

УДК 622.85:622.271.45(571.62):528.88

Галченко Юрий Павлович

доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник
отдела освоения месторождений
твёрдых полезных ископаемых
на больших глубинах (отдел № 3),
Институт проблем
комплексного освоения недр РАН,
111020, г. Москва, Крюковский тупик, 4
e-mail: schtrek@mail.ru

Озарян Юлия Александровна

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
сектора горной информатики,
Институт горного дела ДВО РАН,
680000, г. Хабаровск, Россия, ул. Тургенева, 51
e-mail: ozaryanigd@gmail.com

Бубнова Марина Борисовна

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
сектора горной информатики,
Институт горного дела ДВО РАН,
e-mail: 138_marina@mail.ru

**ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ
ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА***Аннотация:*

Рассмотрены особенности формирования вторичных фитоценозов на техногенных ландшафтах. Проведена оценка площадной характеристики процессов естественного восстановления фитоценоза. Выявлено, что в природно-технической системе исследуемых объектов структура и интенсивность процессов восстановления растительности определяются главным образом видовым разнообразием и устойчивостью синусии фитоценоза сопредельной экосистемы. Проанализированы данные нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) для тестовых объектов и рассмотрена его зависимость от параметров природного и антропогенного характера. Установлены критерии, определяющие качество и скорость развития вторичных фитоценозов на нарушенных территориях. Установлено, что процесс самовосстановления естественной биоты после окончания горных работ, закрытия предприятия и проведения целесообразного минимума рекультивационных мероприятий будет определяться восстановительными ресурсами биоты за пределами зоны ее техногенного поражения, размерами этой зоны и климатическими особенностями региона.

Ключевые слова: самовосстановление, первичный фитоценоз, сукцессия, техногенное воздействие, видовое сходство, вторичный фитоценоз

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.02.162

Galchenko Yuriy P.

Doctor of Engineering Sciences,
Leading Researcher
of the Department of Development
of Solid Mineral Deposits at Large Depths,
Institute of Problems of Comprehensive
Exploitation of Mineral Resources of RAS,
Moscow, 111020, 4 Kryukovsky tupik
e-mail: schtrek@mail.ru

Ozaryan Yuliya A.

Candidate of Engineering Sciences,
Senior Researcher
of the Mining Informatics Sector,
Institute of Mining, FEB RAS,
Khabarovsk, 680000, Russia, 51 Turgeneva Str.
e-mail: ozaryanigd@gmail.com

Bubnova Marina B.

Candidate of Engineering Sciences,
Senior Researcher
of the Mining Informatics Sector,
Institute of Mining, FEF RAS
e-mail: 138_marina@mail.ru

**NATURAL RECOVERY
OF PHYTOCENOSES IN THE CONDITIONS
OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS
OF THE SOUTH OF THE FAR EAST***Abstract:*

The paper describes the features of formation of secondary phytocenoses on technogenic landscapes. The authors have estimated the area characteristics of natural recovery of phytocenosis. It is revealed that in the natural and technical system of the objects studied the structure and intensity of vegetation restoration processes are determined mainly by species diversity and stability synusia of phytocenosis of the contiguous ecosystem. The authors have analyzed the normalized difference vegetation index (NDVI) data for test objects and considered its dependence to natural and anthropogenic parameters. The authors have established the criteria determining the quality and speed of development of secondary phytocenoses in the disturbed territories. It is established that the process of self-recovery of natural biota after the completion of mining operations, the closure of the enterprise and the realization of a reasonable minimum of recultivation measures will be determined by the regenerative resources of the biota outside the zone of its technogenic damage, the size of the zone and the climatic characteristics of the region.

Key words: self-recovery, primary phytocenosis, succession, technogenic impact, species similarity, secondary phytocenosis.

Введение

Промышленное производство является причиной разрушения и изменения структуры естественных природных систем. Однако проведенные исследования показали, что даже в условиях двухсотлетнего и более техногенного воздействия горных предприятий экосистемы, плавно трансформируясь, еще сохраняют способность функционирования [1]. Самые передовые достижения научно-технического прогресса по уровню организации и структуре несопоставимы с процессами, естественно развивающимися в природной среде. В связи с этим при планировании природоохранных мероприятий необходимо учитывать способности природных экосистем к естественному восстановлению.

