



**ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
О НАРУШЕНИИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ОСВОЕНИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В. Л. Гаврилов¹, Н. А. Немова^{1,2}, А. В. Резник¹,
Н. С. Косарев², М. И. Смык², К. Е. Медведева²**

¹*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: nemova-nataly@mail.ru,
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

²*Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
ул. Плеханова 10, г. Новосибирск 630108, Россия*

Аннотация. Выполнена оценка нарушенности земель в добывающих районах восточной части Новосибирской области. Показано, что по сравнению с другими регионами Сибири техногенно измененных горными работами земель на территории меньше, а уровень их рекультивации и восстановления остается невысоким. Отмечена существующая сложность применения данных официальной статистики и авторских материалов при оценке уровня влияния конкретных источников загрязнения или отраслей на окружающую среду из-за различных методических подходов при выполнении расчетов. С использованием материалов дистанционного зондирования земли и разработанной базы данных построены карты техногенно измененных территорий, учитывающие динамику ведения открытых горных работ. Обусловлена необходимость разработки комплексных подходов к исследованию новых техногенных ландшафтов с изменяющимися в динамике параметрами и свойствами. Сформулированы направления дальнейших исследований по разработке решений, позволяющих рационально обрабатывать месторождения с минимальным воздействием на окружающую среду.

Ключевые слова: месторождение, уголь, золото, горные работы, экология, нарушенные земли, техногенный ландшафт

**ABOUT LAND DISTURBANCE WHEN DEVELOPING
MINERAL RESOURCE BASE IN THE EASTERN PART OF THE NOVOSIBIRSK REGION**

**V. L. Gavrilov¹, N. A. Nemova^{1,2}, A. V. Reznik¹,
N. S. Kosarev², M. I. Smyk² and K. E. Medvedeva²**

¹*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
E-mail: nemova-nataly@mail.ru, Krasny prospect 54, Novosibirsk 630091, Russia*

²*Siberian State University of Geosystems and Technologies,
ul. Plakhotnogo 10, Novosibirsk, 630108, Russia*

Abstract. The assessment of land disturbance in the mining areas of the eastern part of the Novosibirsk region was carried out. It is shown that, compared with other regions of Siberia, there are fewer technogenically altered mining lands in the territory, and the level of their reclamation and restoration remains not high. The existing complexity of using official statistics and author's materials in assessing the influence level of specific pollution sources or industries on the environment due to different methodological approaches when performing calculations is noted. Using the materials of remote sensing of the Earth and the developed database, maps of technogenically altered territories were constructed, taking into account the dynamics of open-pit mining. The necessity of developing integrated approaches to the study of new technogenic landscapes with dynamically changing parameters and properties is conditioned. The trends of further research on the development of solutions for efficient deposits mining with minimal environmental impact are formulated.

Keywords: deposit, coal, gold, mining, ecology, disturbed lands, technogenic landscape

ВВЕДЕНИЕ

По сравнению с рядом сибирских регионов минерально-сырьевая база восточной части Новосибирской области является относительно не богатой. Несмотря на это добывающие предприятия рассматриваемой территории вносят достаточно весомый вклад в формирование экономического потенциала региона и при определенных обстоятельствах могут оставаться одним из драйверов его роста [1]. Сравнительно низкий уровень конкурентоспособности основной части разведанных запасов препятствует более масштабному преобразованию добывающих отраслей в области и снижает показатель их инвестиционной значимости. При этом существующие альтернативные мнения о минерально-сырьевой бедности региона, периодически распространяемые в различных источниках, связаны как с некомпетентностью авторов, так и с целями их амбициозного самоутверждения [2].

Наиболее значимыми с точки зрения востребованности внешним и внутренним рынкам, масштабности и эффективности освоения являются антрацит и каменный уголь. Добыча золота из россыпных месторождений при условии его конкурентных содержаний в ограниченных запасах также может быть эффективной, но менее значимой. Общераспространенные полезные ископаемые (цементное сырье, глины, суглинки, облицовочные и строительные камни, песчано-гравийные материалы, известняк, пески, торф), имеющие преимущественно внутриобластное значение, востребованы главным образом строительным и дорожным комплексом.

