

## СТАТЬИ

УДК 622.85/33

**ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА «ХАРБАЛАХСКИЙ»  
С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ****<sup>1</sup>Герасимов В.И., <sup>2</sup>Антоева С.П., <sup>2</sup>Заровняев Б.Н.***<sup>1</sup>ГБПОУ РС (Я) «Харбалахский образовательный комплекс  
имени Н.Е. Мординова – Амма Аччыгыһай», Якутск;**<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»,  
Якутск, e-mail: Antoevasonia25@gmail.com*

**Аннотация.** В суровых природно-климатических условиях, в многолетней мерзлоте экологическая обстановка при разработке месторождений полезных ископаемых становится одной и важнейших задач в освоении природных ресурсов. При этом страдают и без того скудный ландшафт и экосистема в целом, в результате чего происходит локальный экологический дисбаланс. В первую очередь нарушается баланс биологической составляющей, состояние которого определяется растительностью, водными ресурсами и прекращается процесс саморегулирования системы в целом. Таким образом, после разработки месторождений происходит нарушение ландшафта, а в последующем прекращается саморегулирование природной среды и ее способность к самовосстановлению. Считается, что наиболее обширными нарушениями ландшафта характеризуется открытый способ разработки месторождений, по сравнению с подземным и другими геотехнологическими способами освоения недр. Наибольшие нарушения наносят выработанное пространство, отвалы, технологические площадки и коммуникации. Эти объекты имеют наиболее продолжительное влияние на природную среду, а также в них могут развиваться различные процессы, связанные с негативными воздействиями на окружающую среду, такие как повышение радиационного фона, загазованности, формирование пылевых облаков, самовозгорание, деформации и обрушения отвалов, бортов карьеров, таяние мерзлоты. В связи с вышеизложенным разработка месторождения полезного ископаемого на примере Харбалахского разреза рассматривается как единый процесс, включающий извлечение полезного ископаемого, технологическую, биологическую рекультивацию и восстановление нарушенных земель для дальнейшего землепользования. Таким образом, освоение недр рассматривается в двух этапах: первый этап – извлечение полезных ископаемых и процессы, связанные с ними (вскрытие, вскрышные работы, отвалообразование, строительство технологических объектов и сооружений, добычные работы, обогащение, строительство дамб, хвостохранилищ и др. объектов); второй этап – завершение горных работ, технологическая и биологическая рекультивация, с последующим возвратом нарушенных земель для использования в народном хозяйстве. При этом основным объемом работ второго этапа является биологическая рекультивация, осуществляемая после технологической рекультивации – выполаживания бортов карьеров, откосов отвалов. Сложность этапа заключается в скудности биоресурсов, растительного слоя и усложняется продолжительным зимним периодом. Эти обстоятельства потребовали подробного изучения возможностей собственных биоресурсов на отвалах, выработанных пространствах и технологических дорогах, определения видов растений, наиболее подходящих для данных условий. Для условий трансформирования Харбалахского месторождения, включающего его разработку, технологическую и биологическую рекультивацию, исследованы и оценены масштабы нарушения биоты, установлены особенности экосистемы (сложность приживаемости семян, скудность плодородного слоя, короткий вегетационный период и продолжительная зима и т. д.) и определены перспективные направления дальнейшего использования месторождения.

**Ключевые слова:** полезное ископаемое, карьер, эксплуатация месторождения полезных ископаемых, разработка полезных ископаемых, рекультивация, использование выработанного пространства

**TRANSFORMATION OF A DEPOSIT USING THE EXAMPLE  
OF THE KHARBALAKHISKY OPEN PIT MINE  
WITH SUBSEQUENT BIOLOGICAL RECLAMATIO****<sup>1</sup>Gerasimov V.I., <sup>2</sup>Antoeva S.P., <sup>2</sup>Zarovnyaev B.N.***<sup>1</sup>Harbalakh educational complex, Yakutsk;**<sup>2</sup> North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk,  
e-mail: Antoevasonia25@gmail.com*