Изучение самовосстановления биоты и ее пространственно-временной динамики на поверхности техногенных новообразований является актуальной геоэкологической задачей, решение которой позволит оптимизировать технологию рекультивации нарушенных земель, снизить материальные, временные и трудовые затраты. Отечественные и зарубежные исследователи все больше внимания уделяют изучению процессов естественного восстановления растительности в зоне воздействия горных предприятий [2 – 11].

Объектом исследования явились вторичные растительные сообщества, развивающиеся на техногенных отвалах месторождений, разрабатываемых открытым способом. Предметом – процессы естественного восстановления фитоценозов.

Задачей является исследование взаимодействия природных и технических факторов, определяющих развитие и динамику восстановительных процессов на отвалах предприятий; выявление пространственно-временной динамики восстановления на исследуемых площадях.

Цель исследования – установление закономерностей, критериев и условий самовосстановления фитоценозов на поверхности техногенных новообразований в зоне воздействия открытых горных работ.

Теория, материалы и методы исследования

В работе использован комплекс научных методов, включающий анализ и обобщение литературных данных; методы химического анализа; методы дистанционного мониторинга растительности по спутниковым снимкам за многолетний период; математическую и статистическую обработку полученных данных.

Анализ развития вторичных фитоценозов проводился в процессе натурного обследования объектов, геоботанического описания исследуемых площадок, определения состава и структуры фитоценозов, исследования основных агрохимических показателей грунтов классическими методами химического анализа, изучения запасов биомассы и ее химического анализа. На основе данных дистанционного зондирования Земли с помощью специального программного обеспечения, в том числе QGIS и GRASS, рассчитан вегетационный индекс NDVI [12]. Источники получения оперативной информации – портал геологической службы USGS и инструмент научного анализа данных спутниковых наблюдений биосферы VEGA-Science (ИКИ РАН) [13]. Лабораторные исследования проводились в Центре коллективного пользования ИГД ДВО РАН.

Для оценки сходства таксономического состава фитоценозов в различных условиях был рассчитан коэффициент Жаккара по формуле

$$K_j = \frac{N_{a+b}}{N_a + N_b + N_{a+b}}, \quad (1)$$

где N_{a+b} — количество таксонов, общих для 1 и 2-ой площадок; N_a – количество таксонов на первом участке; N_b – количество таксонов на втором участке [14].

Исследования проводились в период с 2002 по 2015 г. на нескольких горнопромышленных объектах, в том числе Корфовском месторождении гранодиоритов (Хабаровский край) и Бикинском бурогольном месторождении (Приморский край).

В зоне освоения Корфовского месторождения гранодиоритов изучалась поверхность отвалов вскрышных пород в возрасте 5, 10, 15, 20, 30, 45, 55 лет, отвалы Бикинского угольного месторождения представлены в возрастной группе 1, 8, 12, 15, 25 лет.

Результаты и их обсуждение

На всех исследуемых объектах зафиксировано естественное восстановление биоты, но его динамика заметно отличается. Результаты исследования представлены на рис. 1 – 4.