В тоже время добывающие предприятия рассматриваемой территории вносят достаточно весомый вклад в формирование экономического потенциала региона и при определенных обстоятельствах могут оставаться одним из драйверов его роста [1]. Однако сравнительно низкий уровень конкурентоспособности разведанных запасов препятствует более масштабному преобразованию добывающих отраслей в области, что снижает уровень их инвестиционной значимости. В тоже время имеются альтернативные мнения о минерально-сырьевой бедности региона, и эти мифы, периодически распространяемые в различных источниках, связаны как с некомпетентностью авторов, так и с целями их амбициозного самоутверждения [2].

Наиболее значимыми с точки зрения востребованности внешним и внутренним рынкам, масштабности и эффективности освоения являются антрацит и каменный уголь. Добыча золота из россыпных месторождений при условии его конкурентных содержаний в ограниченных запасах также может быть эффективной, но менее значимой. Общераспространенные полезные ископаемые (цементное сырье, глины, суглинки, облицовочные и строительные камни, песчано-гравийные материалы, известняк, пески, торф), имеющие преимущественно внутриобластное значение, востребованы в основном строительным и дорожным комплексом.

В результате ведения горных работ и их возможного расширения достаточно большие площади выводятся из первоначального целевого назначения, территории техногенно изменяются с формированием дополнительной экологической нагрузки. Рост требований к охране окружающей среды вызывает объективную необходимость максимально точных оценок условий и порядка долгосрочного использования минерально-сырьевой базы на землях различного назначения на основе более полных знаний о текущем и ожидаемом воздействии на экологию самого горнопромышленного комплекса и производств, связанных с потреблением выпускаемой им продукции. В такой ситуации исследование степени нарушения земель при освоении минерально-сырьевой базы восточной части Новосибирской области представляется своевременным.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ теоретических и практических подходов к пространственному и отраслевому развитию области показывает, что основное внимание уделяется добыче реально востребованных рынком сравнительно ликвидных видов минерального сырья. Основные добывающие районы —

Искитимский, Тогучинский и Маслянинский, расположенные в восточной части области, где сосредоточены основные запасы и прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых, обработка которых горнодобывающими предприятиями формирует основную техногенную нагрузку на окружающую среду.

С точки зрения экологической безопасности добывающая отрасль является сложной. В процессе эксплуатации месторождений образуются изменяющие поверхность земли пустоты и насыпи, различные по масштабам и уровню влияния на окружающую среду. Новый техногенный ландшафт может и провоцирует изменение состояния массива горных пород, его свойств и окружающей среды (деградация земель, потеря лесов, верхнего слоя почвы и сельскохозяйственных угодий, изменение гидрологических условий, загрязнение воздуха, почв, поверхностных и подземных вод). В окружающую среду попадает значительное количество пыли разных классов крупности, газообразные и жидкие загрязнители.

Сказанное в полной мере относится к минерально-сырьевому комплексу более развитой восточной части Новосибирской области. Рассмотрим роль и место добывающих отраслей региона в нарушении земель различного назначения при освоении месторождений твердых полезных ископаемых и направления их работы, ориентированные на снижение экологических рисков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использованные подходы в определенной степени базируются на ранее полученных авторами результатах. Методы: анализ и сравнение данных, характеризующих количественные и качественные особенности минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых и условий работы добывающих предприятий восточной части Новосибирской области; синтез на этой основе сценариев их ресурсосберегающего развития с учетом конъюнктуры основных для региона видов сырья.