**Annotation.** The ecological sustainability of any landscape and ecosystem as a whole depends, first of all, on the biological component and is determined by the state of vegetation, which represents a stable self-regulating system that has a response to external influences through maintaining an undisturbed state to a certain extent and the ability to self-heal. The most common types of man-made landscapes are quarries, tailings ponds and waste rock dumps. For a long time they remain largely uncertain and unpredictable in environmental and environmental-economic relations, which requires measures to prevent their negative impact on the environment, including addressing issues of reclamation. A transformed mineral deposit is a mining-geological volume on the surface or in the interior of the Earth, consisting of an array of various rocks, including deformed ones, a mined-out space with a volume equal to the volume of the extracted rock mass, and natural pillars. Minerals, not mineral deposits, are physically mined. After the extraction of minerals, they continue to serve the needs of society, moving into another category of georesources in the form of mined-out space. New definitions of natural and transformed deposits show that the main targeted actions for the development of the Earth's interior are carried out in two stages. At the first

stage, the development of mineral resources is carried out, i.e. extraction of minerals. As a result, ground-based man-made voids are formed in the quarry field, i.e. mined-out spaces, dumps of various configurations and sizes. At the second stage of field operation, restoration, reclamation and use of mined-out space are implemented, i.e. its disposal by creating industrial and civil facilities for various purposes in it. Thus, in the conditions of the Far North, the transformation of the deposit begins with biological reclamation as a complex of restoration measures for disturbed biota and has its own characteristics (difficulty of seed survival, lack of fertile layer, survival of seeds after long frosts, etc.) and is due to the high degree of fragility of ecosystems and complexity selection of reclamation species.

**Keywords:** mineral, quarry, exploitation of mineral deposits, mining, reclamation, use of mined-out space

В арктических и северных регионах масштабы нарушения окружающей природной среды горнопромышленными предприятиями с каждым годом заметно увеличиваются, вызывая нарушение и вывод из сельскохозяйственного оборота земель. Выработанные пространства, отвалы и технологические площадки становятся источниками загрязнения окружающей среды, атмосферы, воды и почв, прилегающих сельскохозяйственных угодий, нарушают санитарно-гигиенические условия окружающей среды. С целью восстановления природного баланса территорий горнопромышленных регионов следует произвести их рекультивацию. Опыт рекультивации нарушенных земель в стране и за рубежом представлен в работах [1–3], где рассмотрены масштабы нарушения земель, их накопление и основные виды технологической и биологической рекультивации. Анализ работ показывает, что в настоящее время идет интенсификация накопления нарушенных земель выработанными пространствами, отвалами, технологическими дорогами и площадками, что требует безотлагательных мер по восстановлению нарушенных земель [4].

За последние годы выполнено достаточно много научно-исследовательских работ по разработке экологически безопасных технологий разработки месторождений и рекультивации нарушенных земель [5–7]. В работах представляются технологии ведения горных работ с внутренним отвалобразованием и последующей их рекультивацией. Данные технологии наиболее подходят для разработки угольных месторождений в условиях многолетней мерзлоты. Однако в этих работах не представляются технологии биологической рекультивации выработанного пространства с последующим использованием рекультивированного карьерного поля в народном хозяйстве.

Для решения вопроса восстановления нарушенных земель нами рассмотрены варианты их рекультивации, в том числе биологическая, и их использования в других целях после трансформирования месторождения в рекреационные зоны. Термин «трансформирование месторождения» включает в себя разработку месторождения с извлечением полезного ископаемого

и дальнейшее его использование в других целях. Например, после биологической рекультивации в виде пастбищ или создания в выработанном пространстве рекреационной зоны в виде пруда с использованием месторождения после извлечения полезного ископаемого [8, 9]. Таким образом, трансформирование месторождения включает его разработку, извлечение полезного ископаемого, технологическую и биологическую рекультивацию. Настоящая работа посвящена биологической рекультивации угольного месторождения.

Как известно, Якутия – крупнейший регион по добыче алмазов, золота, полиметаллов, руд и угля и, как следствие, их добыча открытым способом привела к обширным нарушениям ландшафта и загрязнениям водных ресурсов, в целом к дисбалансу экосистемы и ее трансформации в непригодные земли. В связи с этим актуально не только изучение состояния нарушенных земель, но и исследование возможностей их биологической рекультивации.