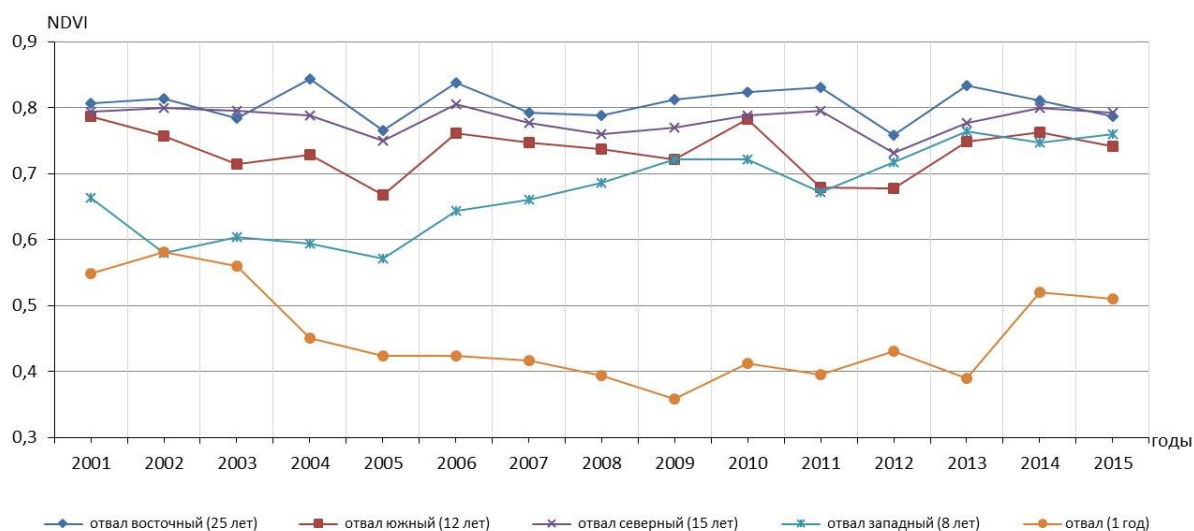


Рис. 1 – Динамика NDVI вторичных фитоценозов отвалов Бикинского бурогоугольного месторождения

Установлено, что площадь оголенных отвалов в 2001 г. на Бикинском месторождении бурых углей (угольные разрезы Лучегорский-1 и Лучегорский-2) составила 4595,92 га, а в 2014 году – 1082,64 га, таким образом, за 15 лет произошло зарастание 23 % поверхности. Растительность представлена от сорной до гречишной, розовоосоковой, чертополоховой, тростниковой. На выровненных и слабонаклонных поверхностях пионерная стадия зарастания продолжается до 3 лет, на склоновых – до 8 – 10 лет. На отвалах ЛУТЭКа растительные группировки лугового типа: хвощевые, полынно-хвощевые, хвощево-кипрейные, изредка встречаются злаковые.

Условия здесь крайне неблагоприятные для закрепления и произрастания растений (острые гребни отвалов, контрастный температурный режим, водная и ветровая эрозия и т.д.) [15], однако появилась пионерная растительность, представленная травянистыми и кустарниковыми видами. Особенно интенсивно эти процессы происходят на отвалах Восточный и Северный.

Средняя величина индекса на этой территории составляет 0,6. Почвогрунты средневозрастных (1, 8, 12, 15 и 25 лет) нерекультивированных отвалов представлены маломощными торфяниками, имеющими мощность торфяного слоя 60 см, и торфяно-глеевыми мощностью гумусового горизонта 40 см [16]. На основной части исследуемой территории представлена разреженная растительность.

На первых этапах заселения растительностью территорий имеют явное преимущество (67,9 %) травянистые виды (стержнекорневые), которые, закрепляясь в грунте, формируют надземные побеги. Большинство видов являются однолетними травами и погибают в конце вегетации. На количество зеленой биомассы оказали влияние факторы не только антропогенного характера (нарушение гидрогеологического режима, в частности образование депрессионной воронки, мощные выбросы продуктов сгорания углей

от ГРЭС и др.), но и природного (равнинный рельеф местности, характеризующийся луговой, чаще травянистой растительностью). По данным сотрудников Биолого-почвенного института Дальневосточного отделения РАН [15] на годичных отвалах растительный покров представлен единичными, в основном однолетними растениями. Проективное покрытие не превышает 10 %. Мортмасса на однолетних отвалах не накапливается, а общие запасы растительного органического вещества очень низкие 36 г/м^2 , что подтверждается нашими данными.

Вторая стадия – формирование простых растительных группировок лугового типа: полынно-хвощевых, злаково-хвощевых продолжительностью до 10 лет. На восьмилетнем отвале проективное покрытие растительности колеблется от 85 до 100 %. По сравнению с годичными отвалами увеличились запасы фитомассы до 368 г/м^2 , и общие запасы растительного органического вещества достигают 598 г/м^2 . На этом этапе происходит интенсивное накопление мертвого растительного органического вещества в виде подстилки (230 г/м^2).

