

УДК 574.34

РОЛЬ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОСИСТЕМ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Шугаипова Л.Р.¹, Кулагин А.А.², Серова О.В.¹, Исхаков Ф.Ф.¹, Ушаридзе А.С.¹

¹ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы», Уфа, Россия

²Южно-Уральское Межрегиональное управление Росприроднадзора, Уфа, Россия

Развитие промышленности привело к крупномасштабным разрушениям экосистем, которые были вызваны открытой добычей полезных ископаемых. Эти антропогенные процессы предоставляет возможность для изучения процессов ренатурализации территорий, начиная с первичной сукцессии. Исследование проводилось в 2012 году на двух крупных прикарьерных территориях в Челябинской области. Для определения процессов ренатурализации на двух различных участках провели флористическую инвентаризацию в радиусе 5000 метров от карьеров. Благодаря различному периоду деятельности карьеров удалось изучить процесс зарастания сукцессий при неодинаковых условиях. На этапе инвентаризации растений было понятно, что повторяемость видов растений встречается довольно часто, несмотря на большой ареал проведения исследования.

На исследуемых территориях прослеживалось выраженное отличие показателей обилия видов и проективного покрытия в зависимости от периода эксплуатации карьера. Для 1-го объекта (карьер вблизи пос. Томино) общее количество видов составило 69 наименований, также характерно резкое увеличение видов растений уже на расстоянии 500 м от карьера, проективное покрытие выросло до 100% на таком же расстоянии. Для 2-го объекта (карьер вблизи г. Кыштым) общее количество видов составило 31 наименование, также характерно увеличение видов растений, но на расстоянии 1000 м от карьера, проективное покрытие выросло лишь до 50% на таком же расстоянии.

Ключевые слова: сукцессии, ренатурализация, карьер, пробные площади, флористическая инвентаризация, проективное покрытие.

Для цитирования: Шугаипова Л.Р., Кулагин А.А., Серова О.В., Исхаков Ф.Ф., Ушаридзе А.С. Роль травянистых растений в восстановлении экосистем нарушенных земель. Медицина труда и экология человека. 2024;2:163-174.

Для корреспонденции: Шугаипова Линара Равильевна, ФГБОУ ВО БГПУ им.М.Акмуллы, преподаватель кафедры экологии, географии и природопользования, lika4.husainova@yandex.ru.

Финансирование: работа выполнена на средства гранта «О проведении конкурса научных работ и инновационных проектов, выполняемых студентами, аспирантами и научно-педагогическими работниками».

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10211>

THE ROLE OF HERBACEOUS PLANTS IN RESTORING ECOSYSTEMS OF DISTURBED LANDS

Shugaipova L.R.¹, Kulagin A.A.², Serova O.V.³, Iskhakov F.F.¹, Usharidze A.S.¹

¹ The Akmulla Bashkirian State Teachers Training University, Ufa, Russia

²South Ural Interregional Department of Rosprirodnadzor, Ufa, Russia

The development of industry has led to large-scale destruction of ecosystems, which were caused by open-pit mining. These anthropogenic processes provide an opportunity to study the processes of renaturalization of territories, starting with primary succession. The study was conducted in two large border areas in the Chelyabinsk region in 2012. To determine the processes of renaturalization at two different sites, a floral inventory was carried out within a radius of 5,000 meters from the quarries. Due to the different period of activity of the quarries, it was possible to study the process of overgrowth of successions under different conditions. At the stage of the plant inventory, it was clear that the repeatability of plant species is quite common, despite the large area of the study.

In the studied areas, there was a pronounced difference in the indicators of abundance of species and projective coverage, depending on the period of operation of the quarry. For the 1st object (quarry near the village Tomino) the total number of species amounted to 69 names, and a sharp increase in plant species is also characteristic already at a distance of 500 m from the quarry, and the projective coverage increased to 100% at the same distance. For the 2nd object (a quarry near Kyshtym), the total number of species amounted to 31 names, an increase in plant species is also characteristic, but at a distance of 1000 m from the quarry, and the projective coverage increased only to 50% at the same distance.