Цель исследования – трансформирование выработанного пространства карьера «Харбалахский» и отвалов в результате биологической рекультивации для его использования в различных сферах народного хозяйства.

Задачи исследования:

1. Изучить регенеративную способность естественных и техногенных почвогрунтов на карьере «Харбалахский».
2. Определить площади и объемы, подлежащие рекультивации при трансформировании карьера «Харбалахский».
3. Выявить наиболее регенеративные способы биологической рекультивации площадей разреза «Харбалахский» без применения плодородного слоя.

Результаты исследования могут быть использованы при оценке потенциала биологической рекультивации нарушенных площадей малых угледобывающих разрезов в условиях криолитозоны, что позволит обеспечить инновационные, эффективные и экономически целесообразные методы биологической рекультивации или создание рекреационных зон. Также определить основные направления трансформирования месторождения и области использова-

ния выработанного пространства и отвала повторно.

Новизна: впервые при разработке угольных месторождений в условиях многолетней мерзлоты вводится понятие «трансформированное месторождение» как следствие технологической и биологической рекультивации выработанного пространства и отвалов для их дальнейшего использования в различных отраслях народного хозяйства.

### Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются техногенные экосистемы (выработанное пространство, отвалы, технологические площадки, дороги, почвы и растительность) Харбалахского угольного разреза (АО «Телен») с. Харбалах Таттинского улуса Республики Саха (Якутия). Добыча угля ведется открытым способом.

Почвогрунты изучались с применением рекогносцировочных и лабораторных методов. Анализы химических свойств почв выполнены в Якутской республиканской агрохимической проектно-изыскательской станции. Для определения трансформационного месторождения производились расчеты выработанного пространства карьера «Харбалахский». При проведении исследований биологических ресурсов на территории Харбалахского разреза были использованы общепринятые ботанические и геоботанические методы Миркина и Розенберга. Названия растений использованы на русском языке по С.К. Черепанову [10, 11].

При этом было использовано новое понятие о разработке месторождения и дальнейшем его использовании после рекультивации, представленное Б.Р. Ракишевым под термином «трансформированное месторождение». Согласно этому понятию это месторождение полезного ископаемого как горно-геологический объект на поверхности, состоящее из массива различных горных пород, а после извлечения полезного ископаемого – месторождение в виде деформированных массивов, выработанного пространства, отвалов, технологических площадок и объектов с нарушенным ландшафтом.

*Экологическая обстановка карьера «Харбалахский».* Карьер «Харбалахский» представляет собой выработанное пространство в виде ямы на берегу р. Амга после извлечения угля, песчано-гравийной смеси и пород вскрыши, а также отвалами, высотой до 22–30 м и террасированным бугристым рельефом с крутонаклонными откосами. При этом, как правило, площадка выработанного пространства, технологических дорог и отвалов уплотнена техникой, что усложняет произрастание

и развитие любой растительности, что делает трансформированное месторождение неблагоприятным в экологическом отношении объектом. Так как сказывается кислотность пород, складированных в отвалы, где произрастание растительности происходит очень долго и вследствие вымывания солей дождевыми водами и оттаивания снега.

*Степень зарастания отвалов растительностью.* Растительный покров территории формируется на плоскогорном рельефе в условиях лучшей теплообеспеченности при большем количестве осадков и пониженной континентальности климата. На старых отвалах карьера «Харбалахский» (2010–2015 гг.) начинаются процессы естественного зарастания. Доминирующие виды растительности: лиственница даурская, ива-верба (1–1,7 м), пастушья сумка, иван-чай, осока острая, полынь обыкновенная, клевер ползучий. На отвалах 2020–2021 гг. растительности не наблюдается (на откосах полынь).

Работы по изучению трансформированного месторождения для биологической рекультивации карьера «Харбалахский» проводились совместно с инженерами АО «Телен». В ходе исследовательской работы изучены почвенный грунт, вода в отстойнике, растительность, отвалы пустых пород и определена степень трансформированности месторождения для биологической рекультивации.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анализа плодородного слоя показали, что в районе ведения горных работ преимущественное развитие имеют эллювиальные и делювиальные карбонатные породы, а также дерново-карбонатные почвы. Местами обнаружены нижнекембрийские породы, перекрытые аллювиально-делювиальными отложениями с мерзлыми торфяниками.

