22.3</b>	<b>51</b>	<b>16.2</b>
<b>Азиатские</b>	<b>15</b>	<b>37.5</b>	<b>45</b>	<b>37.2</b>	<b>130</b>	<b>41.4</b>
Американо-азиатские	1	2.5	1	0.8	3	1.0
Евроазиатские	8	20.0	24	19.8	72	22.9
Среднеазиатские	–	–	4	3.3	6	1.9
Центральноазиатские	4	10.0	3	2.5	9	2.9
Североазиатские	1	2.5	8	6.6	29	9.2
Восточноазиатские	1	2.5	2	1.7	6	1.9
Монголо-восточно-сибирские	–	–	–	–	1	0.3
Монголо-даурские	–	–	3	2.5	4	1.3
<b>Сибирские</b>	<b>5</b>	<b>12.5</b>	<b>28</b>	<b>23.1</b>	<b>88</b>	<b>27.8</b>
Евро-сибирские	3	7.5	18	14.9	60	19.0
Южно-сибирские	2	5.0	9	7.4	25	7.9
Алтае-западно-саянские	–	–	–	–	1	0.3
Западно-саянско-прибайкальские	–	–	1	0.8	1	0.3
Восточно-саянские	–	–	–	–	1	0.3
Итого	40	100	121	100	315	100

Табл. 4. Поясно-зональные группы высших сосудистых растений отвалов угольных разрезов Хакасии.

Поясно-зональная группа	группировка		Стадия сукцессии			
	число видов	% от общего числа видов	простой фитоценоз		сложный фитоценоз	
			число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов
<b>Лесная</b>	<b>11</b>	<b>27.5</b>	<b>31</b>	<b>25.6</b>	<b>120</b>	<b>38.1</b>
Темнохвойно-лесная	–	–	–	–	8	2.5
Светлохвойно-лесная	4	10.0	14	11.6	48	15.2
Неморальная	1	2.5	1	0.8	13	4.1
Лесостепная	6	15.0	16	13.2	51	16.2
<b>Степная</b>	<b>8</b>	<b>20.0</b>	<b>32</b>	<b>26.4</b>	<b>71</b>	<b>22.5</b>
Степная	8	20.0	17	14.0	39	12.4
Пустынно-степная	–	–	2	1.7	1	0.3
Горно-степная	–	–	13	10.7	30	9.5
Гипарктомонтанная	–	–	–	–	1	0.3
<b>Азональная</b>	<b>4</b>	<b>10.0</b>	<b>15</b>	<b>12.4</b>	<b>48</b>	<b>15.2</b>
<b>Адвентивная</b>	<b>17</b>	<b>42.5</b>	<b>43</b>	<b>35.5</b>	<b>76</b>	<b>24.1</b>

Отдельные виды (*Poa pratensis* L., *Psathyrostachys juncea* и др.) использовались при рекультивации. Преимущественно была распространена азональная луговая группа видов (*Mulgedium sibiricum* (L.) Cass. ex Less., *Vicia cracca* L.), но также встречались представители прирусловой (*Cynoglossum officinale*, *Jacobaea erucifolia*) и водно-болотной групп (*Typha latifolia*, *Poa palustris*). На первой стадии сукцессии преобладали виды адвентивной и лесной групп. К третьей стадии доли степных и азональных видов почти не изменились, доля адвентивных видов уменьшилась в 1.8 раза, а доля лесной группы увеличилась в 1.4 раза.

Проведено сопоставление хронологических групп с поясно-зональными группами (Табл. 5). Особенности поясно-зональной структуры определяются преобладанием видов адвентивной группы (всего 88 видов), преимущественно космополитов и видов евроазиатского происхождения. Лесная группа представлена в основном светлохвойной и лесостепной группами евро-сибирского и евроазиатского происхождения.

Виды степной группы имели разнообразное сибирское и азиатское происхождение. Луговые группы состояли преимущественно из голарктических и евро-сибирских видов.

Согласно классификации И.Г. Серебрякова, от 50 до 56.9% биоморфологического спектра флоры отвалов занимали травянистые поликарпики (Табл. 6), что характерно для умеренной зоны Северного полушария (Серебрякова и др., 2007).

С течением сукцессии наблюдалась тенденция к увеличению доли травянистых поликарпиков. Разнообразие стержнекорневых поликарпиков (*Dianthus versicolor* Fisch. ex Link, *Potentilla acaulis* L.) характерно для степей, остепненных лугов, лесостепи; на отвалах данная группа также преобладала.

Длиннокорневищные (*Elytrigia repens*, *Iris lactea*, *Calamagrostis epigeios*) и короткокорневищные формы (*Medicago falcata*, *Geranium sibiricum* L., *Geum aleppicum* Jacq., *Achillea asiatica* Serg.) распространены на лугах и в лесах. На отвалах угольных разрезов Хакасии доли этих форм были примерно равны.