Информационно-аналитической основой при проведении работы послужила разработанная и пополняемая база данных “Минерально-сырьевая база горнопромышленного комплекса восточной части Новосибирской области”, содержащая сведения об основных разрабатываемых, а также перспективных для освоения месторождениях и участках недр. Данные получены из различных источников (отчеты, проекты, публикации, фондовые материалы и др.) и включают взаимосвязанные и взаимодополняющие таблицы с: географическими, природно-климатическими, геологическими, технологическими, логистическими и экономическими характеристиками объектов недр рассматриваемой территории.

СОСТОЯНИЕ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Согласно Земельного кодекса России земли по целевому назначению подразделяются на несколько категорий, при этом их назначение во времени может изменяться с переводом из одной категории в другую (табл. 1, графа 1). Освоение месторождений полезных ископаемых изменяет исходное состояние природных ландшафтов с образованием различных групп нарушенных земель, которые в зависимости от последующего применения в различных отраслях промышленности и сельском хозяйстве классифицируют: по направлениям рекультивации (табл. 1, графа 2) с видами использования рекультивированных земель; форме техногенного рельефа (табл. 1, графа 3) с обуславливающими техногенный рельеф факторами, преобладающим элементом техногенного рельефа, его морфометрическими характеристиками и видом использования; характеру обводнения (табл. 1, графа 4) с определяющим характер увлажнения основным фактором и виду использования без проведения и с проведением гидромелиоративных и гидротехнических мероприятий.

ТАБЛИЦА 1. Классификация нарушенных земель

Целевое назначение земель (Земельный кодекс РФ)	Группа нарушенных земель (ГОСТ Р 59060-2020)		
	по направлениям рекультивации	по форме техногенного рельефа	по характеру обводнения
Сельскохозяйственное Населенные пункты Промышленность, энергетика, транспорт, связь и иное спецназначение Особо охраняемые территории и объекты Лесной фонд Водный фонд Запас	Сельскохозяйственная Лесохозяйственная Водохозяйственная Рекреационная Природоохранная Строительная Консервационная и санитарно-гигиеническая	Открытые горные работы: карьерные выемки, внут- ренние и внешние отвалы Подземные горные работы: провалы, прогибы, отвалы Строительство линейных сооружений: земляные выемки и насыпи	Сухие Умеренно- влажные Переувлажненные Обводненные

Земельный фонд Новосибирской области на 2020 г. составил более 17.5 млн га (табл. 2) [3]. Из-за деятельности человека ежегодно происходит сокращение площади земель сельхозназначения. По сравнению с 2019 г. площадь земель данной категории уменьшилась на 14.3 тыс. га, а площади земель промышленного назначения, населенных пунктов и лесного фонда увеличились соответственно на 0.6, 0.2 и 13.5 тыс. га.

ТАБЛИЦА 2. Площадь земель Новосибирской области, включая нарушенные

Целевое назначение земель (Земельный кодекс РФ)	Занимаемая площадь, тыс. га	Доля, %	Площадь нарушения, тыс. га
Сельскохозяйственное	11128.5	62.5	0.3
Лесного фонда (преобладает в северной части региона)	4629.6	26.1	—
Запаса	1041.2	5.9	0.2
Водного фонда	595	3.3	—
Населенных пунктов	267.7	1.5	0.2
Прочие*	126.5	0.7	1.0

*Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения

Планы использования природных ресурсов требуют оценки текущего и будущего воздействия на окружающую среду [4], а оценка уязвимости региональной экологической системы является важным этапом устойчивого управления ее состоянием [5]. Добыча части георесурсов при освоении недр вызывает объемный характер внешнего воздействия с активным нарушением состояния литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы и антропосферы Земли [6]. В результате ведения горных работ в литосфере формируется новый сложный геоэкологический объект — техногенно измененные недра, представленные неким объемом, окруженным неизменной литосферой, внутри которого находится зона техногенного разрушения и зона, спровоцированная этим разрушением. Состояние этого объекта может характеризоваться количественно путем определения индекса состояния литосферы, его плотности в пределах техногенно изменяемых недр, а также размером зоны изменения состояния литосферы [7]. Для техногенных ландшафтов объектов освоения минерально-сырьевой базы, как изменяющейся во времени и пространстве динамической системе, характерна сложность как на “структурном” уровне (определяется числом элементов и связей между ними), так и “поведенческом” (определяется набором реакций на внешние возмущения или степень эволюционной динамики) [8]. При этом ущерб окружающей среде обычно рассматривается как неизбежное следствие поддержания социально-экономического развития [9].