Таким образом, долина р. Амга преимущественно отложена мерзлыми аллювиальными дерновыми торфяно-глеевыми почвами, малопригодными для биологической рекультивации.

Первые две фракции характерны для нижней половины комплекса, сложенной переслаиванием мелкозернистых песков, глин, суглинков и супесей, с включениями древесных остатков и тонкими линзами растительного детрита.

Верхняя часть представлена исключительно супесями и суглинками. Для данной толщи характерны четко выраженные косые и вертикальные текстуры, наличие крупных ледяных жил. Мощность отложений от 8–10 до 70 м.

Таблица 1

Результаты испытаний  
Лабораторный номер пробы № 286-В

Точка отбора проб: Место временного хранения отходов					
№	Определяемый показатель	Единица измерения	Содержание	Показатель точности методики	НД на метод исследования
1	Сухой остаток	мг/кг	74,8	±8,2	ПНДФ 16.2.2:2.3:3.32-02
		%	0,00788		
2	Сульфат-ион	мг/кг	79,7	±15,9	ПНДФ 16.1:2:2.2:3.53- % 0,00797 08
		%	0,00797		
3	Марганец	мг/кг	72018,0	±32408,1	ПНДФ 16.3.85-17
		%	7,2018		
4	Железо	мг/кг	40362,8	±18163,3	ПНДФ 16.3.85-17% 4,03628

Таблица 2

## Компонентный состав

№	Определяемый показатель	Единица измерения	Содержание
	Горная порода (песок)	%	97,44
	Механические примеси	%	2,56

## Химический состав горной породы (97,44%)

№	Определяемый показатель	Единица измерения	Содержание
1	Сухой остаток	%	0,00788
2	Сульфат-ион	%	0,00797
3	Марганец	%	7,20180
4	Железо	%	4,03628
5	Диоксид кремния (песок)	%	86,18607

Результаты испытаний. Наименование образца (пробы): Отходы.

Цель: определение компонентного состава (табл. 1).

На основании химического анализа для отхода «вскрышные породы в смеси практически неопасные» установлен следующий компонентный состав (табл. 2).

Также провели анализ воды отстойника карьера «Харбалахский».

Источником обводнения выработки будут служить воды атмосферных осадков. Выработка будет представлять собой котлован.

Для сбора и отвода всех атмосферных вод, поступающих с участков местности, расположенных на склоне выше границ разреза, проходит нагорная канава трапециевидного сечения длиной 543 м, обеспечивающая отвод воды в пониженное место рельефа. Канава проведена бульдозером на механическое рыхление вдоль западного борта разреза.

Уклон дна разреза 0,06 в сторону юго-западного угла обеспечит сток вод атмосфер-

ных осадков с полотна дна разреза. Стекающие воды собираются в зумпф-отстойник, сооружаемый бульдозером на мехрыхление, на самых низких отметках дна разреза, после зимне-весенней добычи угля. Зумпф-отстойник играет роль очистного сооружения, где эти воды будут отстаиваться. Размеры земляного отстойника составляют: в плане 15×8 м, высота проточной части – 2 м. Зумпф разделяется внутри на две части фильтрующей дамбой из крупного камня.

Расчетный суточный приток дождевых вод в разрез составляет 155 м<sup>3</sup>/сут. Принятая емкость водоема с учетом перелива – 200 м<sup>3</sup>.

Вода из разреза периодически, по мере заполнения, откачивается насосом из водоприемного зумпфа и подается по водоводу на зумпф-отстойник, расположенный за пределами разреза в сторону юго-восточного угла. В зумпфе-отстойнике той же конструкции, что и зумпф-водосборник, очищенная вода периодически сливается самотеком на рельеф местности, а далее стекает в руч. Улахан-Уоттах.