Табл. 5. Представленность хорологических групп в поясно-зональном спектре флоры отвалов.

Поясно-зональная группа	Азиатские										Сибирские					
	Космополиты	Голарктические	американо-азиатские	евроазиатские	среднеазиатские	центральноазиатские	североазиатские	восточно-азиатские	Монголо-восточно-сибирские	монголо-даурские	евро-сибирские	южно-сибирские	Алтае-западно-сибирские	западно-сибирские прибайкальские	восточно-сибирские	
<b>Лесная</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>39</b>	<b>8</b>	-	-	<b>1</b>	
Темнохвойно-лесная	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	
Светлохвойно-лесная	2	9	-	18	-	-	6	-	-	1	13	4	-	-	-	
Неморальная	-	1	-	4	-	-	2	1	-	-	3	2	-	-	-	
Лесостепная	1	2	1	16	1	1	9	2	1	1	19	2	-	-	1	
<b>Степная</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	
Степная	-	2	1	7	4	9	4	2	-	-	10	7	-	1	-	
Пустынно-степная	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	
Горно-степная	-	2	-	6	3	4	5	2	-	4	1	9	-	-	-	
Гипарктомонтанная	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Азональная</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
<b>Адвентивная</b>	<b>46</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
Итого	55	56	3	79	10	15	30	7	1	6	72	26	1	1	1	

Табл. 6. Биоморфологический спектр высших сосудистых растений флоры отвалов на разных стадиях сукцессии.

Биоморфа	группировка		Стадия сукцессии			
	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов
Деревья	3	7.5	5	4.1	15	4.8
Кустарники	1	2.5	2	1.7	20	6.3
Полукустарники	–	–	1	0.8	2	0.6
Полукустарнички	–	–	3	2.5	5	1.6
Кустарнички	–	–	1	0.8	1	0.3
I. Древесные и полудревесные растения						
Корневищные	10	25.0	27	22.3	93	29.5
Короткокорневищные	4	10.0	12	9.9	46	14.6
Длиннокорневищные	6	15.0	15	12.4	47	14.9
Стержнекорневые	7	17.5	21	17.4	48	15.2
Дерновинные	3	7.5	7	5.8	21	6.7
Кистекорневые	–	–	1	0.8	5	1.6
Столonoобразующие	–	–	–	–	3	1.0
Луковичные	–	–	3	2.5	4	1.3
Лиановидные	–	–	1	0.8	2	0.6
Паразитические травы	–	–	–	–	3	1.0
II. Травянистые поликарпические растения						
Травянистые однолетники	8	20.0	24	19.8	42	13.3
Травянистые двулетники	–	–	25	20.7	48	15.2
IV. Плавающие и подводные травы						
Плавающие травы	–	–	–	–	3	1.0
Итого	40	100	121	100	315	100

Табл. 7. Распределение экологических групп на отвалах угольных разрезов Хакасии.

Экологическая группа	Стадия сукцессии				Ключевой участок (отвал)							
	группировка		простой фитоценоз		сложный фитоценоз		Черногорский		Изыхский		Изыхский (старовозрастной)	
	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов	число видов	% от общего числа видов
Ксерогалофиты	1	2.5	–	–	1	0.3	1	0.6	1	0.5	1	0.5
Ксерофиты	9	22.5	29	24.0	73	23.2	44	25.1	47	22.9	49	23.0
Мезоксерогалофиты	–	–	3	2.5	4	1.3	3	1.7	3	1.5	3	1.4
Мезогалофиты	–	–	2	1.7	3	1.0	1	0.6	2	1.0	2	0.9
Мезоксерофиты	14	35.0	44	36.4	92	29.2	60	34.3	57	27.8	58	27.2
Мезофиты	15	37.5	39	32.2	114	36.2	60	34.3	80	39.0	80	37.6
Мезогигрофиты	1	2.5	4	3.3	17	5.4	5	2.9	10	4.9	12	5.6
Гигрофиты	–	–	–	–	10	3.2	1	0.6	5	2.4	7	3.3
Гидрофит	–	–	–	–	1	0.3	–	–	–	–	1	0.5
<b>Итого</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>121</b>	<b>100</b>	<b>315</b>	<b>100</b>	<b>175</b>	<b>100</b>	<b>205</b>	<b>100</b>	<b>213</b>	<b>100</b>

Отличительной чертой сукцессии растительности на отвалах является преобладание на стадии простого, реже сложного фитоценоза луговых сообществ с распространением длиннокорневидных видов (*Elytrigia repens*, *Vicia cracca*).