Keywords: succession, renaturalization, quarry, trial areas, floral inventory, projective coverage.

Citation: Shugaipova L.R., Kulagin A.A., Serova O.V., Iskhakov F.F., Usharidze A.S. The role of herbaceous plants in restoring ecosystems of disturbed lands. Occupational health and human ecology. 2024; 2:163-174.

Correspondence: Linara R. Shugaipova, lecturer at the Department of Ecology, Geography and Environmental Management of the Akmulla Bashkirian State Teachers Training University, lika4.husainova@yandex.ru

Financing: The work was carried out using the grant "On holding a competition of scientific works and innovative projects carried out by students, graduate students and scientific and pedagogical workers."

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2024-10211>

В современных терминах часто говорят о промышленной революции, начавшейся во второй половине XVIII века, которая описывает переход от экономики, основанной на сельском хозяйстве, к экономике, в которой доминирует обрабатывающая промышленность. Однако промышленные процессы имеют гораздо более долгую историю, и их можно проследить до бронзового века и даже раньше, особенно до добычи полезных ископаемых [1]. Мы также можем рассматривать сельское хозяйство как отрасль промышленности, поскольку это тоже добыча сырьевых ресурсов, хотя и в несколько иной форме. Поэтому, когда мы говорим о промышленности, мы подразумеваем очень широкий спектр процессов и видов деятельности. Общим для всех этих процессов является тот факт, что производство товаров из сырьевых ресурсов создает побочные продукты, которые могут загрязнять окружающую среду и негативно влиять на экосистемы [2].

Прямое влияние на лесные экосистемы оказывают выбросы промышленных предприятий, в составе которых и крупные горно-рудные производства, цементные или медеплавильные заводы, выбрасывающие в атмосферу большое количество промышленной пыли и вредных газов (SO_2 , CO, NO_2 , NO_3). Техногенная нарушенность естественных ландшафтов и растительного покрова на территории горнодобывающих предприятий и в их ближайшем окружении охватывает значительные площади. В основных горнодобывающих районах – это десятки квадратных километров [3,4]. На этих площадях наблюдается обеднение видового состава, прежде всего, за счет мхов, лишайников, а также хвойных и лиственных деревьев. Чрезмерная загазованность, запыленность приводят к усыханию крон деревьев и другим болезням [5].

Кроме прямого явного воздействия горных предприятий на растительность, существует и косвенное, внешне невидимое. На протяжении многих десятилетий, извлекая из недр огромное количество пород, мы тем самым в несколько раз увеличиваем темпы и скорость геохимических миграций в верхних слоях литосферы [6]. На данном этапе научного развития мы не можем предполагать, как отразится такое явление на видовое разнообразие, т.к. данная проблема еще недостаточно изучена.

Учитывая темпы промышленного развития и увеличивающиеся потребительские запросы, достаточно сложно дать сравнительную количественную характеристику силы влияния горного производства и других видов антропогенного воздействия на экологическую ситуацию [7,8]. Можно рассмотреть влияние промышленности схематично, где воздействие отраслей промышленности будет оцениваться по пятибалльной шкале (таблица).

Таблица. Оценка воздействия промышленного производства на природную среду [9]

Table. Assessment of the impact of industrial production on the natural environment [9]

Отрасль промышленности	Компоненты природной среды и ландшафты							Средний бал
	атмосфера	поверхностные воды	подземные воды	почвы	биота	литосфера	ландшафты	
Черная металлургия	5	4	2	3	3	1	3	3
Цветная металлургия	5	4	2	3	3	1	2	2,9
Целлюлозно-бумажная	4	5	2	2	2	0	2	2,4
Химическая	5	5	3	3	3	1	3	3,3
Энергетика	4	4	2	2	2	1	2	2,4
Горнодобывающая	4	4	4	3	3	4	4	3,7
Транспорт	4	3	1	3	2	1	2	2,3

*Сила воздействия: 5 – очень сильное, 4 - сильное, 3 - среднее, 2 - слабое, 1 – спорадическое, 0 - отсутствие воздействия.

