ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2407
https://elibrary.ru/GEUWOO

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Оценка развития растительности техногенного отвала

Г. Я. Степанюк*, А. В. Заушинцена, С. С. Буренков, С. В. Свиркова, А. А. Гаврилов, М. А. Осинцева

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 07.11.2022
Принята после рецензирования: 28.11.2022
Принята к публикации: 06.12.2022

**Г. Я. Степанюк: gstepanjuk@ngs.ru, https://orcid.org/0000-0003-3035-9404*
А. В. Заушинцена: https://orcid.org/0000-0003-4645-828X
С. С. Буренков: https://orcid.org/0000-0001-7591-1413
С. В. Свиркова: https://orcid.org/0000-0001-5707-4746
М. А. Осинцева: https://orcid.org/0000-0002-4045-8054

© Г. Я. Степанюк, А. В. Заушинцена, С. С. Буренков, С. В. Свиркова, А. А. Гаврилов, М. А. Осинцева, 2022

Аннотация.
Для обеспечения стабильного лесовозобновления на отвалообразованиях вскрышных пород угольных разрезов необходимо применять комплексные методики восстановления растительности. Оценка современного состояния нарушенных территорий связана с грамотной и четкой рекультивацией. Цель работы заключалась в изучении особенностей формирующейся растительности на территории природно-техногенных объектов.
Объектами исследования являлись пионерные группировки растительности, образованные летом 2021 г. на склоне угольного отвала и окружающего фонового пространства территории «Талдинский угольный разрез» (Кемеровская область – Кузбасс). Был проведен широкий спектр инженерно-геологических изысканий. В исследовании использовали комплекс методов общей геоботанической оценки территории, а также анализ видового состава растений, их таксономической, биоморфологической и экологической структуры. Для работы привлечены данные дистанционного зондирования.
Были представлены результаты маршрутных рекогносцировочных исследований на участках самозарастающих отвалов. Общее проективное покрытие на месте ненарушенной территории колеблется в пределах 70–75 %. Был отмечен мозаичный несомкнутый растительный покров. В рамках изучения лесных экосистем техногенного объекта обнаружили 101 вид растений, принадлежащих к 33 семействам. Максимальное видовое разнообразие выявлено в семействах *Asteraceae* (13 видов), Fabaceae (11 видов), *Poaceae* (8 видов), *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Ranunculaceae* и *Rosaceae* (по 5 видов). В семействах растений *Apiaceae*, *Boraginaceae*, *Campanulaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Euphorbiaceae*, *Equisetaceae*, *Pinaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae* и *Scrophulariaceae* выделено по 2–4 вида. В работе проведено изучение и оценка растительности отвала угольного разреза «Талдинский». Данный отвал имеет характер техногенно нарушенного с признаками снижения видового и биоморфологического разнообразия, а также трансформации соотношения экологических групп и увеличения доли сорной растительности по сравнению с фоновым фитоценозом. Такой тип растительности соответствует первой стадии образования и развития флоры на техногенных территориях – стадии разреженной пионерной растительности.

Ключевые слова. Техногенный субстрат, рекультивация, нарушенные земли, биоремедиация, растительность, разрез, отвал, охрана окружающей среды

Финансирование. Работа ведется в рамках Распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р, комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» («Чистый уголь – зеленый Кузбасс») и мероприятия 3.1 «Экополигон мирового уровня технологий рекультивации и ремедиации» (соглашение № 075-15-2022-1200 от 28.09.2022 г.).

Для цитирования: Оценка развития растительности техногенного отвала / Г. Я. Степанюк [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 4. С. 807–818. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2407

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2407
https://elibrary.ru/GEUWOO

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Evaluating the Vegetation Development of Coal-Mine Dumps

Galina Ya. Stepanyuk*, Alexandra V. Zaushintsena, Sergey S. Burenkov, Svetlana V. Svirkova, Alexandr A. Gavrilov, Maria A. Osintseva

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received: 07.11.2022
Revised: 28.11.2022
Accepted: 06.12.2022

**Galina Ya. Stepanyuk: gstepanjuk@ngs.ru, https://orcid.org/0000-0003-3035-9404*
Alexandra V. Zaushintsena: https://orcid.org/0000-0003-4645-828X
Sergey S. Burenkov: https://orcid.org/0000-0001-7591-1413
Svetlana V. Svirkova: https://orcid.org/0000-0001-5707-4746
Maria A. Osintseva: https://orcid.org/0000-0002-4045-8054

© G.Ya. Stepanyuk, A.V. Zaushintsena, S.S. Burenkov, S.V. Svirkova, A.A. Gavrilov, M.A. Osintseva, 2022

Abstract.
Reforestation of overburden coal dumps requires new, complex reclamation methods. Competent and well-planned reclamation projects ensure a positive current-state evaluation of disturbed areas. The research objective was to describe the new vegetation that appears on natural areas after industrial disturbance.
The study involved pioneer plant communities that developed on a coal dump slope on the Taldinskiy coal field, Kuzbass, in the summer of 2021.The research involved a wide range of engineering and geological surveys, as well as a set of methods of geobotanical, taxonomic, biomorphological, and ecological analyses. The data were obtained by remote sensing.
The route reconnaissance of coal dumps with uncontrolled vegetation revealed the following results. The total plant cover on undisturbed areas had a mosaic pattern and ranged from 70 to 75%. The forest plat communities consisted of 101 plant species and 33 families. The maximal species diversity belonged to the following families: *Asteraceae* – 13 species, *Fabaceae* – 11 species, *Poaceae* – 8 species, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Ranunculaceae*, and *Rosaceae* – 5 species, *Apiaceae*, *Boraginaceae*, *Campanulaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Euphorbiaceae*, *Equisetaceae*, *Pinaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae*, and *Scrophulariaceae* – 2–4 species.
The Taldinskiy coal field dump was evaluated as a technogenically disturbed site with a low biomorphological and species diversity. It had a larger share of weeds, and its ratio of plant communities differed from the background phytocenosis. The type of vegetation corresponded to the first stage of plant development on technogenic areas and was defined as the stage of sparse pioneer vegetation