Оценке уровня экологического восстановления на различных территориях страны с объектами горнодобывающей промышленности посвящены работы ряда авторов. При достаточно большом объеме научных исследований в данной области, отсутствуют работы, посвященные оценке экологии земель, нарушенных в ходе добычи угля на месторождениях Горловского бассейна в Новосибирской области [10].

В ходе проведения космического мониторинга разрезов России в [11] выделены 15 категорий горнопромышленного ландшафта, отражающие современное состояния нарушенных земель. Учитывая определенную дискуссионность такой детальной дифференциации укрупним их по признаку “нарушение – восстановление”. Для принятия оперативных укрупненных решений целесообразно использовать следующие категории: вскрытые или отработанные угольные пласты, техногенные водоемы, горные выработки и отвалы без растительного покрова, участки с признаками восстановления растительного покрова и с растительностью. В Новосибирской области площадь нарушенных земель составила 1.08 тыс. га, что по сравнению с соседними регионами Сибири из-за масштабов ведения горных работ значительно меньше. Дополнительно отметим, что в Красноярском крае коэффициент восстановления экосистемы выше, чем в Новосибирской и Кемеровской областях (табл. 3).

ТАБЛИЦА 3. Нарушенные земли в ряде угледобывающих регионов Сибири

Область	Площадь нарушенных земель, тыс. га	Коэффициент восстановления*
Кемеровская:		
северная группа	8.4	0.40
Западный сектор	23.33	0.34
Восточный сектор	23.0	0.30
Южная группа	22.3	0.41
Красноярский край	10.76	0.74
Новосибирская:	1.08	
разрез “Колыванский”		0.34
разрез “Ургунский”		0.40
разрез “Горловский”		0.59

*Коэффициент восстановления (растительного покрова) рассчитывается как отношение площади участков со всеми видами растительного покрова к общей площади нарушенных земель без учета площади техногенных водоемов [11].

Полученные данные по Новосибирской области не в полной мере совпадают с оценками в работе [3], согласно которым площадь нарушенных земель в области составляет 1.7 тыс. га или около 1% от общего земельного фонда (табл. 2). Одной из причин такого положения может быть несовпадение сроков подсчетов нарушений и неточность интерпретации исходных данных, получаемых в результате использования различных методов мониторинга.

Сегодня техногенно нарушенные ландшафты могут эффективно изучаться с помощью информационных технологий и данных дистанционного аэрокосмического зондирования земли как одних из базовых инструментов в системах подготовки и принятия решений рационального освоения запасов месторождений полезных ископаемых, ориентированных, в том числе, на учет и предотвращение различных видов негативных воздействий на окружающую среду.

Информационно-аналитической основой для выполнения работ по оценке техногенно нарушенных земель является созданная с использованием Access и пополняемая база данных по месторождениям восточной части Новосибирской области. На ее основе с применением СУБД

PostgreSQL 9.3 построены карты их размещения. В базе содержатся сведения об основных разрабатываемых и перспективных для освоения залежах, участках недр твердых полезных ископаемых региона, для которых характерен более высокий уровень развития добывающих отраслей.

Для создания веб-карты использован функционал веб-ГИС компании NEXTGIS, который позволяет импортировать обработанные данные (слои) из QGIS. Обработка представляет собой визуальное дешифрирование космических снимков, отбор анализируемых месторождений и прилегающих к ним территорий, построение полигональных объектов с помощью встроенной базы данных, содержащей таблицы атрибутов, в них внесена информация, просмотреть которую для отдельного объекта возможно непосредственно на карте.