*Strength of impact: 5 - very strong, 4 - strong, 3 - average, 2 - weak, 1 - sporadic, 0 - no impact.

Баллы были рассчитаны на основе экспертной оценки, а для ландшафтов балл рассчитывается как среднее арифметическое значений баллов всех компонентов природной среды [10]. Таким образом, рассчитав средний балл, можно утверждать, что наиболее сильное негативное воздействие на окружающую среду

оказывает горное производство, хотя отдельные отрасли промышленности могут оказывать более сильное воздействие на некоторые природные компоненты и ландшафты [11].

Цели и задачи исследования. Необходимо провести инвентаризацию произрастающих растений на исследуемой территории; проанализировать полученные данные и оценить степень антропогенного влияния на прилегающую территорию.

Земли, нарушенные или уничтоженные в результате добычи полезных ископаемых и подобной деятельности, являются неизбежной частью цивилизации. Мы унаследовали большую территорию от прошлого, и разрушения продолжаются по настоящее время. Результатом является уничтоженная почва и растительность. Естественный процесс зарастания дает представление о естественных процессах первичной сукцессии. Зарастание носит как детерминированный, так и случайный характер [12]. Развитие экосистем требует значительных усилий. Многие участки, оставшиеся для естественного зарастания, представляют значительную экологическую ценность. Но естественное зарастание происходит медленно, и развитию экосистем обычно требуется помощь. В настоящее время относительно легко устранить большинство факторов, ограничивающих развитие и заполнение территории растительными сообществами.

Масштабное разрушение экосистем, вызванное открытой добычей полезных ископаемых, предоставляет возможность для изучения процессов фитореимидации, начиная с первичной сукцессии. Удивительно, но за несколько десятилетий и без каких-либо мер по восстановлению большинство из этих участков самопроизвольно превратились бы в ценную биотопную мозаику со многими видами растений, находящимися под угрозой исчезновения [13].

Динамика численности видов растений определяется не только процессами, основанными на местных нишах, но и процессами регионального расселения. Все чаще признается, что доступность семян также может быть основным ограничивающим фактором («ограничением семян») в проектах экологического восстановления. Степень ограниченности семян, вероятно, зависит от обилия видов в региональном семействе видов и специфических особенностей распространения видов растений [14]. Важность обоих факторов по своей сути трудно изучать экспериментально, поскольку пространственные и временные масштабы часто слишком малы для отслеживания редких событий расселения на большие расстояния.

Материалы и методы. В нашем исследовании мы использовали дополнительный подход, в рамках которого изучали расселение на большие расстояния (до 5000 м), рассматривая крупномасштабные районы открытой добычи полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых открытым способом привела к уничтожению многих ценных экосистем, таких как леса и луга. После процессов активной индустриализации на территории Южного Урала образовалось огромное количество карьеров, некоторые работают и по сей день [15]. Удивительно, но без мер по восстановлению участки спонтанно развивались в течение десятилетий от «лунных ландшафтов» до ценных биотопных мозаик с различными сообществами лугопастбищных угодий, кустарников и редколесий. Территория самих карьеров состоит преимущественно из лишенной растительности сырой почвы, что благоприятствует появлению видов-пионеров или видов, не способных конкурировать в целом, и в случае, когда карьер будет не работающим, зарастание будет происходить по бортам карьера стремительно быстро.

Результаты. Начиная с 2012 года на открытом прикарьерном участке были собраны исчерпывающие флористические данные в Челябинской области (пос. Томино). Основной целью было изучить процессы ренатурализации нарушенных территорий и выработать рекомендации по дальнейшему планированию восстановления. Одновременно крупномасштабная добыча полезных ископаемых открытым способом предоставила уникальную возможность наблюдать первичную сукцессию т.к. на момент начала исследования разработка карьера только начиналась. В ходе предварительных исследований стало очевидно, что виды растений увеличиваются в разнообразии и могут преодолевать расстояния до нескольких километров, т.к. имели частую повторяемость на пробных площадях [16].