Третья стадия продолжается до 15 лет, в это время происходит образование сложных лесолуговых формаций: березовые редины от хвощевых до лугово-тополево-ивовых и полынно-злаково-хвощевых. Надземная фитомасса распределена по двум подъярусам: верхнему (высота 70 – 150 см, проективное покрытие 30 – 80 %) и нижнему (высота 30 – 50 см, проективное покрытие 60 – 80 %). Зафиксирован значительный рост фитомассы, в среднем до 678 г/м^2 , и наблюдается накопление мортмассы до 1587 г/м^2 .

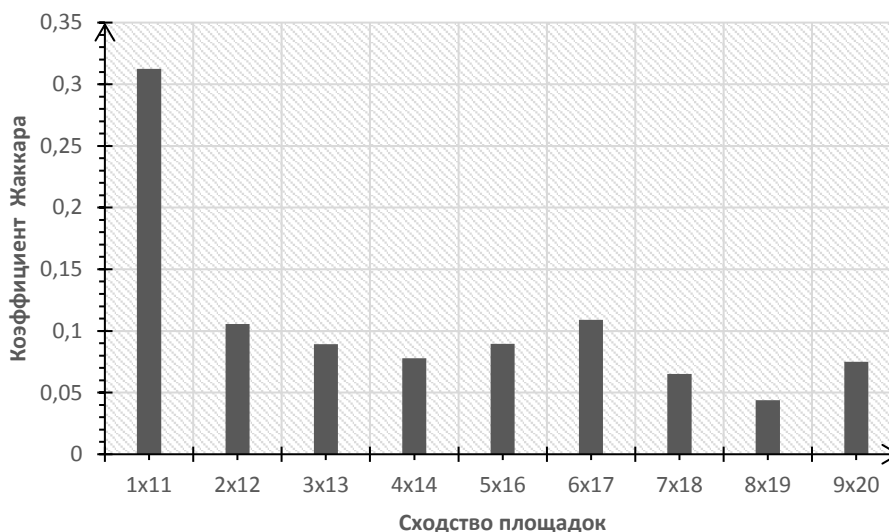


Рис. 2 – Изменение значения коэффициента Жаккара между исследуемыми отвалами Лучегорского угольного разреза

На четвертой стадии самозаращения отвалов, возраст которых превышает 15 лет, преобладающее развитие получают лесные формации: мелколесные хвощевые березняки, топольники разнотравно-злаковые. Проективное покрытие высокое – 90 – 100 %. Суммарные запасы растительного органического вещества резко сокращаются до 708 г/м^2 , что обусловлено сокращением запасов мортмассы в связи с явным усилением процессов трансформации органического вещества.

Выявленные закономерности изменения плотности подроста и его видового состава на территориях вторичных лесных сообществ, прилегающих к сохранившимся участкам первичных фитоценозов, свидетельствуют о том, что расстояние переноса семян основных лесообразующих видов может быть использовано как один из критериев регламентации размеров единичных земельных отводов при формировании инфраструктуры поверхностного комплекса добывающего предприятия. Процесс самовосстановле-

ния естественной биоты после окончания горных работ, закрытия предприятия и проведения целесообразного минимума рекультивационных мероприятий будет определяться восстановительными ресурсами биоты за пределами зоны ее техногенного поражения размерами этой зоны и климатическими особенностями региона.