Таблица 3

Характеристика условий выполнения анализа при биотестировании  
Результаты испытаний  
Лабораторный номер пробы № 286

№	Контролируемый показатель	Единица измерения	Результат	Показатель точности методики	НД на метод исследования
1	Водородный показатель	ед (рН)	7,3	±0,1	ПНДФ 16.2.2:2.3:3.33- 0

Таблица 4

Точка отбора пробы: карьер угля

Тестируемая проба	Тест-объект	Продолжительность наблюдения (ч)	Безвредная кратность разбавления	Оценка тестируемой пробы
Водная вытяжка из отходов: «вскрышные породы в смеси практически неопасные»	Дафния	48	1	Не оказывает острого токсического действия
	Хлорелла	22	1	Не оказывает острого токсического действия

Биотестируемая среда: водная вытяжка из отходов: «вскрышные породы в смеси практически неопасные».

Для эксперимента использовались следующие кратности разбавления водной вытяжки: 1 (без разбавления), разбавление в 100 раз, разбавление в 1000 раз, разбавление в 10000 раз. В качестве тест-объектов для проведения исследования соответствия с областью аккредитации использованы *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer. По результатам проведения лабораторных исследований, измерений и испытаний, проведенных методом биотестирования, установлено следующее: водная вытяжка из отходов «вскрышные породы в смеси практически неопасные» без разбавления, а также при кратности разбавления в 100 и более раз не оказывают токсического действия на тест-объекты *Daphnia magna* Straus и *Chlorella vulgaris* Beijer. Результаты биотестирования на двух тест-объектах показали, что в соответствии с Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды, утвержденными приказом МПР от 22.05.2017 № 242, водная вытяжка из отходов: «вскрышные породы в смеси практически неопасные», образующиеся в результате производственной деятельности ООО «Телен», соответствует V (пятому) классу опасности. Тип пробы: объединенная. Место отбора проб: Таттинский (улус) район, с. Харбалах. Агрегатное состояние отхода: твердое.

В результате работ изучен ботанический состав участков до и после разработки месторождения. На четырех контрольных площадках размером 5х5 м выявлены флористический состав, количественное соот-

ношение видов, их фенологическое состояние, структура сообществ (рис. 1).

Исследуемая площадка 1 располагается в 300 м на северо-восточной части карьера «Харбалахский». Из растительности преобладает листовенничное редколесье в основном вдоль технологической дороги. Травостой представлен овсяницей с примесью кипрея, полыни, видовое разнообразие весьма скудное. Растительность занимает до 60% исследуемой площадки, средняя высота растительности составляет от 10 до 40 см.

Исследуемая площадка 2 располагается дальше первой и дислоцируется в 500 м выше нее, где имеется зона естественного произрастания листовенницы, кустарников в смеси с ивой, шиповником, под которыми произрастает брусника вперемежку с разнотравьем, лисохвостом и овсяницей. Рельеф местности бугристый с развитой системой технологических дорог, просек, площадка сильно обводнена. Растительность покрывает площадку до 65–70%, имеющийся травостой достигает в высоту 20 см.

Площадка 3 представляет северо-восточную часть карьера, частично вырублена. На площадке имеется крутонаклонный высокий склон террасы, травостой весьма редкий и пребывает на начальной стадии сукцессионного процесса. Покрытие площадки растительностью такое же, как и площадки 2.

Площадка 4 располагается на восточной части карьера, напротив площадки 2. На площадке произрастает в основном полынь, бескильница, лапчатка, кипрей узколистный. Покрытие площадки растительностью составляет до 25%, высота травостоя достигает 30 см.



#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- отвалы
- вырубки
- земли, нарушенные при разведке месторождений
- ◆ - нарушенные земли
- ◆ - естественные земли

*Рис. 1. Площадки исследований растительности земель до и после разработки месторождения «Харбалахский»*

Результаты исследований растительности отвалов показали, что их растительный покров находится в начальной стадии сукцессионного развития. На новых и высоких отвалах нет никакой растительности. Вследствие работы тяжелой техники на этой площадке для выравнивания вершук отвалов (технологический этап рекультивации) наблюдается чрезмерное уплотнение грунта, препятствующее закреплению семян и росту растений.

Наблюдения за отвалами, выработанным пространством и технологическими дорогами позволили установить, что со времени их формирования устойчивой растительности не было. На старых отвалах 10-летней давности начался процесс зарастания полынью, скердой кровельной, лапчаткой, кипреем, бескильницей, которые занимают до 10–25% исследуемых площадок.