Для территории Томинского горно-обогатительного комбината (рис.1) характерны лугово-степные ценозы, березовые, осиново-березовые и сосновые боры, остепененные луга и участки злаковых степей [17].

На исследуемой территории доминирующими являлись виды: *Betula pendula* (250 м- 5000 м), *Tilia cordata* (850 м- 5000 м), *Populus tremula* (до 5000 м), *Astragalus helmii* (850 м - 5000 м), *Petasites radiatus* (до 5000 м), *Cypripedium calceolus* (850 м - 5000 м), *Convolvulus arvensis* (2000 м - 5000 м), *Trifolium montanum* (до 3000 м), *Stipa pennata* (250 м - 5000 м), *Potentilla anserina* (до 5000 м), *Vincetoxicum hirundinaria* (850 м - 5000 м), *Erigeron podolicus* (до 5000 м), *Euphorbia virgata* (735 м - 5000 м), *Plantago stepposa kuprian* (до 5000 м), *Artemisia absinthium* (до 5000 м), *Eryngium planum* (850

м - 5000 м), *Achillea millefolium* (до 5000 м), *Cichorium intybus* (125 м - 5000 м), *Carduus acanthoides* (735 м - 5000 м), *Rumex confertus* (до 5000 м).

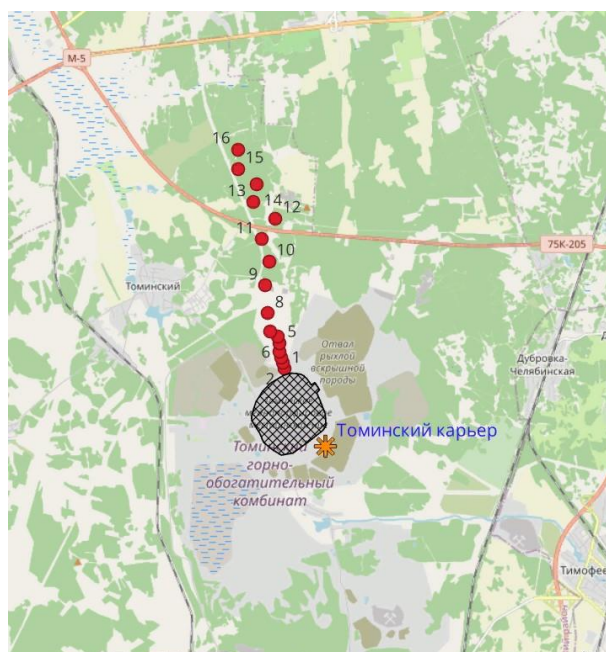
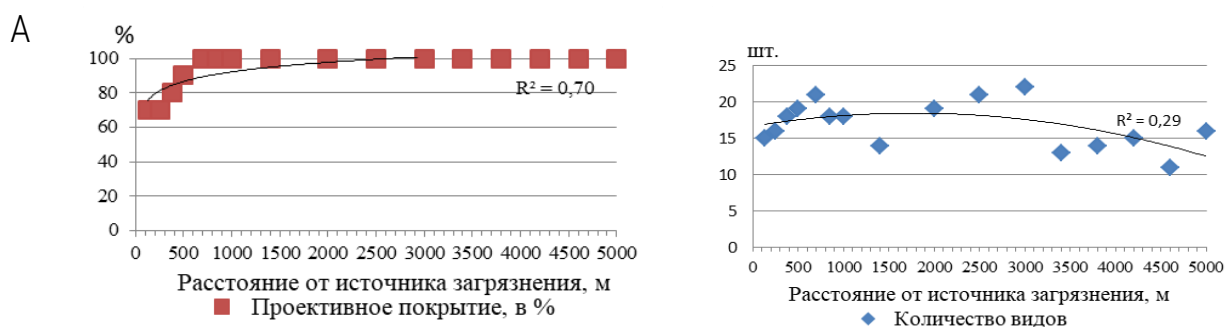