На первой стадии сукцессии была значительна доля травянистых монокарпиков (от 24% на старовозрастном отвале разреза «Изыхский» до 36% на отвале разреза «Черногорский»), причем однолетники (*Panicum miliaceum* L., *Androsace septentrionalis* L.) и двулетники (*Chamaerhodos erecta* (L.) Bunge, *Berteroa incana* (L.) DC.) находились в соотношении 1:1. В дальнейшем доля монокарпических растений снижалась с преобладанием двулетних растений. Среди них распространены виды космополиты (*Medicago sativa* L.) и голарктические виды (*Crepis tectorum* L., *Atriplex sagittata* Borkh.).

Результаты анализа экологического спектра видов, имеющего тесную связь с водообеспеченностью территорий, представлены в Табл. 7. На территории отвалов более трети видов являлись мезофитами, второе место занимали мезоксерофиты, а доля ксерофитов, типичных обитателей степей, составила от 22.5% до 25.1%. Для сравнения, в фоновых мелкодерновинных злаковых степях, по данным Т.Г. Ламановой (1978), на долю ксерофитов и мезоксерофитов приходилось до 50%.

Доля растений влажных местообитаний (мезогигрофиты, гигрофиты, гидрофиты) не превышала 6%. Галофиты были малочисленны, однако отдельные виды обладали высоким постоянством: *Salsola collina* Pall., *Saussurea amara* (L.) DC., *Taraxacum bessarabicum* (Hornem.) Hand.-Mazz.

Анализ экологического спектра показал некоторое несоответствие между условиями увлажнения местообитания и субаридным регионом, в котором расположены Койбальская и Уйбатская степи Хакасии. В пользу этого свидетельствовало расселение нетипичной для степной зоны древесно-кустарниковой растительности (*Ulmus pumila*) на всех изученных отвалах. По условиям увлажнения отвалы угольных разрезов Хакасии ближе к луговым степям. По всей видимости, это вызвано наличием суглинистых или плотных субстратов, задерживающих влагу, неравномерностями микро и мезорельефа, а также конденсацией влаги на камнях и влиянием гидрографических особенностей изученной территории.

## Обсуждение результатов

В работе Е.С. Анкиповича и др. (Ankipovich et al., 2019) был представлен анализ флоры отвалов разреза «Черногорский». Полученный авторами флористический список состоял из 47 видов высших сосудистых растений, относящихся к 35 родам и 16 семействам. Хорологическая структура насчитывала 6 групп с преобладанием голарктических и евразийских видов. В нашей же работе лидирующая позиция остается за азиатскими видами. На сукцессионной стадии сложного фитоценоза наблюдается обилие мезофитов (36.2%) и травянистых стержневых и корневищных поликарпиков, характерное для бореальной флоры (44.7%), что согласуется с обсуждаемой статьей (Ankipovich et al., 2019).

Рядом авторов (Доронькин и др., 2019; Ламанова и др., 2019; Сафронова и др., 2022) также изучен флористический состав отвалов разреза «Черногорский» с 1970-х до 2000-х гг. В частности, флористический список склонов северной экспозиции включал 40 видов высших сосудистых растений из 35 родов и 18 семейств. Самыми многовидовыми семействами были Asteraceae и Poaceae, что указывало на степное расположение района исследования. Преобладали мезоксерофиты.

В настоящем исследовании выявлены виды, перечисленные в работах предыдущих исследователей (Доронькин и др., 2019; Ламанова и др., 2019; Сафронова и др., 2022; Ankipovich et al., 2019), однако с другими значениями проективного покрытия. Кроме того, благодаря подробному исследованию отвалов «Черногорский» и «Изыхский» их флора теперь насчитывает 363 вида.

Семейство Fabaceae занимает ведущую позицию во флоре мелкодерновинных (Куминова и др., 1976) и каменистых степей Хакасии (Ламанова, 1978) и имеет много эндемиков. Это объясняется тем, что минусинско-хакасские степи в конце плиоцена стали одним из центров видообразования семейства Fabaceae (Положий, 1964). Роды *Astragalus*, *Oxytropis*, *Artemisia* и *Potentilla* – это многовидовые роды мелкодерновинных и петрофитных степей. Малое участие рода *Astragalus* и отсутствие рода *Oxytropis* на отвалах, вероятно, связано со затруднениями в распространении семян бобовых – семена тяжелые, прорастают не каждый год, часто повреждаются вредителями (Воронкова и Холина, 2017).

Заселение вскрышных отвалов происходило за счет местной флоры. Например, на отвале разреза «Черногорский» преобладало разнотравье, а также злаки: *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv. и *Hordeum jubatum* L. На плато доминировали *Salsola collina*, *Artemisia sieversiana* Willd., *Agropyron*

*pectinatum*, *Erysimum cheiranthoides* L., на северном склоне – *Salsola collina*, *Hordeum jubatum*, *Agropyron pectinatum*, на восточном склоне – *Artemisia tanacetifolia* L., *Salsola collina*, *Leonurus glaucescens* Bunge (Доронькин и др., 2019). Практически все указанные виды обнаружены и на отвалах.