Keywords. Technogenic substrate, reclamation, disturbed lands, bioremediation, vegetation, open mine, dump, environmental protection

Funding. The research was part of a comprehensive scientific innovative program initiated by Russian Federation Government Decree No. 1144-r, May 11, 2022: “Developing and implementing new technologies in the E&P of solid minerals, industrial safety, bioremediation, and product development of deep coal processing: a consistent reduction of environmental impact and hazards” (Clean Coal – Green Kuzbass), Stage 3.1: An ecological test-site of world-class reclamation and remediation technologies (Agreement No. 075-15-2022-1200, September 28, 2022).

For citation: Stepanyuk GYa, Zaushintsena AV, Burenkov SS, Svirkova SV, Gavrilov AA, Osintseva MA. Evaluating the Vegetation Development of Coal-Mine Dumps. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(4):807–818. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-4-2407

Введение

С ростом промышленных предприятий увеличивается доля антропогенно-нарушенных земель, трансформируя условия существования объектов живой природы [1–3]. Это определяет значимость изучения вопросов, связанных с влиянием породных отвалов на окружающую среду, и процессов формирования растительности в специфических эдафических условиях отвалов угледобывающих предприятий [4–6]. Натурные

наблюдения за состоянием растительных сообществ на нарушенных территориях позволяют оценить сукцессионный процесс формирующегося фитоценоза. Это полезно для разработки методов проведения биологической рекультивации антропогенно нарушенных земель и оценки их эффективности [7–10]. Особенно это актуально для территорий крупных горнопромышленных регионов, в том числе Кузбасса.

В научной литературе подчеркивается важность изучения процессов естественного возобновления растительности, закономерностей формирования и развития фитоценозов и динамики видового состава на нарушенных промышленностью территориях. Особое внимание отводится анализу особенностей восстановления растительных группировок на техногенных отвалах и определению устойчивости к негативным факторам окружающей среды [11].

Цель исследования – изучение степени деградации растительности и особенностей формирующейся растительности на территории техногенного объекта.

Объекты и методы исследования

Предметом исследования являлись пионерные группировки на склоне угольного отвала и окружающей фоновой территории разреза «Талдинский угольный разрез» (Прокопьевский муниципальный округ, Кемеровская область – Кузбасс), сформированные летом 2021 г. Данная территория относится к Алтае-Саянскому горно-таежному лесорастительному району, который входит в состав Южно-Сибирской горной лесорастительной зоны Российской Федерации [12].

«Талдинский угольный разрез» (рис. 1) был сдан в эксплуатацию в 1986 г. По данным компании «Кузбассразрезуголь», он является крупнейшим угледобывающим предприятием Кузбасса, практикующим открытый способ добычи полезных ископаемых. Разрез расположен в центральной части Ерунаковского геолого-экономического района Кемеровской области. Рельеф местности представлен четко выраженной холмистой поверхностью, изрезанной речной сетью. Перепады высотных отметок достигают от 60 до 150 м. В границах участка рельеф нарушен горными работами. Ландшафт района относится к слабозалесенной лесостепи. Почвенный покров района включает почвы (в скобках приведены названия почв по World Reference Base): оподзоленные черноземы (Grey-Luvic Phaeozems/ Luvic Chernozems), темно-серые и серые лесные (Grey-Luvic Phaeozems), в понижениях рельефа – лугово-черноземные, черноземно-луговые (Gleyic Chernozems), луговые и лугово-болотные (Folic & Umbric Gleysols), в поймах рек – аллювиальные болотные (Fluvisols) [13]. Почвообразующие породы – лессовидные карбонатные глины и суглинки, делювиальные бескарбонатные глины и суглинки, аллювиальные отложения.

Рисунок 1. «Талдинский угольный разрез» на спутниковом снимке

Figure 1. Taldinskiy coal mine field: satellite image

Согласно ботанико-географическому районированию Кемеровской области (по С. Д. Тивякову, 1984 г.) территория расположения рассматриваемого объекта относится к Инско-Томскому таежно-лесостепному району. На ненарушенной территории представлена лесная растительность в виде участков березовых, березово-осиновых и осиново-пихтовых лесов с единичными включениями ели. Присутствует луговая растительность с преобладанием злаково-разнотравных лугов. Южные и юго-западные склоны рек и логов обычно безлесые или залесены по вершинам логов. Северные склоны сильно залесены осинником и березняком с включениями хвойных пород [14].

Поверхность исследуемого отвала рекультивирована частично и находится в состоянии самозарастания после планирования горно-технического этапа рекультивационных работ. Уклон поверхности зарастающего отвала составляет 25–30°.

При изучении естественного возобновления растительного покрова на данной территории нами выполнены маршрутные рекогносцировочные исследования. Проводилась общая геоботаническая оценка территории. Описали видовой состав растений, определили общее проективное покрытие, отметили обилие видов, их высоту и фенологическую фазу. Уточнялись особенности распределения растительного покрова. В камеральных условиях осуществлялось определение видового состава, а также анализ его таксономической, биоморфологической и экологической структуры. Проводился анализ хозяйственного значения выявленных растений. Обилие видов оценивали глазомерным способом в соответствии со шкалой О. Друде. В качестве меры флористического сходства обследованных участков использовали коэффициент Жаккара, который вычисляли по формуле [15, 16]:

$$K_j = c / a + b - c \quad (1)$$

где K_j – коэффициент флористической общности (коэффициент Жаккара); a – число видов на первом участке; b – число видов на втором участке; c – число общих видов для обоих сравниваемых участков.