Рис. 1. Расположение пробных площадей (ПП1-ПП16) на территории карьера ОАО «Томинский ГОК», пос. Томинский

Fig. 1. Location of sample plots (PP1-PP16) in the area of the quarry of JSC Tominsky GOK, village. Tominsky

Анализ растительного покрова на территории горно-обогатительных комбинатов позволил оценить распределение количества растений, в том числе и древесных видов, на расстоянии от 125 метров от источника загрязнения окружающей среды до 5000 метров, а также рассмотреть изменение площади проективного покрытия (рис. 2). Для каждой пары показателей был вычислен коэффициент корреляции, показывающий степень влияния источника загрязнения от расстояния.



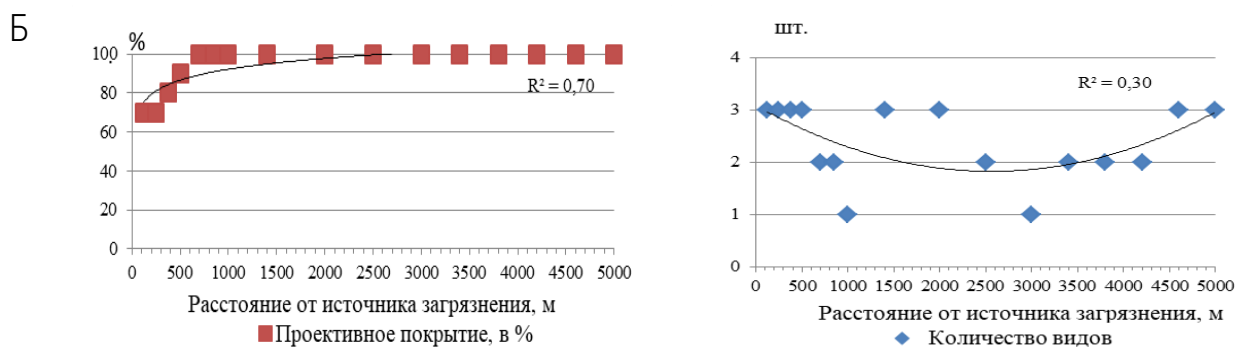


Рис. 2. Количественные изменения видов травянистых растений (А) и древесных видов (Б), изменения проективного покрытия в зоне влияния горно-обогатительного комбината в пос. Томинский (Челябинская область).

Fig. 2. Quantitative changes in the types of herbaceous plants (A) and woody species (B), and changes in the projective cover in the zone of influence of the mining and processing plant in the village. Tominsky (Chelyabinsk region).

Для сравнения было проведено исследование в этом же регионе. В качестве объекта исследования был выбран карьер, добыча на котором велась более 50 лет [18] (рис.3).

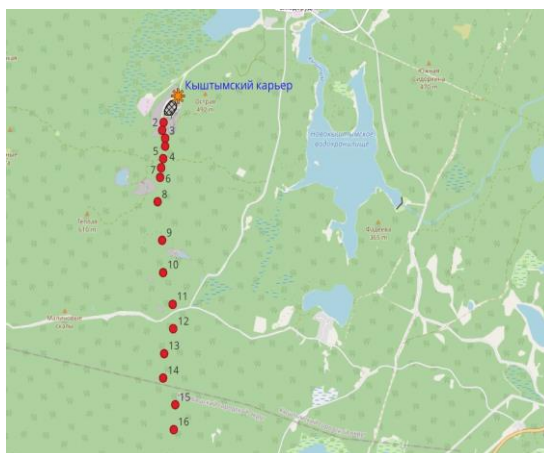


Рис. 3. Расположение пробных площадей (ПП1-ПП16) на территории карьера ОАО «Кыштымский ГОК», г. Кыштым

Fig. 3. Location of sample plots (PP1-PP16) on the territory of the quarry of OJSC "Kyshtym Mining and Processing Plant", Kyshtym