Для сравнения флоры отвалов угольных разрезов Хакасии со степными сообществами мы использовали современный конспект флоры высших сосудистых растений для степей Усть-Абаканского и Алтайского районов Хакасии (Анкипович и Лагунова, 2015), дополненный видами из работ других авторов (Курбатский, 2016; Эбель и др., 2020; Шауло и др., 2019). Флора всех хакасских степей, в том числе Уйбатской и Койбальской, включает 530 видов, или одну треть всей флоры Хакасии. По сравнению с флорами островных степей Алтая, Забайкалья и Якутии (Куминова и др., 1976) число видов рассматриваемой флоры можно считать достаточно высоким, при этом общая таксономическая структура этих регионов, с одной стороны, и Уйбатской и Койбальской степи, с другой, имеет определенное сходство. В работе А.В. Куминовой и др. (1976) указывается, что семейство Fabaceae может изменять свою позицию (в естественных мелкодерновинных степях виды этого семейства опережают по количеству видов семейство Rosaceae). Первые два семейства (Asteraceae и Poaceae) типичны для степей Хакасии. Остальные могут уступать третье место семейству Brassicaceae и шестое – семейству Lamiaceae.

## Заключение

Восстановление растительного покрова отвалов «Изыхский» и «Черногорский» в субаридной зоне Хакасии происходит через ряд сукцессионных смен, для каждой из которых характерно изменение видовой и пространственной структуры сообществ. Выявлены три стадии сукцессии, наиболее распространены сложные сообщества. На нарушенных землях открытых угольных разработок в субаридной зоне Хакасии формируется преимущественно ксеромезофитная травянистая и древесно-кустарниковая растительность.

Флора высших сосудистых растений обследованных отвалов угольных разрезов в субаридной зоне Хакасии отличается от флоры степей Хакасии и включает 363 вида из 207 родов (из них наиболее многочисленны *Artemisia*, *Potentilla*, *Poa*) и 53 семейств, типичных для бореальной флоры умеренных широт (Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Brassicaceae, Fabaceae). Во флоре отвалов преобладали евро-азиатские виды. С ходом сукцессии доля голарктических видов и космополитов уменьшилась, а процент сибирских видов увеличился в 2.2 раза.

На стадии сложного фитоценоза флора отвалов угольных разрезов представлена видами зонального (лесного, степного), аazonального и адвентивного комплексов. В зависимости от условий и стадии сукцессии растительных сообществ на отвалах выявлены участки крупнодерновинной ковыльной и мелкодерновинной степей, фитоценозы лугового, лугово-степного и лесостепного типа, кустарниковые заросли и леса паркового типа, в основном из *Ulmus pumila*. Во флористическом составе отмечены сорные виды, что характерно в большей степени для начальной и средней стадий сукцессии и является индикатором антропогенной трансформации растительных сообществ. Биоморфологический анализ показал преобладание корневищных травянистых поликарпиков на всех стадиях сукцессии и уменьшение доли однолетников на стадии сложного фитоценоза. Преобладание травянистых поликарпиков (50–60%) характерно для растительности умеренного пояса, поскольку такие виды приспособлены к неблагоприятному зимнему сезону. На отвалах более трети видов являлись мезофитами, на втором месте находились мезоксерофиты, на третьем – ксерофиты. Понижение позиции ксерофитов на фоне увеличения числа мезофитов на отвалах, расположенных в степной зоне, может объясняться занятием временных экологических ниш сорной растительностью и изменением условий – появлением водоудерживающих горизонтов, созданием разновысотного антропогенного ландшафта.

## Список литературы

Анкипович, Е.С., Лагунова, Е.Г., 2015. Растительный мир Хакасии. Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан, Россия, 124 с.

Воронкова, Н.М., Холина А.Б., 2017. Биология прорастания и хранение семян эндемичных видов рода остролодка (*Oxytropis* DC., семейство Fabaceae) Сибири и Дальнего Востока России. *Вестник ДВО РАН* 2, 23–30.

Воронов, А.Г., 1963. Геоботаника. Высшая школа, Москва, СССР, 372 с.