Индекс общности Чекановского-Съеренсена рассчитывали по формуле:

$$I_{cs} = 2n \cdot 100 / N_1 + N_2 \quad (2)$$

где N_1 и N_2 – число видов на обследуемых участках; n – число видов, встречаемых на обеих территориях.

Видовые названия растений и данные о видах приведены в соответствии с определителем растений Кемеровской области и материалами открытого онлайн атласа и определителя растений «Плантариум» [17, 18].

Результаты и их обсуждение

В ходе маршрутных рекогносцировочных исследований на территории самозарастающих отвалов отмечен мозаичный несомкнутый растительный покров (рис. 2).

Всего обнаружено 34 вида высших сосудистых растений, принадлежащих к 16 семействам (табл. 1). Почти все они относятся к цветковым (*Magnoliophyta*). Исключение составляет только хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), который является представителем высших споровых растений из отдела хвощевидные (*Equisetophyta*).

Наибольшее число видов отмечено в семействе *Asteraceae* – 9. Остальные семейства представлены меньшей численностью: *Fabaceae* и *Poaceae* – 3, *Boraginaceae*, *Brassicaceae*, *Campanulaceae*, *Chenopodiaceae* и *Rosaceae* – 2, *Apiaceae*, *Equisetaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lamiaceae*, *Onagraceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae* и *Scrophulariaceae* – 1.

Анализ данных позволил выделить в качестве доминирующего компонента формирующегося фитоценоза разнотравье с преобладанием представителей семейства *Asteraceae*.

Некоторые из выделенных видов относятся к типичным представителям растений, выявленных при проектировании филиала разреза на ненарушенной территории. Среди них *Chenopodium album* L., *Dactylis glomerata* L., *E. arvense* L., *Leucanthemum vulgare* Lam. и *Taraxacum officinale* Wigg.

Основная часть обнаруженных видов (91 %) – аборигенные, характерные для исторически сложившейся флоры данного района. Только 4 вида (*Lactuca serriola* L., *Pastinaca sylvestris* Mill., *Trifolium hybridum* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) являются адвентивными и вошли в список Черной книги флоры Сибири (2016 г.) с разным статусом. Последние проявляются как виды, активно внедряющиеся в естественные сообщества (*T. hybridum* L. – статус 2), или как растения, расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных, полуестественных и естественных местообитаниях (*T. inodorum* (L.) Sch. Bip. и *P. sylvestris* L. – статус 2, *L. serriola* L. – статус 3).

Рисунок. 2. Участок территории угольного отвала годичной давности

Figure 2. One-year-old coal dump site

Таблица 1. Таксономический состав техногенного отвала

Table 1. Taxonomic composition of the coal dump

Семейство	Количество видов, шт.	Доля от общего числа видов, %
Apiaceae	1	2,9
Asteraceae	9	26,5
Boraginaceae	3	8,9
Brassicaceae	2	5,9
Campanulaceae	2	5,9
Chenopodiaceae	2	5,9
Equisetaceae	1	2,9
Euphorbiaceae	1	2,9
Fabaceae	3	8,9
Lamiaceae	1	2,9
Onagraceae	1	2,9
Poaceae	3	8,9
Polygonaceae	1	2,9
Rosaceae	2	5,9
Salicaceae	1	2,9
Scrophulariaceae	1	2,9
Всего	34	100,0

Согласно данным научной литературы первыми заселяют обнаженные пространства типичные сорные однолетники и двулетники. Эти растения неприхотливы, отличаются высокой воспроизводительной способностью и образуют пионерные группировки [11].

Растения на обследованном участке относятся к разнообразным жизненным формам (табл. 2).

Большинство видов (63,6 %) принадлежит к многолетним травянистым растениям. Преимущественно (8 видов) это корневищные растения, формирующие короткое (например, *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Artemisia vulgaris* L. и *Sanguisorba officinalis* L.) или длинное корневище (например, *E. arvense* L., *Inula salicina* L., *Medicago falcata* L., *Sonchus arvensis* L. и *Tussilag farfara* L.). Пять видов относится к корнеотпрысковым (*Chamerion angustifolium* (L.) Scop., *Cirsium setosum* (Willd.) Besser., *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit., *L. vulgare* Lam. и *Linaria vulgaris* Mill.), по три – к стержнекорневым (*Adenophora liliifolia* (L.) A. DC., *Campanula trachelium* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth и *T. officinale* F.H. Wigg.) и дерновинным (*Agrostis tenuis* Sibth., *D. glomerata* L. и *Phleum pratense* L.), один – к наземно-ползучим травам (*T. hybridum* L.). Пять видов (*C. album* L., *Galeopsis bifida* L., *Polygonum aviculare* L., *Salsola collina* Pall. и *Thlaspi arvense* L.) принадлежит к однолетникам, два (*P. sylvestris* Mill. и *Melilotus officinalis* (L.) Pall.) – к двулетним растениям. Остальные виды могут быть представлены одно- или двулетними формами (*Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Myosotis arvensis* (L.) Hill и *T. inodorum* (L.) Sch. Bip.).