Исследованиями установлено, что до начала разработки месторождения обнаружено 18 видов растений, в том числе багульник, толокнянка, брусника, береза, можжевельник, ель, сосна. Среди всех растений доминирует лиственница и брусника, встречаемость 100%.

На поверхности отвалов обнаружено 11 видов растительности, в том числе ива козиночная, кипрей, полынь, одуванчик.

Также имеются всходы красной смородины, шиповника, колокольчика круглолистного, бескильницы. Доминантом здесь является быстро прогрессирующий кипрей, благодаря способности распространяться с помощью ветров он распространяется на всю исследуемую площадку. Установлено, что через несколько лет вышеперечисленные виды травянистых растений вытесняются кустарниками и многолетниками. На этой площадке проективное покрытие достигает 5 баллов, а видовой состав увеличивается до 10 видов. Исследованиями установлены высокие показатели проективного покрытия на исследуемых участках 1 и 2 (табл. 5).

Установлено, что на поверхности старого отвала наблюдается медленное зарастание растительностью, так как здесь отсутствует плодородный почвенный слой для развития растительности.

Изучены отвалы карьера «Харбалахский». Отобраны два исследуемых участка и составлена карта: Отвал № 1 с площадью 992 м<sup>2</sup> отсыпан горной породой в 2021 г. Поверхность отвала выровнена на 85%, вторая часть состоит из крупно-глыбистых пород. Отвал № 2 с площадью 415 м<sup>2</sup> отсыпан в 2015 г. форма отвала виде треугольника, имеется растительность (рис. 2).

Таблица 5

Показатели проективного покрытия и видов растений на нарушенных площадках разреза «Харбалахский»

Объект исследования	Среднее значение проективного покрытия	Количество видов растений
Отвалы пустых пород (2015 г.)	5–16%	1–7
Площади, нарушенные при проведении геологоразведочных работ	10–26%	1–7
Вырубки лесов	46%	1–9



Рис. 2. Карта изучаемых отвалов карьера «Харбалахский»

Осмотром отвалов установлено, что растительность на их поверхности уничтожена тяжелой карьерной техникой, а также технологическими дорогами. На откосах уступов произрастают редкие экземпляры ив, разнотравья.

Отмечается, что за последние 35 лет не проводилась биологическая рекультивация отсыпанной плодородной почвы. В 1990-е гг. в старом карьере, что находится около 1 км юго-западной части от карьера «Харбалахский», высаживали картофель с отсыпкой плодородного слоя (чернозема). Поэтому способы и методы биологической рекультивации должны нести системный и поэтапный характер.

Для биологической рекультивации на отвалах разреза «Харбалахский» выбраны площадки по следующим показателям:

- расположение площадки вблизи разреза и пос. Харбалах (3 км), что удобно для выполнения наблюдений;

- доступность площадок для завоза оборудования и его размещения рядом с транспортной коммуникацией;

- отвалы должны быть полностью сформированные и устоявшиеся;

- небольшие габариты отвалов, с целью сокращения объемов для технологической рекультивации (средства на рекультивацию не предусмотрены);

- относительно спокойная поверхность отвала с оставлением площади с крупноглыбистыми породами.

Для определения объема трансформированного месторождения выбраны два отвала карьера «Харбалахский»: 1 – 2022 г., 2 – 2015 г. Произведен расчет объемов отвалов, слагающих карьерное поле, соответственно, объемы отвалов составили: 1 – 29760 м<sup>3</sup>, 2 – 9130 м<sup>3</sup>. Таким образом, объем выработанного пространства двух отвалов составляет примерно 38890 м<sup>3</sup>.

Исследования показали, что на площадях территории карьера «Харбалахский» нарушено более половины общей площади имеющегося растительного покрова. В целях определения объема выработанного пространства карьера для повторного использования карьерного поля нами вместе

с инженерами АО «Телен» произведены расчеты исходя из данных: общая площадь участка составляет 152000 м<sup>2</sup>, из них отработанная площадь составляет 112500 м<sup>2</sup>, объем горной массы 1992510 м<sup>3</sup>, вывезено на внешний отвал 239400 м<sup>3</sup> на площади 39900 м<sup>2</sup>, остальной объем горной массы перемещен во внутренний отвал, объем которого составляет 522082,2 м<sup>3</sup>, в качестве чего можно использовать данное выработанное пространство.