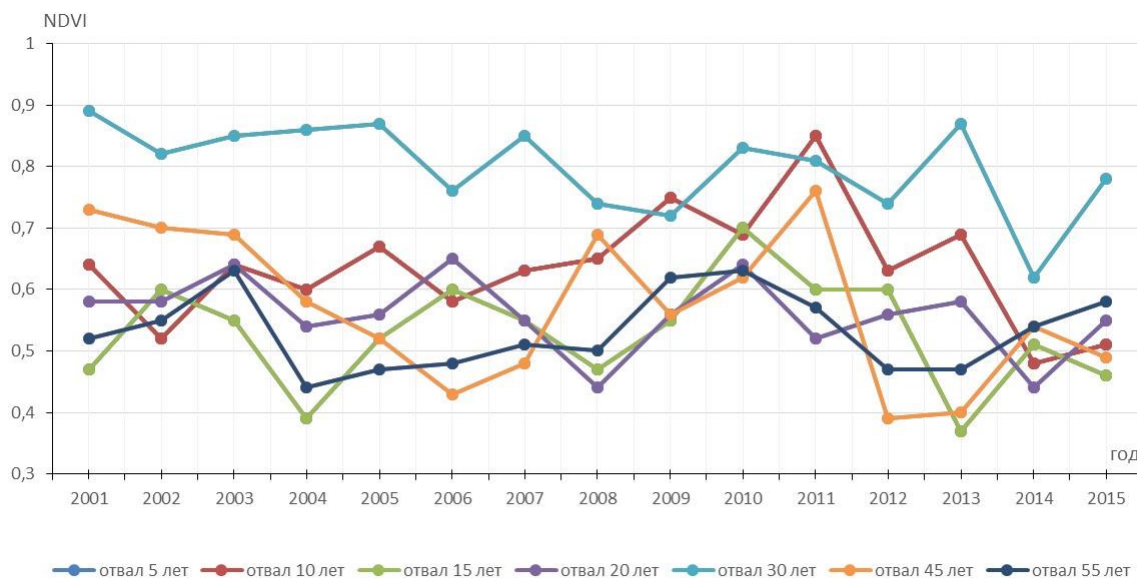


Рис. 3 – Динамика NDVI вторичных фитоценозов отвалов Корфовского каменного карьера

Общая площадь, занятая под отвалами на Корфовском карьере составляет не менее 20,89 га. Корфовский каменный карьер расположен на границе Большехехцирского государственного природного заповедника, в связи с этим флора и фауна прилегающих территорий весьма разнообразна. Здесь широко представлены различные типы лиственных, хвойно-широколиственных и темнохвойных лесов.

Изучение демутационных процессов проводилось на породных отвалах при обследовании их растительного покрова (табл. 1). Пионерная растительность на породных отвалах представлена травами семейств: бобовые (*Trifolium hybridum*, *Melilotus officinalis*), злаковые (*Alopecurus pratensis*, *Poa pratensis*), астровые (*Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum officinale*, *Crépis tectorum* и др.). Из древесных видов в демутационных процессах принимают участие *Salix schwerinii*, *Salix udensis* Sekka, *Populus maximowiczii*, *Betula alba*, *Alnus* [17].

Таблица 1

Характеристика естественного возобновления растительности на породных отвалах

Стадии становления	Количество видов ед./%			
	всего	древесных	кустарниковых	травянистых
5-10 лет	8/100	2/25	1/12,5	5/62,5
15-25	13/100	2/18	2/18	10/76,92
40-50	23/100	4/17,39	3/13,04	16/69,56
Эталон	46/100	16/34,78	7/15,22	23/49,99

Первая стадия демутиационных процессов является основой сукцессионного ряда, на Корфовском карьере это разнотравно-бобовое и злаково-разнотравное сообщества. Выявлено, что на смену травяного сообщества с преобладанием бобовых культур приходит кустарниковое с преимуществом ольхи пушистой, а в случае с наличием злаковых отмечено превосходство *Salix schwerinii*. Кроме этого, выявлена смена кустарника в первом случае молодым березняком и смешанным древесно-кустарниковым сообществом во втором.

Очевидно, что нет четкой последовательности в смене стадий сукцессионного ряда. Появление того или иного вида в фитоценозе зависит от природы переноса семян (или спор), имеющего место в определенное время года или же для этого необходимы другие определенные условия природной среды.