Для выявления приспособлений растений к удержанию площади обитания и их разрастанию применяется анализ жизненных форм по классификации, предложенной Г. М. Зозулиным [9, 19, 20]. На исследуемой территории были обнаружены представители рестативной группы растений (*A. pilosa* Ledeb, *D. glomerata* L., *T. hybridum* L. и др.), т. е. многолетники, способные при уничтожении надземных частей возобновлять рост за счет сохранившихся почек возобновления, препятствуя расселению других особей на их месте. Выявлены виды иррупитивной группы растений (*C. setosum* (Willd.) Besser, *I. salicina* L., *S. officinalis* L. и др.), которые, являясь многолетними, способны возобновляться при уничтожении надземных частей за счет надземных или подземных побегов, функционирующих в качестве органов вегетативного размножения. За счет этих органов особи вторгаются на площадь обитания других растений. К вагативной группе относятся виды *S. collina* Pall., *T. arvense* L. и другие однолетние и двулетние растения, расселяющиеся только семенами и не удерживающие за отдельными особями площади обитания. Большинство растений, заселяющих отвал, принадлежит к группе иррупитивных – почти половина видов, т. е. 45,5 % от общего числа. Рестативных и вагативных растений было выявлено одинаковое число – по 9 видов, т. е. 27,3 %.

Растения, произрастающие на обследованном участке, различаются по отношению к условиям увлажнения, освещения и почвенного питания. Более 70 % видов предпочитают условия умеренного увлажнения: *A. liliifolia* (L.) A. DC., *C. trachelium* L., *Medicago falcate* L. и др. (табл. 3). По четыре вида относится к ксеромезофитам (*L. vulgare* Lam., *L. vulgaris* Mill., *M. officinalis* (L.) Pall. и *M. arvensis* (L.) Hill) и гигромезофитам (*C. angustifolium* (L.) Scop., *Phleum pretense* L., *S. officinalis* L. и *T. arvense* L.). Один вид – *S. collina* Pall. – хорошо приспособлен к условиям дефицита влаги.

По отношению к свету большая часть растений (20 видов) являются гелиофитами, 12 видов относится к сцио-гелиофитам, только 2 вида относятся к сциофитам (*Agrimonia pilosa* Ledeb. и *C. trachelium* L.).

На обследованной территории выявлено 24 вида, относящихся к мезотрофам. Из них 3 вида могут встречаться на обедненных субстратах (*A. tenuis* Sibth., *T. officinale* F.H. Wigg. и *T. arvense* L.), а 11 видов (*A. vulgaris* L., *C. album* L., *G. bifida* L., *I. salicina* L., *M. falcata* L., *M. officinalis* (L.) Pall., *P. sylvestris* Mill.,

Таблица 2. Жизненные формы растений

Table 2. Plant life forms

Жизненная форма		Число видов, шт.	Доля от общего числа видов, %
Травянистые многолетние	Корневищные	8	23,5
	Корнеотпрысковые	5	14,7
	Стержнекорневые	4	11,8
	Дерновинные	3	8,8
	Наземноползучие	1	2,8
Однолетние		5	14,7
Одно- или двулетние		4	11,8
Двулетние		3	8,8
Кустарники		1	2,8
Всего		34	100,0

Таблица 3. Распределение видов по экологическим группам

Table 3. Plant species: ecological groups

Экологическая группа	Количество видов, шт.	Доля от общего числа видов, %
По отношению к влаге		
Ксерофиты	1	2,9
Мезоксерофиты	5	14,7
Мезофиты	24	70,6
Гигромезофиты	4	11,8
По отношению к свету		
Гелиофиты	20	58,8
Сциогелиофиты	12	35,3
Сциофиты	2	5,9
По отношению к питанию		
Олиготрофы	2	5,9
Олиготрофы, мезотрофы	3	8,8
Мезотрофы	10	29,4
Эвтрофы, мезотрофы	11	32,4
Эвтрофы	8	23,5

Таблица 4. Распределение видов по их хозяйственному значению

Table 4. Plant species: economic importance

Значение видов	Количество видов, шт.	Доля от общего числа видов, %
Лекарственные	67,6	66,7
Пищевые	55,9	57,6
Сорные	47,1	45,5
Кормовые	44,1	45,5
Медоносные	38,2	36,4
Технические	29,4	30,3
Декоративные	29,4	30,3
Культивируемые	26,5	27,3
Ядовитые	8,8	6,1
Всего	34	100,0

P. pratense L., *S. arvensis* L., *T. hybridum* L. и *T. inodorum* (L.) Sch. Bip.) распространяются на почвах с более высоким содержанием минеральных веществ. Семь видов проявляют качества эвтрофов, как *E. virgata* Waldst. & Kit., предпочитающий почвы с повышенным содержанием азота. Два вида является олиготрофами, среди которых выделяется *S. collina* Pall., которая хорошо развивается на засоленных почвах.

Анализ хозяйственной ценности растений отвала (табл. 4) показал, что наибольшее число видов относится к ценным лекарственным растениям – 22 вида (66,7 % от общего числа) (*A. pilosa* Ledeb., *S. officinalis* L., *T. farfara* L. и др.). Здесь находятся виды из групп пищевых – 19 (57,6 %) (*C. angustifolium* (L.) Scop., *P. sylvestris* Mill., *L. vulgare* Lam. и др.), кормовых (*A. tenuis* Sibth., *D. glomerata* L., *P. pratense* L. и др.) и сорных растений (*C. album* L., *P. aviculare* L., *T. arvense* L. и др.) – по 15 (45,5 %). Также представлены группы медоносных (12 видов, 36,4 %) (*M. falcata* L., *M. officinalis* (L.) Pall., *T. hybridum* L. и др.), технических (*E. arvense* L., *L. vulgaris* Mill., *Salix caprea* L. и др.) и декоративных растений (*A. liliifolia* (L.) A. DC., *C. trachelium* L., *L. vulgare* Lam. и др.) (по 10 видов, 30,3 %). Выявлено 2 вида (6,1%) с ядовитыми свойствами (*E. virgata* Waldst. & Kit. и *G. bifida* L.). Культивируемыми являются 9 видов (27,3 %): *A. liliifolia* (L.) A. DC., *A. tenuis* Sibth., *D. glomerata* L., *M. officinalis* (L.) Pall., *P. pretense* L., *S. caprea* L., *S. officinalis* L., *T. officinale* F.H. Wigg. и *T. hybridum* L.