На территории горно-обогатительного комбината г. Кыштым преобладают сосновые леса со значительной долей других хвойных и лиственных деревьев: береза, сосна, вяз. Богата и разнообразна и травянистая растительность, наиболее часто встречаются: клевер, молочай, подорожник, полынь, чертополох, щавель и др. Доминирующими являлись виды: *Betula pendula* (375 м - 5000 м), *Ulmus laevis*

(375 м - 5000 м), *Picea obovata* (375 м - 5000 м), *Ligustrum vulgare* (375 м - 5000 м), *Potentilla anserina* (375 м - 5000 м), *Trifolium montanum* (375 м - 5000 м), *Arctium lappa* (до 5000 м), *Linaria vulgaris* (до 5000 м), *Elytrigia repens* (700 м - 5000 м), *Achillea millefolium* (500 м - 5000 м).

Установлено, что количество видов травянистых и древесных растений в зоне влияния Кыштымского карьера незначительно увеличивается при удалении (рис. 4), а также ярко выражен низкий показатель площади проективного покрытия, который не превышает 50 % как у травянистых, так и у древесных видов растений на всем протяжении исследуемого участка. Такая особенность распространения растений связана с длительной и активной деятельностью комбината и большой протяженностью карьера.

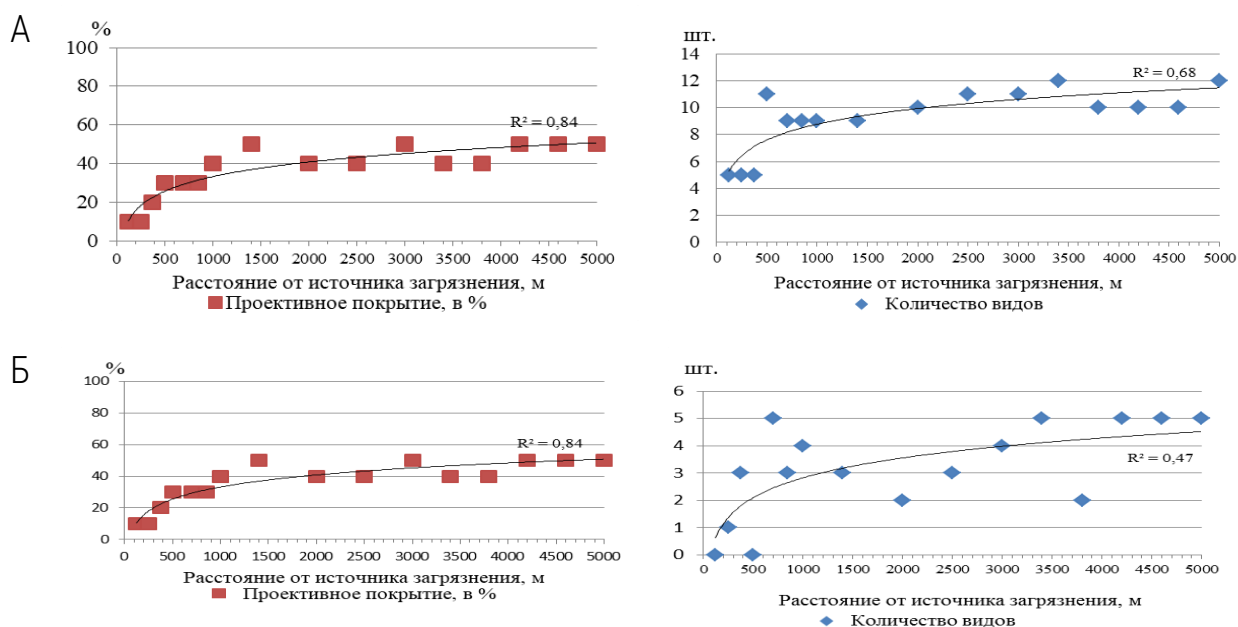


Рис. 4. Количественные изменения видов травянистых растений (А) и древесных видов (Б), изменения проективного покрытия в зоне влияния горно-обогатительного комбината в г. Кыштым (Челябинская область).