Для изучения изменений территорий размещения объектов недропользования были получены из архивов данных дистанционного зондирования Sentinel Hub и Google Earth (модуль исторических снимков) спутниковые снимки оптического спектра на различные даты. Географическая привязка снимков осуществлялась к карте OpenStreetMap инструментом “Привязка растров”. Для обеспечения точности построения границ объектов и расчетов площадей, сделанных в разное время с различных ракурсов, выбрана система координат WGS 84 Pseudo Mercator, полиномиальный тип трансформации изображения второго порядка и кубический метод интерполяции. Так как месторождения имеют в определенной степени условные границы и форму, для их оцифровки использован полигональный тип геометрии. Аналогично для границ районов, геопривязанные границы которых были выгружены с OpenStreetMap.

В качестве примера рассмотрим динамику трансформации земель при ведении открытых горных работ на Колыванском месторождении антрацита, представленного тремя добычными участками. Общая занимаемая площадь разрезов увеличилась в 2.7 раза с 3.50 км² в 2015 г. до 9.41 км² — в 2021 г., отвалов, соответственно, в 2.8 раза от 5.06 до 14.04 км². Наибольшие изменения за этот период произошли на Восточном участке во время начала ведения горных работ: площадь поверхности нарушенных земель разрезом увеличилась с 0,08 до 2.70 км², а отвалов — с нуля до 5.09 км² (рис. 1). Для наглядности насыщенность цвета определяет разные годы ведения горных работ на разрезах (без штриховки) и формируемых ими отвалов (со штриховкой): от темного оттенка в 2015 г. к светло-серому в 2021 г.

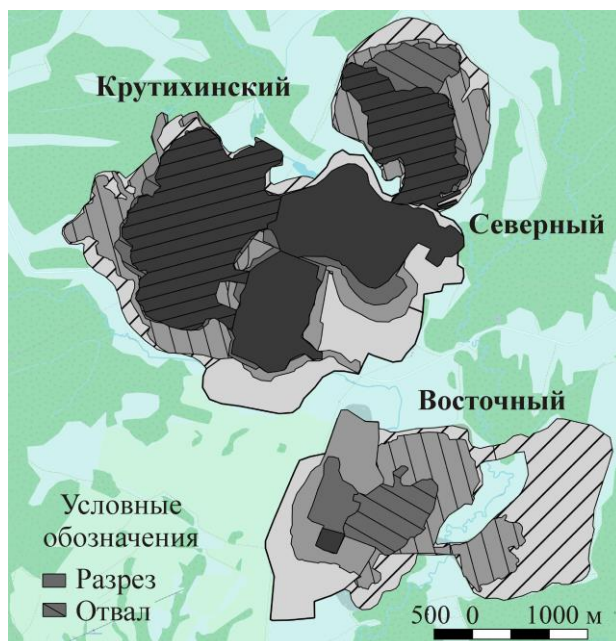


Рис. 1. Изменение площадей нарушений земель при ведении горных работ на Колыванском месторождении антрацита в период с 2015 по 2021 год

Другим примером, наглядно иллюстрирующим техногенные изменения природного ландшафта, является россыпь золота в русле р. Суенга (рис. 2), где в результате добычи ценного металла произошла его кардинальная трансформация; изменились контуры водоемов, появились новые, утрачены ранее имевшиеся, сформированы многочисленные отвалы перемытых пород, уменьшились площади растительности.



Рис. 2. Трансформация земель при освоении россыпного месторождения на р. Суенга: *а* — в 2012 г., *б* — в 2020 г.