Обилие растений в фитоценозе отражает показатель проективного покрытия: на исследуемой территории составило не более 15 %. Видовая насыщенность варьировалась от 3 до 8 видов на 100 м^2. Распространение растений по территории было неравномерным. Отмечена их приуроченность к более выположенным участкам склонов отвала. Большее их количество встречалось на участке, примыкающем к ненарушенной территории, где проективное покрытие составляло 10–15 %. По мере удаления от этой границы на поверхности отвала растения встречались в меньшем количестве, где на метровых площадках они могли произрастать в виде единичных экземпляров или отсутствовать полностью. Появление высших растений на данном участке в первый год связано с наличием в техногенном субстрате небольшого количества жизнеспособного семенного материала.

Согласно литературным данным наиболее быстро осваивают территорию в условиях нарушенного

почвенно-растительного покрова представители семейства сложноцветных (*Asteraceae*) [10]. По нашим наблюдениям, на долю видов этого семейства пришлось более 56 % растений от общего видового разнообразия.

Пионерные растительные группировки техногенно нарушенных территорий характеризуются низким проективным покрытием. В них отсутствуют взаимоотношения между растениями, для которых отмечается разрозненность произрастания. Количество видов невелико (в среднем составляет 14–15) и не подвержено существенному влиянию со стороны условий экотопов. Для этой стадии свойственно незначительное участие растений из состава зональной флоры [21, 22].

Зарастание отвала происходило непродолжительное время, поэтому наибольшее распространение на его территории получило растительное сообщество травянистого типа. Древесные растения здесь обнаружены лишь несколькими экземплярами *S. caprea* L. Это растительное сообщество является разнотравным и соответствует ранним этапам на пути восстановления растительности данной антропогенно нарушенной территории.

Растительные сообщества отвала на данном этапе могут характеризоваться как олигодоминантные с преобладанием видов *S. collina* и *T. farfara*, которые оказывают наибольшее влияние на облик растительности данной территории. Встречаемость этих видов близка к 75 %. Остальные виды (*C. album* L., *L. vulgare* Lam., *T. hybridum* L., *T. officinale* F.H. Wigg., *P. aviculare* L. и др.) имеют покрытие, не превышающее 5 %. Они встречаются рассеянно, стоят друг от друга довольно далеко или представлены единичными экземплярами. Встречаемость их составляет 40 % и менее. Мхов и лишайников не обнаружено.

Качественным показателем роли отдельных видов в растительном сообществе является характеристика оценки обилия видов [23, 24]. Анализ обилия видов растений, расселяющихся на отвале разреза Талдинский, показал, что пионерами освоения этой территории являются обычные синантропные растения, характеризующиеся высокой пластичностью и широкой экологической амплитудой.

По характеристикам обилия растения распределились в 5 групп, соответствующих градациям шкалы Друде (табл. 5). В наибольшем обилии (sp-cop1) встречались *S. collina* Pall. и *T. farfara* L. Роль этих растений в облике участка невелика, хотя они образуют вкрапления в формирующийся травостой. Реже встречался вид *C. angustifolium* (L.) Scop. с величиной обилия sp. В меньшем обилии (sol-sp) на участке были представлены *C. album* L., *M. falcata* L., *P. pratense* L., *P. aviculare* L. и *T. officinale* F.H. Wigg. Основная масса видов растений (73,5 % от общего числа) произрастала на поверхности отвала рассеянно (sol), единично встречаясь на учетных площадках. Локально была отмечена группа *S. caprea* L., обнаруженная на единственном небольшом участке, в окружении видов *M. officinalis* (L.) Pall., *T. hybridum* L. и *P. pratense* L.

В процессе естественного восстановления растительности техногенно-нарушенного ландшафта участвуют виды фоновой территории, включающие растения, существовавшие на ней еще до техногенной трансформации. Согласно документации видовое разнообразие ненарушенной территории района расположения угольных отвалов разреза Талдинский включает 127 видов растений [15]. В их число входит по 2 вида из отделов *Equisetophyta*, *Polypodiophyta* и *Pinophyta*. Наибольшее число видов относится к отделу *Magnoliophyta*. Максимальное видовое разнообразие представлено семействами *Asteraceae* и *Poaceae*, вмещавших по 16 видов (12,6 % от общего числа видов). По 9 % входят в семейства *Rosaceae* (12 видов) и *Fabaceae* (11 видов). 9 видов (7,1 %) относится к семейству *Brassicaceae*, 6 видов (4,7 %) – к семейству. Семейства *Euphorbiaceae*, *Solanaceae*, *Plantaginaceae*, *Boraginaceae* и *Lamiaaceae* представлены 2–3 видами (2 %). Представлено одним единственным видом большинство семейств из отдела цветковых, т. е. почти 40 % от числа всех семейств.

В ходе обследования участков естественной растительности, примыкающих к отвалу, обнаружено 101 растение, принадлежащее к 33 семействам. Это виды лесной и луговой растительности, включающей элементы сорной флоры. Максимальное видовое разнообразие выявлено в семействах *Asteraceae* (13 видов), *Fabaceae* (11 видов), *Poaceae* (8 видов), *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Ranunculaceae* и *Rosaceae* (по 5 видов). По 2–4 вида представлено растениями семейств *Apiaceae*, *Boraginaceae*, *Campanulaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Euphorbiaceae*, *Equisetaceae*, *Pinaceae*, *Plantaginaceae*, *Polygonaceae*, *Salicaceae* и *Scrophulariaceae*. По одному виду включают семейства *Alismataceae*, *Aceraceae*, *Betulaceae*, *Convolvulaceae*, *Geraniaceae*, *Grossulariaceae*, *Hypericaceae*, *Liliaceae*, *Onagraceae*, *Papaveraceae*, *Rubiaceae*, *Solanaceae*, *Typhaceae*, *Urticaceae*, *Violaceae* и *Woodsiaceae* из отдела *Magnoliophyta* (94,1 %). На долю растений из других отделов (*Equisetophyta*, *Pinophyta* и *Polypodiophyta*) приходится только 5,9 % от общего числа видов.