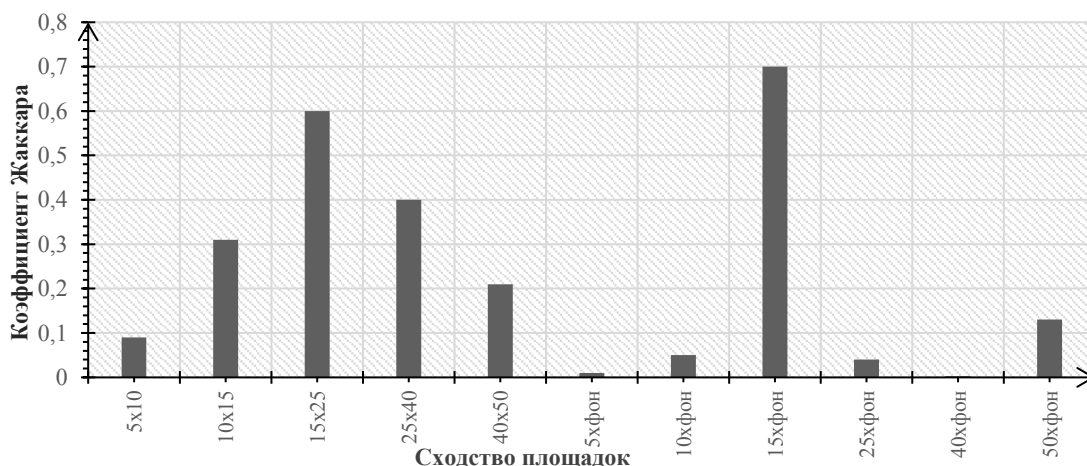


Рис. 4 – Изменение значения коэффициента Жаккара между исследуемыми отвалами Корфовского каменного карьера

В первое пятилетие возобновление растительности малочисленно: единично – *Artemisia vulgaris*, *Alopecurus pratensis*, *Gramineae*, *Trifolium hybridum* L., *Taraxacum officinale*, растения невысокие, до 5 см в высоту, численность не превышает 18 экземпляров на 1 м². На отвалах (10 лет и более), прилегающих к стене леса, единично встречаются древесные виды *Betula alba*, *Salix schwerinii*, *Populus maximowiczii*.

В последующие десять лет видовой состав травяного покрова отличается существенным разнообразием и представлен следующими видами: *Trifolium hybridum* L., *Oenothera biennis*, *Trifolium lupinaster*, *Crepis tectorum* L., *Artemisia vulgaris*, *Artemisia scoparia*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Pulsatilla patens*, *Chamerion angustifolium*. После этого некоторые виды выпадают, но и появляются новые.

Видовое разнообразие растительности на площадке, заложенной на фоновой территории, насчитывает 46 видов, что ровно в два раза превышает количество видов на отвале 50-летнего возраста. Здесь выявлено 16 видов древесной растительности, 7 кустарниковой и 23 травяной. Стоит отметить, что почвенно-растительный покров здесь более разнообразный, большинство видов не встречается в зоне воздействия предприятия.

Лимитирующими факторами восстановления и развития почвенно-растительного покрова являются гранулометрический состав, минералогический состав пород и крутизна склонов. Совершенно иначе выглядит процесс возобновления древесных пород в зоне экотона между вторичными лесонасаждениями и участками сохранившегося в труднодоступных местах первичного леса. Вследствие техногенных причин своего образования граница между зрелым лесостоем этих двух сообществ выражена достаточно четко, и по этому компоненту фитоценоза зона перехода свойств как бы отсутствует. Зато она

хорошо просматривается применительно к подросту основных лесообразующих видов. Вокруг всех сохранившихся участков первичной биоты данной экосистемы отмечена полоса (экотон), в пределах которой, наряду с возобновлением видов лесного вторичного сообщества, появляются также основные лесообразующие виды эталонного сообщества [18]. На восстановление растительности в зоне воздействия процессов добычи угля влияют особенности почвообразования в этих условиях: каменистость и скелетность техногенных пород обуславливает их высокую водопроницаемость и значительную влагоемкость. Неоднородность растительного покрова объясняется разновременным зарастанием поверхности отвала [19].

Фактором, препятствующим быстрому зарастанию исследуемых площадок является низкое содержание органической части в субстрате и его неблагоприятные физико-механические характеристики. В основном почвогрунты состоят из каменисто-песчаной смеси, в результате чего влага в субстрате не задерживается, соответственно, отсутствует необходимый гидрологический режим.