Для минимизации экологического воздействия необходим оптимальный вариант использования земель с преобразованным ландшафтом для к минимизации потерь свойств нарушенных территорий. Проведение горных выработок влечет за собой снижение первоначального потенциала территорий, а иногда потерю части из них [12]. Важным моментом при выводе из недропользования является вопрос о том, в каком виде по целевому назначению должны быть переданы земли, эксплуатированные горнодобывающими предприятиями. На основании Федерального закона № 172 от 21.12.2004 “О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую” при необходимости изменения целевого назначения земельного участка в связи с его изъятием для государственных и муниципальных нужд его перевод из состава земель одной категории в другую осуществляется с учетом предусмотренных документом особенностей.

По данным дистанционных, в том числе аэрокосмических наблюдений, можно говорить лишь об общих объемах нарушения и восстановления земель. Более полная детализация в разрезе целевого назначения групп нарушенных земель, направлений рекультивации, частичного или полного восстановления и дальнейшего использования предполагает постановку и решение комплекса сложных, взаимосвязанных и дополняющих друг друга задач. Логика и очередность их поэтапного решения может быть следующей: 1) изучение месторождений, связанных с их освоением и использованием прилегающих территорий, учитывающее их природный, технологический, инвестиционный и экологический потенциал; 2) разработка кадастра природных и антропогенных факторов экологической опасности, проявляющихся на оцениваемой территории; 3) районирование рассматриваемой территории по допустимой экологической нагрузке на компоненты окружающей среды; 4) анализ особенностей постоянно изменяющегося во времени геопространства на основе разномасштабного 2D и 3D моделирования территорий и их отдельных локальных участков (месторождений, отвалов, складов и др.) на основе высокоточного позиционирования; 5) оценка состояния и рисков использования изме-

ненных при добыче, переработке и утилизации полезных ископаемых территорий восточной части Новосибирской области; 6) разработка механизмов ресурсосберегающего экологически сбалансированного природо- и недропользования на землях различного назначения, ценности и пригодности к естественному или искусственному восстановлению. В процессе работы обозначенные вопросы следует уточнять и изменять.

ВЫВОДЫ

Существует определенная сложность использования данных официальной статистики и материалов других авторов при оценке уровня влияния конкретных источников загрязнения или отраслей, например горнодобывающей, на окружающую среду из-за различных методических подходов при выполнении расчетов, разночтений между информационными объектами, недостатка и недостоверности исходной информации и ее надежной квалифицированной интерпретации. Стремление к более полной экологизации горного производства предполагает необходимость разработки комплексных методических подходов к исследованию формируемых новых техногенных ландшафтов с изменяющимися в динамике параметрами и свойствами, которые ориентированы на генерацию рациональных решений, позволяющих проектировать, строить, эксплуатировать и ликвидировать добывающие предприятия с наименьшим уровнем воздействия на окружающую среду посредством применения безопасных ресурсосберегающих геотехнологий.

Оценка нарушенности земель в добывающих районах восточной части Новосибирской области показывает, что по сравнению с другими регионами Сибири в целом здесь техногенно измененных горными работами земель меньше. Однако уровень их рекультивации и восстановления остается невысоким, что предполагает интенсификацию восстановления нарушенных земель на основе комбинации методов, учитывающих специфику районов недропользования. С использованием разработанной базы данных нарушенных земель рассматриваемого региона и материалов дистанционного зондирования земли выполнено сравнение с построением карт техногенно измененных территорий, связанных с открытой добычей антрацита и россыпного золота в восточной части Новосибирской области, учитывающее динамику ведения горных работ за последнее десятилетие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Рожкова Д. В.** Особенности отраслевой специализации экономики Сибирского федерального округа // Алтайский вестник государственной и муниципальной службы. — 2021. — № 19. — С. 78–79. [**Rozhkova D. V.** Features of branch specialization of the economy of the Siberian Federal District, Altai Bulletin of the State and Municipal Service, 2021, no. 19, pp. 78–79.]
2. **Запывалов Н. П.** Минерально-сырьевые ресурсы сибирских регионов и современные темпы их освоения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. — Новосибирск: СГГА. — 2013. — Т. 1. — С. 123–125. [**Zapivalov N. P.** Mineral resources of the Siberian regions and current rates of their development, Interexpo GEO-Siberia, Novosibirsk, Siberian State University of Geosystems and Technologies, 2013, vol. 1, pp. 123–125.]
3. **Доклад о состоянии и использовании земель Новосибирской области в 2020 году** / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Новосибирской области. — Новосибирск. — 2021. — 81 с. [Report on the state and use of land in the Novosibirsk Region in 2020, Department of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Novosibirsk Region, Novosibirsk, 2021, 81 pp.]
4. **Игнатьева М. Н., Пустохина Н. Г.** Восстановление нарушенных земель – один из критериев устойчивого развития // Известия УГГУ. — 2020. — Вып. 2(58). — С. 191–199. [**Ignatieva M. N. and Pustokhina N. G.** Restoration of disturbed lands is one of the criteria for sustainable development, Bulletin of the Ural State Mining University, 2020, issue 2(58), pp. 191–199.]