Таким образом, освоение месторождения «Харбалахский» можно рассмотреть в два этапа: извлечение угля и использование после биологической рекультивации. Последнее возможно при сохранении, восстановлении, обеспечении функционирования экосистемы в целом с последующим рациональным использованием всех компонентов биосферы в интересах народного хозяйства.

### Закключение

В результате предстоящего завершения отработки карьерного поля каменноугольного месторождения «Харбалахский» и запланированными рекультивационными работами весь процесс освоения месторождения можно разбить на два этапа: извлечение полезного ископаемого и восстановление. Дальнейшее его использование для народного хозяйства определяется понятием трансформированного месторождения после биологической рекультивации нарушенных земель. Выполненные с этой целью исследования перспективности рекультивационных работ позволили сделать следующие выводы:

1. На первом этапе освоения месторождения «Харбалахский» нарушено более 60% земельного отвода, из которых отвалы вскрыши занимают около 15%, собственно карьерное поле составляет 5%, технологические площадки и автомобильные дороги – 15%.

2. Отвалы вскрышных пород представлены небольшим биологически активным растительным слоем, песчаником и легкими суглинками вперемешку с песчано-гравийной смесью, на которых зафиксирована начальная стадия зарастания выработанного пространства, отвалов и технологических площадок. Выявлена возможность ускорения процесса путем проведения биологической рекультивации.

3. Выработаны рекомендации по использованию трансформированного месторождения в народном хозяйстве: создание лесных насаждений, обустройство водоемов различного назначения, нанесение биомата, навоза и др.

### Список литературы

1. Кожевников Н.В., Заушинцена А.В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1. С. 43–47.

2. Чemezov Е.Н., Пестерев А.П. Фоновая характеристика наземных экосистем Арктики // Горный журнал. 2023. № 4. С. 59–63. DOI: 10.17580/gzh.2023.04.09.

3. Zarovnyaev Boris, Shubin Grigory, Sobakina Mariya. Justification of environmentally safe technology for the development of fields with an ice-breed internal dump // 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019 // Conference Proceedings Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. 2019. Vol. 19. Is. 1.3. P. 363–369. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.046.

4. Agata Fugiel, Dorota Burchart-Korol, Krystyna Czaplika-Kolarz and Adam Smoliński. Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries // Jr of Cleaner Production. 2017. Vol. 143. С. 159–168.

5. Зеньков И.В., Морин А.С., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н., Веретенова Т.А. Восстановление экологии нарушенных земель при разработке Волчанского угольного месторождения по результатам дистанционного зондирования // Уголь. 2019. № 10. С. 105–107. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-10-105-107.

6. Фомин С.И., Фауль А.А. Способы снижения экологической нагрузки на горнодобывающие регионы // Записки Горного института. 2013. Т. 203. С. 215–219.

7. Zarovnyaev B.N., Shubin G.V., Budikina M.E., Sobakina M.P., Koroleva S.I. Development of environmental geotechnologies in the conditions of cryolithzone // 20-th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2020 Conference Proceedings volume 19 Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining Is. 1.3. P. 59–64. DOI: 10.5593/SGEM2020/1.2/S03.008.

8. Ракишев Б.Р. Новые определения естественного и трансформированного месторождения полезного ископаемого и этапы их эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 8. С. 165–177. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_8\_0\_165.

9. Шеломенцев И.Г., Славиковская Ю.О. Классификация техногенных пустот недр с учетом направления использования ресурсного потенциала для целей экологической реабилитации территорий горнопромышленного комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 12. С. 127–140. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-127-140.

10. Абакумов Е.А., Гагарина Э.И. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на Северо-Западе Русской равнины. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. 208 с.

11. Гоголева П.А. Справочное пособие «Конспект флоры высших сосудистых растений Центральной Якутии». Якутск: Изд-во СО РАН. Якут. фил., 2003. 64 с.