Общее проективное покрытие на участке ненарушенной территории колеблется в пределах 70–75 %.

Древесные формы фоновой территории представлены деревьями (*Abies sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth, *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sylvestris* L. и *Populus tremula* L.) и кустарниками (*Acer negundo* L., *Caragana arborescens* Lam., *Ribes nigrum* L. и *S. caprea* L.). Один вид – *Rubus saxatilis* L. – относится

Таблица 5. Обилие преобладающих видов

Table 5. Dominant plant species

№ пп	Вид	Обилие	Относительное количество видов, %	Встречаемость, %
1	*Salsola collina* Pall.	sp-cop1	5,9	50
2	*Tussilago farfara* L.			50
3	*Chamerion angustifolium* (L.) Scop.	sp	2,9	30
4	*Chenopodium album* L.	sol-sp	14,7	20
5	*Medicago falcata* L.			50
6	*Phleum pratense* L.			30
7	*Polygonum aviculare* L.			10
8	*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.			20
9	*Adenophora liliifolia* (L.) A. DC.	sol	73,5	10
10	*Agrimonia pilosa* Ledeb.			20
11	*Agrostis tenuis* Sibth.			10
12	*Artemisia vulgaris* L.			20
13	*Campanula trachelium* L.			10
14	*Cirsium setosum* (Willd.) Besser			10
15	*Dactylis glomerata* L.			20
16	*Echium vulgare L.*			10
17	*Equisetum arvense* L.			10
18	*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.			20
19	*Galeopsis bifida* L.			20
20	*Inula salicina* L.			10
21	*Lactuca serriola* L.			20
22	*Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort			20
23	*Leucanthemum vulgare* Lam.			20
24	*Linaria vulgaris* Mill.			40
25	*Melilotus officinalis* (L.) Pall.			20
26	*Myosotis arvensis* (L.) Hill			10
27	*Pastinaca sylvestris* Mill.			10
28	*Sanguisorba officinalis* L.			20
29	*Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth			10
30	*Sonchus arvensis* L.			20
31	*Thlaspi arvense* L.			10
32	*Trifolium hybridum* L.			30
33	*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.			20
34	*Salix caprea* L.	Группа	2,9	5

к полукустарникам. Среди травянистых растений более крупную группу образуют многолетники, на долю которых приходится 71,3 %. Они представлены разнообразными формами: дерновинными (*D. glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. и *Poa pratensis* L.), корневищными (*Convolvulus arvensis* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Veronica chamaedrys* L. и др.), клубнеобразующими (*Filipendula vulgaris* L. и *Phlomoides tuberosa* (L.) Moench,), розеточными (*Plantago major* L. и *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod.) и луковичными (*Lilium martagon* L.). Однолетних и двулетних трав меньше – 9–10 видов, т. е. не более 10 % на каждую из этих жизненных форм.

Растения различаются по своим экологическим характеристикам. Большинство видов приспособлено к умеренному увлажнению среды (60,4 % мезофитов, 17,8 % ксеромезофитов и 14,9 % мезогигрофитов). Произрастают в условиях повышенного увлажнения 6,9 % видов, среди них *Alisma plantago-aquatica* L., *Caltha palustris* L., *Carex cespitosa* L. и др. Больше половины (51,5 %) растений фоновой территории светолюбивы. Они предпочитают хорошо освещенные местообитания. 33,7 % видов являются факультативными гелиофитами, 14,8 % относятся к теневыносливым. Адаптированы к почвам с умеренным содержанием элементов почвенного питания 76 % обитающих растений. 18 % растений относится к видам с повышенным требованием к содержанию питательных веществ в почве. Способны благополучно развиваться на обедненных почвенных субстратах 6 % видов растений.

На территории, окружающей отвалы, выявлены растения различного хозяйственного значения. Большая часть из них (69,3 %) относится к

Таблица 6. Видовое разнообразие растений разреза «Талдинский» до и после техногенного нарушения территории

Table 6. Plant diversity of the Taldinskiy coal field before and after technogenic disturbance

Количество видов растений, шт.			
	На территории отвала до техногенной трансформации ненарушенной территории	На отвале в первый год самозарастания	На фоновой территории
Общее	127	34	102
Семейство *Asteraceae*	16	9	13
Семейство *Poaceae*	16	3	11
Семейство *Fabaceae*	11	3	8

Рисунок. 3. Соотношение таксономического состава растений на техногенном отвале и фоновой территории

Figure 3. Taxonomic composition of plants: coal dump site vs. background area

лекарственным растениям. Являются кормовыми – 42,6 % видов, декоративными – 37,6 %. Равное количество видов принадлежит к пищевым и медоносным (по 34,7 %). Входят в группу сорных 26,7 % видов, 25,7 % – относятся к техническим. Характеризуются как ядовитые 14,9 % видов растений.

Сравнение флористических списков техногенно нарушенной территории отвала и окружающей ее фоновой территории позволяет выявить сходство и различия в растительных сообществах, а также степень деградации растительности нарушенной территории. Анализ данных систематики видов растений показывает, что в обоих случаях преобладают виды покрытосеменных растений, ведущими семействами среди которых являются *Asteraceae*, *Fabaceae* и *Poaceae*. Однако общее количество видов и их число в пределах каждого из семейств на площадках отличается (табл. 6, рис. 3). В таблице 6 продемонстрированы данные о семействах, представленных наибольшим числом видов.