Fig. 4. Quantitative changes in the types of herbaceous plants (A) and woody species (B), and changes in the projective cover in the zone of influence of the mining and processing plant in the town of Kyshtym (Chelyabinsk region).

Обсуждение. Создание древесно-кустарниковых и травянистых фитоценозов на этих площадях имеет важное экологическое значение, обеспечивающее повышение устойчивости техногенного ландшафта и увеличение его видового биоразнообразия. В ходе дальнейшего развития «искусственного» фитоценоза структура и состав его усложняются, далее возникают элементы естественных

фитоценозов, относящиеся к зональному типу растительного покрова [19]. Под влиянием растительности происходят процессы, свойственные почвообразованию в конкретных биоклиматических условиях, в частности накопление органического вещества. Образование гумусовых веществ – специфических органических соединений, свойственных почвам, является важнейшим признаком первичного почвообразовательного процесса – начального этапа формирования почвенного профиля [20]. Восстановление измененных территорий подразумевает воссоздание всех их компонентов. Достигнуть наилучшего эффекта возможно только в случае, если в разработке решения проблемы будет учитываться эколого-экономический аспект.

Заключение. Независимо от наших результатов важно иметь в виду, что добыча полезных ископаемых открытым способом разрушает целые ландшафты со всеми задействованными экосистемами. Функциональные экосистемы, особенно когда их трудно восстановить, не должны разрушаться в результате добычи полезных ископаемых. Все вмешательства путем добычи полезных ископаемых должны компенсироваться целенаправленными мерами по восстановлению. Следовательно, важно изучить, как можно компенсировать ущерб от добычи полезных ископаемых и какая стратегия восстановления может привести к наилучшему возможному результату. В умеренном климате одним из методов восстановления земель, занятых поверхностными разработками, может быть выделение крупномасштабных территорий, зарезервированных для спонтанной сукцессии [21]. Во фрагментированных ландшафтах крупномасштабные первичные места обитания открывают возможность зарастания для оставшихся популяций.

Список литературы:

1. Jensen JR. Remote Sensing of the environment: An Earth Resource Perspective, Prentice Hall, 2000.544 p.
2. Калабин ГВ. Экодинамика территорий освоения георесурсов России.2012.314с.
3. Дончева АВ. Ландшафт в зоне воздействия промышленности. Лесная промышленность.1978.96с.
4. Пасынкова МВ. Формирование растительности на отвалах Бускульского месторождения огнеупорных глин. Растения и промышленная среда.1978.С.26-32.
5. Калабин ГВ. Количественная оценка динамики растительного покрова нарушенных территорий в зоне влияния горнопромышленных комплексов с помощью сопряженного дистанционного и наземного мониторинга. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2011.№ 4.С.144-153.
6. Масюк НТ. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных видах в местах произведенной добычи полезных ископаемых.1974.247с.

7. Маслов АА. Количественный анализ горизонтальной структуры лесных сообществ.1990.57с.
8. Махонина ГИ. К характеристике начальных этапов почвообразования при естественном зарастании отвалов Веселовского буроугольного месторождения.1978.343 с.
9. Косинова ИИ. Оценка влияния эксплуатации горнопромышленных предприятий КМА на геоэкологическое состояние прилегающих территорий.1993.55с.
10. Шадрунова ИВ. Физико-химическая технология освоения хвостохранилищ обогатительных фабрик, перерабатывающих колчеданные руды. *Экологические проблемы промышленных регионов*. 2003. №9.С.302- 304.
11. Дребенштедт К. Современная эколого-экономическая концепция горной промышленности. *Экономика региона*.2013.№1(33).С.105 – 122.
12. Tseytlin EM. Features of environmental hazard assessment of mining enterprises. 2012. -p. 809-819.
13. Гильмутдинова РА. К вопросу об использовании и переработке отходов горно-обогатительных комбинатов Южного Урала. *Успехи современного естествознания*.2017.№2.С.68-73.
14. Ковалев СГ, Кулагин АЮ. Природные ресурсы: Учебное пособие. 2012.308 с.
15. Андреева МА. Природа Челябинской области.2002.269с.
16. Шугаипова ЛР, Кулагин А.А., Шулепов А.В. Экологические особенности формирования флористического состава в зоне влияния карьеров Южного Урала. *Лесной вестник*.2022.Т.26.№6.С. 99–105.
17. Оценка воздействия на окружающую и социальную среду ЗАО «Томинский ГОК».2013.178с.
18. Годовой отчет за 2014 ОАО «Кыштымского горно-обогатительного комбината».2015.9с.
19. Bradshaw AD. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 2000. p.1–17.
20. Андроханов ВА. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка.2010.224с.
21. Бачурин БА. Отходы горно-обогатительного производства как источники эмиссии органических поллютантов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*.2009.№7.С.374-380.