- Горышина, Т.К., 1979. Экология растений. Высшая школа, Москва, СССР, 368 с.
- Доронькин, В.М., Сафронова, О.С., Ламанова, Т.Г., Шеремет, Н.В., 2019. Результаты исследования естественного восстановления растительного покрова на вскрышных отвалах, возникших в 2000-е годы в Республике Хакасия. *Уголь* 11, 94–97. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-11-94-97>
- Зверев, А.А., 2020. Методические аспекты применения фитоиндикационного анализа в изучении биоразнообразия. *Сибирский экологический журнал* 27 (4), 401–415. <http://www.doi.org/10.15372/SEJ20200401>
- Красноборов, И.М., Кашина, Л.И., Беглянова, М.И., Васильева, Е.М., Кольцова, В.Г. и др., 1979. Определитель растений Юга Красноярского края. Наука, Новосибирск, СССР, 669 с.
- Куминова, А.В., Зверева, Г.А., Маскаев, Ю.М., Павлова, Г.Г., Седельников, В.П. и др., 1976. Растительный покров Хакасии. Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, СССР, 127 с.
- Куприянов, А.Н., Манаков, Ю.А., Баранник, Л.П., 2010. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Гео, Новосибирск, Россия, 160 с.
- Курбатский, В.И., 2016. Флористические находки на Юге Средней Сибири. *Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета* 113, 64–67. <https://doi.org/10.17223/20764103.113.6>
- Лавриненко, А.Т., 2016. Особенности рекультивации техногенно разрушенных территорий в засушливых регионах угледобычи. *Материалы международной научной конференции «Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления»*. Новосибирск –Новокузнецк, Россия, 125–133.
- Ламанова, Т.Г., 1978. Анализ флоры каменистых степей Хакасии. В: Куминова, А.В. (ред.), *Геоботанические исследования в Западной и Средней Сибири*. Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, СССР, 193–209.
- Ламанова, Т.Г., Сафронова, О.С., 2013. Особенности естественного зарастания вскрышных отвалов в аридных районах Республики Хакасия. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки* 4, 11–19.
- Ламанова, Т.Г., Сафронова, О.С., Доронькин, В.М., Шеремет, Н.В., 2019. Модели распределения видового обилия растительных сообществ на вскрышных отвалах, возникших в 2000-е годы в Республике Хакасия. *Уголь* 12, 66–68. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-12-66-68>
- Лысанова, Г.И., 2000. Ландшафтная структура Минусинской котловины. *География и природные ресурсы* 4, 77–87.
- Мальшев, Л.И., 2012. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. Издательство СО РАН, Новосибирск, Россия, 640 с.
- Мальшев, Л.И., Пешкова, Г.А., 1984. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Наука, Новосибирск, СССР, 265 с.
- Манаков, Ю.А., Куприянов, А.Н., 2009. Диагностические критерии сингенетических сукцессий на отвалах Кузбасса. *Экология урбанизированных территорий* 2, 82–85.
- Манаков, Ю.А., Стрельникова, Т.О., Куприянов, А.Н., 2011. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Издательство СО РАН, Новосибирск, Россия, 168 с.

- Положий, А.В., 1964. Реликтовые и эндемичные виды бобовых во флоре Средней Сибири в аспекте ее послетретичной истории. *Известия Сибирского отделения АН СССР* 4 (1), 3–11.
- Самбуу, А.Д., 2014. Сукцессии растительных сообществ в травяных экосистемах Тувы. *Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук*. Новосибирск, Россия, 381 с.
- Сафронова, О.С., Ламанова, Т.Г., Шеремет, Н.В., 2018. Результаты исследования естественного восстановления растительного покрова на вскрышных отвалах, возникших в 1990-е годы в Республике Хакасия. *Уголь* 7, 68–71. <http://www.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-7-68-71>
- Сафронова, О.С., Ламанова, Т.Г., Шеремет, Н.В., Доронькин, В.М., Азев, В.А., 2022. Особенности видового состава серийных группировок, приуроченных к северным склонам вскрышных отвалов в аридных районах Хакасии (Разрез «Черногорский»). *Уголь* 9, 84–88. <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-84-88>
- Серебрякова, Т.И., 2006. Эколого-морфологическая классификация жизненных форм. В: Пинчук, Н.В. (ред.) *Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений*. Академкнига, Москва, Россия, 506–519.
- Степанов, Н.В., 2014. Сосудистые растения Приенисейских Саян: флористический и биоресурсный анализ. *Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук*. Красноярск, Россия, 792 с.
- Толмачев, А.И., 1965. Ареалы растений флоры СССР. Издательство Ленинградского университета, Ленинград, СССР, 190 с.
- Толмачев, А.И., 1974. Введение в географию растений. Издательство Ленинградского университета, Ленинград, СССР, 244 с.
- Уфимцев, В.И., Беланов, И.П., 2018. Восстановительные сукцессии лесных фитоценозов на отвалах Кедровского угольного разреза. *Сибирский лесной журнал* 6, 58–68. <http://www.doi.org/10.15372/SJFS20180605>
- Флора Сибири, 1988–2013. В 14 т. Красноборов, И.М., Кашина, Л.И., Шауло, Д.Н., Тимохина, С.А., Ханминчун, В.М. и др. Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, СССР – Россия.
- Черосов, М.М., Зверев, А.А., 2000. Программа IBIS и единое информационное образовательное и научное пространство флористов и фитоценологов РФ. *Материалы конференции «Информационные технологии в управлении и учебном процессе вуза»*. Владивосток, Россия, 149–151.
- Шауло, Д.Н., Зыкова, Е.Ю., Шмаков, А.И., Тупицына, Н.Н., Молокова, Н.И. и др., 2019. Флористические находки на юге Средней Сибири: Красноярский край, Республики Хакасия, Тыва. *Turczaninowia* 22 (2), 80–93. <http://www.doi.org/10.14258/turczaninowia.22.2.4>
- Шауло, Д.Н., Зыкова, Е.Ю., Шмаков, А.И., Тупицына, Н.Н., Сонникова, А.Е. и др., 2020. Адвентивные виды во флоре Верхнего Енисея. *Turczaninowia* 23 (2), 49–58. <http://www.doi.org/10.14258/turczaninowia.23.2.7>
- Эбель, А.Л., Шереметова, С.А., Хрусталева, И.А., Стрельникова, Т.О., Михайлова, С.И., Эбель, Т.В., 2020. К изучению чужеродных видов во флоре Хакасии. *Материалы VII Международной научной конференции, посвященной 135-летию Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета и 170-летию со дня рождения П.Н. Крылова «Проблемы изучения растительного покрова Сибири»*. Томск, Россия, 157–159. <http://www.doi.org/10.17223/978-5-94621-927-3-2020-49>