Активность восстановления для всех видов снижается по мере удаления от материнских растений в зависимости от механизмов переноса семян (ветровой у пихты, березы, кленов и зоогенный у кедра и ореха). Распространению двух последних препятствует также и то, что их семена в массе поедаются животными и птицами, а главное – собираются человеком. По мере уменьшения площадей первичных лесных насаждений в зоне антропогенного воздействия интенсивность этой формы антропогенной нагрузки быстро возрастает.

Характерная для сурового Дальневосточного климата минимальная ширина биологических экотонов приводит к тому, что даже незначительное локальное изменение конфигурации их границ в результате действия техногенных факторов сопровождается существенным изменением состояния биологических систем в масштабах всей зоны, приобретая региональное значение.

Другой особенностью естественной биоты на исследуемых территориях является неоднозначность изменения компонентных геосистем, в том числе и природно-технических систем освоения недр, когда расширение импактного очага поражения биоты происходит с большими скоростями и на больших расстояниях, чем развитие зон непосредственных техногенных воздействий.

На отвалах угольного разреза растительность в основном травянистая, редко кустарниковая (отвалы 25 лет). Выявлено 50 видов растительности. Вместе с этим на отвалах карьера по добыче строительного камня, расположенного на границе заповедника с богатым видовым составом первичных фитоценозов, видовой состав насчитывает меньше представителей, но он более разнообразен, и на отвалах уже через 10 лет появляются древесные виды, количество которых растёт.

Выводы

1. Нами выявлено, что в природно-технической системе исследуемых объектов структура и интенсивность процессов восстановления растительности определяются, главным образом, видовым разнообразием и устойчивостью синузиды фитоценоза сопредельной экосистемы.

2. Устойчивость вторичных растительных сообществ на техногенном субстрате вскрышных и вмещающих пород бурогоугольных месторождений определяется в том числе и продолжительностью хранения горнопромышленных отходов, их позицией по отношению к ненарушенным экосистемам, а также параметрами отвала.

3. В экосистемах с более мягкими природно-климатическими условиями развитие дигрессивных процессов происходит значительно медленнее и определяется влиянием не столько техногенных факторов горного производства, сколько факторов антропогенных, связанных с рекреационными и хозяйственными нагрузками при создании селитебных зон в районе горного предприятия. В лесных биосистемах это выражается в

преобладающем снижении абсолютных и относительных показателей плотности популяций видов-эдификаторов, а в степных и лесостепных экосистемах – в постепенном изменении ценотической значимости различных видов растений.

4. Техногенный ландшафт постепенно трансформируется в естественный, природный. Процесс невозможен без фитоценозов разного уровня организации. Длительность периода, необходимого для такой трансформации, для каждого техногенного ландшафта определяется, с одной стороны, спецификой свойств и режимов каркасной основы, заложенной на техногенной фазе, с другой – особенностями биоклиматической обстановки данной местности.

5. По мнению авторов, основными критериями, определяющими качество и скорость процесса естественного восстановления фитоценозов, являются

- пригодность субстрата для произрастания растительности;
- наличие в непосредственной близости первичного фитоценоза с высоким уровнем организации, богатым видовым составом (источник семян и их переносчиков);
- рельеф территории;
- климатические параметры;
- благоприятный гидрогеологический режим.

Литература

1. Иванова Н.С. Новый подход к рекультивации горнопромышленных ландшафтов / Н.С. Иванова, Е.В. Шипилова, А.Б. Макаров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 2018. - № 8. – С. 102 - 107. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-8-102-107.

2. Монаков Ю.А. Критерии для диагностики первичных стадий сукцессии на отвалах Кузбасса / Ю.А. Монаков, А.Н. Куприянов // Кузбасс-1: сб. статей Отд. вып. ГИАБ. - 2009. - № 0В 7.

3. Soil Consumption through opencast lignite mining and ecological development potentials of anthropogenically disturbed Sites — case study/ O. Bens, R.F. Huttl // Lusatia Coalfields, Germany / Die Erde. Berline. 2005.- JAHN 136.- HEFT 1.- P. 79 - 96.