После формирования отвала на его территории на этапе первичной сукцессии отмечается сильное снижение видового разнообразия как в целом, так и в пределах ведущих семейств.

Оценка флористической общности выявила на обследованных участках большое видовое различие, а не сходство (коэффициент Жаккара = 0,24). Расчет индекса Чекановского-Съеренсена (38,5 %) подтверждает относительную специфичность флористических составов на данных участках.

Сравнение формирующейся флоры на отвале и фоновой территории по биоморфологическому и экологическому составу показало, что в условиях нарушенного биотопа разнообразие растений по данным характеристикам снижено. Жизненные формы фоновой территории включают древесные и полудревесные растения, которые отсутствуют в условиях отвала. Доля многолетних травянистых растений выше на незатронутом техногенной деятельностью участке и составляет 71,3 % против 61,2 %. На отвале возрастает роль одно- и двулетних

травянистых растений, поскольку здесь их доля на 20 % выше, чем в окружающих условиях.

Различие на разных участках в экологических группах растений по отношению к влаге проявляется в наличии ксерофитов, уменьшении доли мезогигрофитов и отсутствии гигрофитов на участке нарушенной территории по сравнению с фоном. На отвале горной породы в молодом растительном сообществе доля светолюбивых растений и сциогелиофитов выше на 7,3 и 1,8 % соответственно. Теневыносливые растения в большем видовом разнообразии представлены на участке, окружающем разрез, – доля выше на 8,9 %. Видов растений, приспособленных к почвам умеренного плодородия, встречается на фоновой территории больше, а эвтрофов – меньше (почти на 6 %). Олиготрофы примерно в равных долях присутствуют в обоих фитоценозах.

В отношении хозяйственной ценности растений на территории отвалов больше доля видов медоносных, пищевых, кормовых, технических и сорных групп. На фоновой территории больше видовое разнообразие лекарственных, декоративных и ядовитых растений. Особенно заметна разница в долях видов на разных территориях по группам пищевых и сорных растений: 22,9 и 18,8 % соответственно.

Процесс зарастания отвала растениями можно рассматривать как этап первичной сукцессии по восстановлению растительности. По данным Н. И. Денисова с соавторами этот период самозарастания продолжается в течение 2–3 лет [11].

Выводы

В ходе исследования на территории отвала горной породы разреза «Талдинский» выявлена трансформация растительного покрова, вызванная работами по добыче угля. Его деградация проявилась в снижении общего видового разнообразия, которое изменилось в меньшую сторону более чем на 70 %, и в уменьшении площадей, занимаемых растениями в целом и отдельными видами в частности. Такая трансформация повлекла за собой изменение в соотношении биоморфологической и экологической структуры растительности на данной территории, что не могло не отразиться на биогеоценозе. По комплексу признаков растительность отвала представлена разреженными пионерными группировками с увеличенной долей сорных растений и находится на этапе первой стадии образования и развития флоры на техногенных территориях.

В качестве рекомендации для скорейшего восстановления биогеоценоза на территории угольных отвалов разреза «Талдинский» Прокопьевского района Кемеровской области рекомендуется проведение комплекса мероприятий по рекультивации техногенно-нарушенных ландшафтов с предварительным изучением эдафического комплекса и последующей оценкой этапов восстановления растительности.

Критерии авторства

Фактический вклад соавторов в выполненную работу: А. В. Заушинцена – 30 %, Г. Я. Степанюк – 30 %, М. А. Осинцева – 15 %, С. С. Буренков – 10 %, С. В. Свиркова – 10 %, А. А. Гаврилов – 5 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.V. Zaushintsena – 30%, G.Ya. Stepanyuk – 30%, M.A. Osintseva – 15%, S.S. Burenkov – 10%, S.V. Svirkova – 10%, A.A. Gavrilov – 5%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Rozlomij NG, Belov AN, Berseneva SA, Repsh NV. Dynamics of natural reforestation on disturbed lands in the south of the Far East of Russia. Bulletin of KSAU. 2021;171(6):39–46. (In Russ.). https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-6-39-46

2. Drozdova MYu, Pozdnyakova AV, Osintseva MA, Burova NV, Minina VI. The microorganism-plant system for remediation of soil exposed to coal mining. Foods and Raw Materials. 2021;9(2):406–418. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-406-418

3. Eremeev EA. Simple scale for assessing anthropogenic pressure on the environment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;839(2). https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/2/022075

4. Kireeva AS. The current state and environmental assessment of the impact of rock dumps of coal industry enterprises. Izvestiya Tula State University. Nauki o Zemle. 2022;(1):62–71. (In Russ.). [Киреева А. С. Современное состояние и экологическая оценка влияния породных отвалов предприятий угольной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2022. № 1. С. 62–71.].

5. Lavrinenko AT, Ostapova NA, Safronova OS, Shapovalenko GN, Evseeva IN, Morshnev EA. Some features of the floristic composition of the planned dumps of “Chernogorsky” open-pit mine “SUEK-Khakassia” LLC. Ugol. 2020;1134(9):68–71. (In Russ.). https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-9-68-71

6. Popovych V, Kuzmenko O, Voloshchyshyn A, Petlovanyi M. Influence of man-made edaphotopes of the spoil heap on biota. E3S Web of Conferences. 2018;60. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000010

7. Kozybaeva FE, Kotuhov YuA, Beiseeva GB, Azhikina NZh, Satekov EYa, Sarkulova J. Natural regeneration of plant cover, their species composition in the conditions of self-overgrowing and recultivation of industrial dumps of ore deposit of Tishinka eastern Kazakhstan region. Soil Science and Agrochemistry. 2018;(4):53–69. (In Russ.). [Естественное восстановление растительного покрова, его видовой состав в условиях самозарастания и рекультивации промышленных отвалов рудного месторождения Тишинка ВКО / Ф. Е. Козыбаева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 4. С. 53–69.].