Ankipovich, E., Lagunova, E., Barsukova, I., Leonova, T., 2019. A study of the overburden dumps flora at Chernogorsky quarry. *BIO web of conferences* 16, 00001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191600001>

## References

Ankipovich, E.S., Lagunova, E.G., 2015. Rastitel'nyi mir Khakasii [Flora of Khakassia]. Katanov State University, Abakan, Russia, 124 p. (In Russian).

Ankipovich, E., Lagunova, E., Barsukova, I., Leonova, T., 2019. A study of the overburden dumps flora at Chernogorsky quarry. *BIO web of conferences* 16, 00001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191600001>

Cherosov, M.M., Zverev, A.A., 2000. Programma IBIS i edinoe informatsionnoe obrazovatel'noe i nauchnoe prostranstvo floristov i fitotsenologov RF [The IBIS program and the unified information, educational, and scientific space for florists and phytocenologists of the Russian Federation]. *Materialy konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v upravlenii i uchebnom protsesse vuza» [Proceedings of the conference «Information technologies in the management and educational process of the university»]*. Vladivostok, Russia, 149–151. (In Russian).

Doron'kin, V.M., Safronova, O.S., Lamanova, T.G., Sheremet, N.V., 2019. Rezul'taty issledovaniia estestvennogo vosstanovleniia rastitel'nogo pokrova na vskryshnykh otvalakh, vznikshikh v 2000-e gody v Respublike Khakassii [The results of the study of natural revegetation on overburden piles, resulting in 2000 years in the republic of Khakassia]. *Ugol' [Russian Coal Journal]* 11, 94–97. (In Russian). <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-11-94-97>

Ebel', A.L., Sheremetova, S.A., Khrustaleva, I.A., Strel'nikova, T.O., Mikhailova, S.I., Ebel', T.V., 2020. K izucheniiu chuzherodnykh vidov vo flore Khakasii [To the study of alien species in the flora of Khakassia]. *Materialy VII Mezhdunarodnoĭ nauchnoĭ konferentsii, posviashchennoi 135-letiiu Gerbariia im. P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta i 170-letiiu so dnia rozhdeniia P.N. Krylova «Problemy izucheniia rastitel'nogo pokrova Sibiri» [Proceedings of the VII International Scientific Conference dedicated to the 135th anniversary of the P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University and the 170th anniversary of P.N. Krylov's birth «Problems of studying the vegetation cover of Siberia»]*. Tomsk, Russia, 157–159. (In Russian). <http://www.doi.org/10.17223/978-5-94621-927-3-2020-49>

Flora Sibiri. V. 14 tomakh [Flora of Siberia. In 14 volumes], 1988–2013. Krasnoborov, I.M., Kashina, L.I., Shaulo, D.N., Timokhina, S.A., Khanminchun et al. Nauka, Siberian Branch, Novosibirsk, USSR, Russia. (In Russian).

Goryshina, T.K., 1979. Ekologiya rastenii [Plant ecology]. Vysshaya shkola, Moscow, USSR, 368 p. (In Russian).

Krasnoborov, I.M., Kashina, L.I., Beglianova, M.I., Vasil'eva, E.M., Kol'tsova, V.G. et al., 1979. Opredelitel' rastenii Yuga Krasnoarskogo kraia [Identification of plants of the southern Krasnoyarsk Territory]. Nauka, Novosibirsk, USSR, 669 p. (In Russian).