4. Composition. of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession/ G.J.N. Klaas, B. van Lagen, P. Buurman // Geoderma.- 2001.- V. 100. - P. 1 - 24.

5. Богородская А.В. Процессы первичного почвообразования в техногенных экосистемах на отвалах Бородинского буроугольного месторождения (восточная часть КАТЭК) / А.В. Богородская, О.В. Трефилова, А.С. Шишкин // Вестник Томского государственного университета. - 2014. - № 382. - С. 214 – 220.

6. Кузнецов В.С. Изучение механизмов самозарастания отвалов железорудного производства северных территорий / В.С. Кузнецов, О.Ю. Колосов // Проблемы недропользования: Материалы VI Всероссийской молодежной научной - практической конф. (8-10 февр. 2012 г.) - [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. - С. 117-121. – Режим доступа: //trud.igdur.ru

7. Месяц С.П. Средообразующая роль биоты и горной породы при восстановлении техногенных ландшафтов / С.П. Месяц, Н.С. Румянцева, Е.Ю. Волкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2015. - СВ 56. - С. 479 - 487.

8. Сибирина Л.А. Начальные этапы формирования растительного покрова на техногенных экотопах Приморского края / Л.А. Сибирина, О.В. Полохин, Е.В. Жабыко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. - Т. 14. - № 1(6). - С. 1539 - 1542.

9. Method of quantitative assessment of the regularities of natural restoration of biota in zones of technogenic disturbance by extractive enterprises/ Ju. Galchenko, Ju. Ozaryan // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 56. – URL: <https://www.e3s->

conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/31/e3sconf_pcdg2018_04006/e3sconf_pcdg2018_04006.html. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185604006>

10. Озарян Ю.А. Оценка естественного восстановления биоты в зоне воздействия горнодобывающих предприятий Хабаровского края по данным спутникового мониторинга / Ю.А. Озарян // Горный журнал. - 2018. - № 10 - С. 84 - 88. DOI: 10.17580/gzh.2018.10.16

11. Алтангэрэл Дамбын. Самовосстановление нарушенных земель в горных разработках Хэнтэйского нагорья центральной Монголии (на примере Баганурского месторождения угля) / Дамбын Алтангэрэл // Вестник Бурятского государственного университета. - 2015 - № 4 – С. 262 - 265.

12. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation/ J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering, J. C. Harlan //NASA/GSFC Type III Final Report. - Greenbelt, Md. - 1974. - 371 p.

13. Использование спутникового сервиса ВЕГА в региональных системах дистанционного мониторинга / Е.А. Лупян, С.А. Барталев, В.А. Толпин, В.О. Жарко, Ю.С. Крашенинникова, А.Ю. Оксюкевич / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2014. - Т. 11. - №. 3. - С. 215 - 232.

14. Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines/ P. Jaccard// Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 37, 1901. - P. 241—272.

15. Костенков Н.М. Почвы техногенных ландшафтов Приморья (Лучегорский и Павловский угольные разрезы) / Н.М. Костенков, И.В. Комачкова, Л.Н. Пуртова // Почвоведение. - 2013. – № 11. – С. 1283 - 293.

16. Кучерова С.В. О методах опушечных экотонов / С.В. Кучерова, М.Б. Миркин // Экология. - 2001. - № 5. - С. 339 - 342.

17. Бубнова М.Б. Экологический мониторинг природно-горнотехнических систем на основе данных дистанционного зондирования / М.Б. Бубнова, Ю.А. Озарян // Экологические системы и приборы. – 2015. - № 11. - С. 15 - 22.

18. Трубецкой К.Н. Исследование процессов самовосстановления биоты на поверхности техногенных новообразований / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко // Геоэкология освоения недр Земли и экогеотехнологии разработки месторождений. - 2015. - Гл. 5, Раздел 5.4. - С. 177 - 181.

19. Почвы на отвалах вскрышных пород в лесостепной и горно-таежной зонах Кузбасса / П.С. Брагина, А.С. Цибарт, М.П. Завадская, А.В. Шарапова // Почвоведение. - 2014. - № 7. - С. 878 - 889.