8. Lednev SA, Sharapova AV, Semenkov IN, Koroleva TV. Plant successions on coal mines’ waste piles in forest-steppe of the Tula oblast. Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya. 2020;(2):239–245. (In Russ.). https://doi.org/10.31857/S2587556620020089

9. Ostapova NA, Markova EV, Safronova OS, Evseeva IN, Morshnev EA. The state of the vegetation cover of the sanitary protection zone of the coal mining enterprise LLC “SUEK-Khakassia” section “Chernogorsky”. Ugol. 2022;1156(7):66–70. (In Russ.). https://doi.org/10.18796/0041-5790-2022-7-66-70

10. Titova VI, Vershinina IV. Orientation succession process phytocenosises soil disturbance as perfomance benchmarks ability naturbiogeotsenoza to heal. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2014;(4):21–24. (In Russ.). [Титова В. И., Вершинина И. В. Направленность сукцес-сионных процессов фитоценоза нарушенных почв как критерий оценки способности натурбиогеоценоза к самовосстановлению // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 21 24.].

11. Denisov NI, Saranchuk AP, Sinitsa AA. Revegetation of the plant cover on technogenic landscapes of the north of primorie territory (dumps of brown-coal fields). Environmental Engineering. 2016;(5):114–131. (In Russ.). [Денисов Н. И., Саранчук А. П., Синица А. А. Восстановление растительного покрова на техногенных ландшафтах севера Приморского края (отвалах буроугольных месторождений) // Природообустройство. 2016. № 5. С. 114–131.].

12. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia, August 18, 2014, No. 367 (amended on June 7, 2022): The List of Forest Sites of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation [Internet]. [cited 2022 Sep 10]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169590 [Приказ Минприроды России от 18.08.2014 № 367 (ред. от 07.06.2022) «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_169590 (дата обращения: 10.09.2022).].

13. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome: FAO; 2014. 181 p.

14. Project for the expansion of the Taldinskiy open-pit mine of the branch of OAO Management Company Kuzbassrazrezugol (Taldinskiy coal field). Project documentation. Environmental impact assessment. Book 1. Volume 1. Kemerovo; 2020. 364 p. (In Russ.). [Проект расширения разреза «Талдинский» филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез» (Талдинское поле). Проектная документация. Оценка воздействия на окружающую природную среду. Книга 1. Том 1. Кемерово, 2020. 364 с.].

15. Kostina NV. Indexes of similarity and dissimilarity for territory zoning based on local floras. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013;15(3–7):2160–2168. (In Russ.). [Костина Н. В. Применение индексов сходства и различия для районирования территорий на основе локальных флор // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3–7. С. 2160–2168.].

16. Lihachev SV. Ecological assessment of segetal flora activity’s change near Perm. University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences. 2022;37(1):29–38. (In Russ.). https://doi.org/10.21685/2307-9150-2022-1-3

17. Krasnoborov IM. Index of plants of the Kemerovo Region. Novosibirsk: Izdatel′stvo Sibirskogo otdeleniya RAN; 2001. 474 p. (In Russ.). [Красноборов И. М. Определитель растений Кемеровской области. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2001. 474 с.].

18. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and guide to plants [Internet]. [cited 2022 Aug 23]. Available from: https://www.plantarium.ru [Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. URL: https://www.plantarium.ru (дата обращения: 23.08.2022).].

19. Demina ON. Eco-biomorphological analysis of steppe coenofloras of the don basin. South of Russia: Ecology, Development. 2011;6(1):31–40. (In Russ.). [Демина О. Н. Эколого-биоморфологический анализ степной ценофлоры бассейна Дона // Юг России: экология, развитие. 2011. Т. 6. № 1. С. 31–40.]

20. Zozulin GM. The system of life forms of higher plants. Botanical journal. 1961;46(1):3–20. (In Russ.). [Зозулин Г. М. Система жизненных форм высших растений // Ботанический журнал. 1961. Т. 46. № 1. С. 3–20.].

21. Kupriyanov AN, Manakov YuA. Regularities of restoration of plant cover on the dumps of the Kuznetsk basin. Siberian Journal of Forest Science. 2016;(2):51–58. (In Russ.). https://doi.org/10.15372/SJFS20160205

22. Manakov YuA. Pioneer stage of syngenesis on sandstone dumps. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2010;67(5):49–55. (In Russ.). [Манаков Ю. А. Анализ пионерной стадии сингенеза на отвалах песчаниковых пород // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. Т. 67. № 5. С. 49–55.].

23. Koptseva EM, Abakumov EV. Primary succession of vegetation and soils in quarries within northern taiga subzone (on the territory of the Ukhtinskiy and Sosnogorskiy districts of Komi Republic). Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology. 2013;(1):28–44. (In Russ.). [Копцева Е. М., Абакумов Е. В. Первичные сукцессии растительности и почв на карьерах в подзоне Северной тайги (на территории Ухтинского и Сосногорского районов Республики коми) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. 2013. № 1. С. 28–44.].

24. Hagur MN, Chernyavskaya IV, Mugotlev MA. Evaluation of the meeting and ability of species of wild-food food plants of the family Rosaceae L. isosphere and People: Proceedings of the International Scientific Conference; 2019; Maykop. Maykop: Electronic publishing technology; 2019. p. 135–137. (In Russ.). [Хагур М. Н., Чернявская И. В., Муготлдев М. А. Оценка встречаемости и обилия видов дикорастущих пищевых растений семейства Rosaceae l // Биосфера и человек: Материалы международной научно-практической конференции. Майкоп, 2019. С. 135–137.].