Kuminova, A.V., Zvereva, G.A., Maskaev, Iu.M., Pavlova, G.G., Sedel'nikov, V.P. et al., 1976. Rastitel'nyi pokrov Khakasii [Vegetation cover of Khakassia]. Nauka, Siberian Branch, Novosibirsk, USSR, 127 p. (In Russian).

Kupriianov, A.N., Manakov, Iu.A., Barannik, L.P., 2010. Vosstanovlenie ekosistem na otvalakh gornodobyvaiushchei promyshlennosti Kuzbassa [Restoring ecosystems at mining waste dumps in Kuzbass]. Geo, Novosibirsk, Russia, 160 p. (In Russian).

- Kurbatskiy, V.I., 2016. Floristicheskie nakhodki na luge Srednei Sibiri [Floristic records in the south of Central Siberia]. *Sistemicheskie zametki po materialam Gerbariia im. P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Systematic notes on the materials of P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University]* **113**, 64–67. (In Russian). <http://www.doi.org/10.17223/20764103.113.6>
- Lavrinenko, A.T., 2016. Osobennosti rekul'tivatsii tekhnogenno razrushennykh territorii v zasushlivykh regionakh ugledobychi [Features of reclamation of man-made destroyed territories in arid coal mining regions]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Prirodno-tekhnogennyye komplekсы: sovremennoe sostoianie i perspektivy vosstanovleniia». [Proceedings of the international scientific conference «Natural and man-made complexes: current state and restoration prospects»].* Novosibirsk – Novokuznetsk, Russia, 125–133. (In Russian).
- Lamanova, T.G., 1978. Analiz flory kamenistykh stepei Khakasii [Analysis of the flora of the rocky steppes of Khakassia]. In: Kuminova, A.V. (ed.), *Geobotanicheskie issledovaniia v Zapadnoi i Srednei Sibiri [Geobotanical research in Western and Central Siberia]*. Nauka, Siberian Branch, Novosibirsk, USSR, 193–209. (In Russian).
- Lamanova, T.G., Safronova, O.S., 2013. Osobennosti estestvennogo zarastaniia vskryshnykh otvalov v aridnykh raionakh Respubliki Khakasii [Pattern of natural plant colonization of open-cut spoil banks in the arid regions of the Khakassia republic]. *Sibirskii vestnik sel'skokhoziaistvennoy nauki [Siberian Herald of Agricultural Science]* **4**, 11–19. (In Russian).
- Lamanova, T.G., Safronova, O.S., Doron'kin, V.M., Sheremet, N.V., 2019. Modeli raspredeleniia vidovogo obilii rastitel'nykh soobshchestv na vskryshnykh otvalakh, vznikshikh v 2000-e gody v Respublike Khakasii [The distribution model of species abundance in plant communities on overburden dumps that occurred in 2000-ies in the Republic of Khakassia]. *Ugol' [Russian Coal Journal]* **12**, 66–68. (In Russian). <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-12-66-68>
- Lysanova, G.I., 2000. Landshaftnaia struktura Minusinskoi kotloviny [Landscape structure of the Minusinsk Basin]. *Geografiia i prirodnye resursy [Geography and Natural Resources]* **4**, 77–87. (In Russian).
- Malyshev, L.I., 2012. Konspekt flory Aziatskoi Rossii: Sosudistye rasteniia [Conspectus florae Rossiae Asiaticae: plantae vasculares]. Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, 640 p. (In Russian).
- Malyshev, L.I., Peshkova, G.A., 1984. Osobennosti i genezis flory Sibiri (Predbaikal'e i Zabaikal'e) [Features and genesis of the flora of Siberia (Pre-Baikal and Transbaikal)]. Nauka, Novosibirsk, USSR, 265 p. (In Russian).
- Manakov, Yu.A., Kupriianov, A.N., 2009. Diagnosticheskie kriterii singeneticheskikh suksessii na otvalakh Kuzbassa [Diagnostic criteria for syngenetic successions in Kuzbass dumps]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii [Ecology of Urban Areas]* **2**, 82–85. (In Russian).
- Manakov, Yu.A., Strel'nikova, T.O., Kupriianov, A.N., 2011. Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa [Formation of vegetation cover in technogenic landscapes of Kuzbass]. Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, 168 p. (In Russian).
- Polozhii, A.V., 1964. Reliktovye i endemichnye vidy bobovykh vo flore Srednei Sibiri v aspekte ee posletretichnoi istorii [Relict and endemic species of legumes in the flora of Central Siberia in the aspect of its post-Tertiary history]. *Izvestiia Sibirskogo otdeleniia AN SSSR [News of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences]* **4** (1), 3–11. (In Russian).
- Sambuu, A.D., 2014. Suksessii rastitel'nykh soobshchestv v travianykh ekosistemakh Tuvy [Succession of plant communities in Tuva's grassland ecosystems]. *Doctor of Sciences in Biology thesis*. Novosibirsk, Russia, 381 p. (In Russian).