References:

1. Jensen JR. Remote Sensing of the environment: An Earth Resource Perspective, Prentice Hall.2000.544 p.
2. Kalabin G.V. Ecodynamics of georesource development territories of Russia. 2012. 314p. [In Russ].
3. Doncheva A.B. Landscape in the area affected by industry. *Lesnaya promyshlennost'*. 1978. [In Russ].
4. Pasynkova M.V. Formation of vegetation on the dumps of the Buskulsky refractory clay deposit. *Rasteniya i promy`shlennaya sreda*.1978. P.26-32. [In Russ].

5. Kalabin G.V. Quantitative assessment of the dynamics of vegetation cover in disturbed areas in the zone of influence of mining complexes using coupled remote and ground-based monitoring. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2011;4:144-153. [In Russ].
6. Masyuk N.T. Features of the formation of natural and cultural phytocenoses on overburden mountain species in places of mining. 1974. 247 p. [In Russ].
7. Maslov A.A. Quantitative analysis of the horizontal structure of forest communities. 1990. 57 p. [In Russ].
8. Makhonina G.I. To characterize the initial stages of soil formation during natural overgrowing of dumps of the Veselovsky lignite deposit. 1978. 343 p. [In Russ].
9. Kosinova I.I. Assessment of the impact of the operation of mining enterprises of the KMA on the geo-ecological state of the adjacent territories. 1993. 55p. [In Russ].
10. Shadrinova IV. Physico-chemical technology for the development of tailings dumps of processing plants processing sulfide ores. *E`kologicheskie problemy` promy`shlenny`x regionov*. 2003;9:302-304. [In Russ].
11. Drebenshtedt K. Modern ecological and economic concept of the mining industry. *E`konomika regiona*. 2013;1(33):105 – 122. [In Russ].
12. Tseytlin E.M. Features of environmental hazard assessment of mining enterprises. 2012. p.809-819. [In Russ].
13. Gilmutdinova R.A. On the issue of using and processing waste from mining and processing plants of the Southern Urals. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017;2:68-73. [In Russ].
14. Kovalev S.G, Kulagin AYu. Natural resources: Textbook. 2012. 308p. [In Russ].
15. Andreeva M.A. Nature of the Chelyabinsk region. 2002. 269 p. [In Russ].
16. Shugaipova L.R, Kulagin A.A, Shulepov A.V. Ecological features of the formation of floristic composition in the zone of influence of quarries of the Southern Urals. *Lesnoj vestnik*. 2022;26(6):99–105. [In Russ].
17. Assessment of the impact on the environment and social environment of Tominsky GOK CJSC. 2013. 178 p. [In Russ].
18. Annual report for 2014 of OJSC Kyshtym Mining and Processing Plant. 2015. 9 p. [In Russ].
19. Bradshaw AD. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 2000. p.1–17.
20. Androkhanov V.A. Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment. 2010. 224 p. [In Russ].
21. Bachurin B.A. Waste from mining and processing production as a source of emission of organic pollutants. *Gorny`j informtscionno-analiticheskij byulleten`*. 2009;7:374-380. [In Russ].

Поступила/Received: 10.01.2024

Принята в печать/Accepted: 08.04.2024