5. **Sahoo S., Dhar A., Debsarkar A., and Kar A.** Future scenarios of environmental vulnerability mapping using grey analytic hierarchy process, *Natural Resources Research*, 2019, vol. 28, no. 4, pp. 1461–1483.
6. **Галченко Ю. П., Бурцев Л. И., Сабянин Г. В.** О модели техногенно измененных недр—как нового литосферного объекта // ГИАБ. — 2005. — № 2. — С. 152–155. [**Galchenko Yu. P., Burtsev L. I., and Sabyanin G. V.** On the model of technogenically modified bowels as a new lithospheric object, *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2005, no. 2, pp.152–155.]
7. **Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Сабянин Г. В.** Методические основы экологической оценки техногенного изменения литосферы // ФТПРПИ. — 2014. — № 2. — С. 162–168. [**Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Sabyanin G. V.** Methodological foundations of the environmental assessment of technogenic changes in the lithosphere, *Journal of Mining Science*, 2014, no. 2, pp. 162–168.]
8. **Эйдензон Д. В., Ижмулкина Е. А., Маринов Н. А., Лошкарева О. В.** Система мониторинга окружающей природной среды техногенных ландшафтов// Достижения науки и техники АПК, 2012. — № 11. — С. 66–68. [**Eidenzon D. V., Izhmulkina E. A., Marinov N. A., and Loshkareva O. V.** System for monitoring the natural environment of technogenic landscapes, *Achievements of science and technology of the agrarian and industrial complex*, 2012, no. 11, pp. 66–68.]
9. **Bascetin A.** A Decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit., *Environmental Geology*, 2007, vol. 52, issue 5, pp. 663–672.
10. **Зеньков И. В., Неведов Б. Н., Жукова В. В., Кирюшина Е. В., Вокин В. Н.** Информационное обеспечение оценки экологического состояния нарушенных земель угольными разрезами Новосибирской области // Уголь. — № 6. — 2019. — С. 109–112. [**Zenkov I. V., Nefedov B. N., Zhukova V. V., Kiryushina E. V., and Vokin V. N.** Information support for assessing the ecological state of disturbed lands by coal mines in the Novosibirsk region, *Coal*, no. 6, 2019, pp.109–112.]
11. **Угольные разрезы России из космоса.** Горные работы и экология нарушенных земель: монография / И. В. Зеньков, В. В. Заяц, Б. Н. Неведов и др. — Красноярск: СФУ, 2017. — 519 с. [**Russian coal mines from space.** Mining and ecology of disturbed lands: monograph, I. V. Zenkov, V. V. Hare, B. N. Nefedov, et al., Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 2017, 519 pp.]
12. **Киншт А. В., Андроханов В. А.** Системный подход и оптимизация горнопромышленных ландшафтов // ГИАБ. — 2013. — С. 371–377. [**Kinsht A. V. and Androkhanov V. A.** System approach and optimization of mining landscapes, *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2013, pp. 371–377.]