- Safronova, O.S., Lamanova, T.G., Sheremet, N.V., 2018. Rezul'taty issledovaniia estestvennogo vosstanovleniia rastitel'nogo pokrova na vskryshnykh otvalakh, vznikshikh v 1990-e gody v Respublike Khakasiia [The results of the study of natural regeneration of vegetation cover on overburden dumps in the Republic of Khakassia, which emerged in the 90-years of the twentieth century]. *Ugol' [Russian Coal Journal]* 7, 68–71. (In Russian). <http://www.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-7-68-71>
- Safronova, O.S., Lamanova, T.G., Sheremet, N.V., Doronkin, V.M., Azev, V.A., 2022. Osobnosti vidovogo sostava seriinykh gruppirovok, priurochennykh k severnym sklonam vskryshnykh otvalov v aridnykh raionakh Khakassii (Razrez «Chernogorskii») [Species composition features of serial groupings on the north slopes of open-cut spoil dumps in arid regions of Khakassia («Chernogorsky» coal mine)]. *Ugol' [Russian Coal Journal]* 9, 84–88. (In Russian). <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-84-88>
- Serebriakova, T.I., 2006. Ekologo-morfologicheskaiia klassifikatsiia zhiznennykh form [Ecological and morphological classification of life forms]. In: Pinchuk, N.V. (ed.), *Botanika s osnovami fitotsenologii: Anatomii i morfologiiia rastenii [Botany with fundamentals of phytocoenology: anatomy and morphology of plants]*. Akademkniga, Moscow, Russia, 506–519.
- Stepanov, N.V., 2014. Sosudistye rasteniia Prieniseiskikh Saian: floristicheskii i bioresursnyi analiz [Vascular plants of the Yenisei Sayan Mountains: floristic and bioresource analysis]. *Doctor of Sciences in Biology thesis*. Krasnoyarsk, Russia, 792 p. (In Russian).
- Shaulo, D.N., Zykova, E.Yu., Shmakov, A.I., Tupitsyna, N.N., Molokova, N.I. et al., 2019. Floristicheskie nakhodki na iuge Srednei Sibiri: Krasnoiarskii krai, Respubliki Khakasiia, Tyva [Floristic findings in south of Central Siberia: Krasnoyarsk Territory, Republics of Khakassia and Tuva]. *Turczaninowia* 22 (2), 80–93. (In Russian). <http://www.doi.org/10.14258/turczaninowia.22.2.4>
- Shaulo, D.N., Zykova, E.Yu., Shmakov, A.I., Tupitsyna, N.N., Sonnikova, A.E. et al., 2020. Adventivnye vidy vo flore Verkhnego Eniseia [Adventive species in the flora of the Upper Yenisei]. *Turczaninowia* 23 (2), 49–58. (In Russian). <http://www.doi.org/10.14258/turczaninowia.23.2.7>
- Tolmachev, A.I., 1965. Arealy rastenii flory SSSR [Plant habitats of the USSR flora]. Leningrad University Publishing House, Leningrad, USSR, 190 p. (In Russian).
- Tolmachev, A.I., 1974. Vvedenie v geografiu rastenii [Introduction to plant geography]. Leningrad University Publishing House, Leningrad, USSR, 244 p. (In Russian).
- Ufimtsev, V.I., Belanov, I.P., 2018. Vosstanovitel'nye suksessii lesnykh fitotsenozov na otvalakh Kedrovskogo ugol'nogo razreza [Progressive successions of forest phytocenosis on the dumps of kedrovskiy coal mine]. *Sibirskii lesnoi zhurnal [Siberian Journal of Forest Science]* 6, 58–68. (In Russian). <http://www.doi.org/10.15372/SJFS20180605>
- Voronkova, N.M., Kholina, A.B., 2017. Biologiiia prorastaniia i khranenie semian endemichnykh vidov roda ostrolodka (*Oxytropis* DC., semeistvo Fabaceae) Sibiri i Dal'nego Vostoka Rossii [Germination biology and seed storage of endemic species of crazyweed genus (*Oxytropis* DC., Fabaceae family) from Siberia and Russian Far East]. *Vestnik DVO RAN [Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences]* 2, 23–30. (In Russian).
- Voronov, A.G., 1963. Geobotanika [Geobotany]. Vusshaya shkola, Moscow, USSR, 372 p. (In Russian).
- Zverev, A.A., 2020. Metodicheskie aspekty primeneniia fitoindikatsionnogo analiza v izuchenii bioraznoobraziia [Methodological aspects of indicator values use in biodiversity analysis]. *Sibirskii ékologicheskii zhurnal [Siberian Journal of Ecology]* 27 (4), 401–415. (In Russian). <http://www.doi.org/10.15372/SEJ20200401>