РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕДР С УЧЕТОМ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМИ И ПОДЗЕМНЫМИ СПОСОБАМИ

Косимов М.О.
Алмалыкский Филиал НИТУ «МИСИС»
Малюшенко Д.С.
Алмалыкский Филиал НИТУ «МИСИС»

Abstract. The article discusses the rational use of subsurface resources, taking into account modern environmental safety challenges in the development of deposits by open and underground methods. The main sources of negative impact are analyzed - from dust and gas emissions to tailings accumulation and land degradation. A set of technical and organizational measures is proposed, including dust suppression systems, rational water use, safe tailings management, and phased land reclamation. Particular attention is paid to the implementation of digital monitoring and international environmental management standards (ISO 14001, guidelines of the International Finance Corporation (IFC), the International Council on Mining & Metals (ICMM), and the Global Tailings Review). Based on the analysis of global data and mining conditions in the Republic of Uzbekistan, the article emphasizes the necessity of a comprehensive approach to ensure sustainable development of the mining industry.

Keywords: mining industry, ore extraction, ecology, dust, tailings storage facilities, land reclamation, monitoring, sustainable development.

Annotatsiya. Maqolada konlarni ochiq va er osti usullarida qazib olishda ekologik xavfsizlikning zamonaviy muammolarini hisobga olgan holda er osti boyliklaridan oqilona foydalanish ko'rib chiqiladi. Salbiy ta'sirning asosiy manbalari - chang va gaz chiqindilaridan tortib, dumlarning to'planishi va erlarning degradatsiyasiga qadar tahlil qilindi. Texnik va tashkiliy chora-tadbirlar majmuasi: changni tozalash tizimlari, suvdan oqilona foydalanish, chiqindilarni xavfsiz boshqarish taklif etildi. Raqamli monitoring va atrof-muhitni boshqarishning xalqaro standartlarini (ISO 14001, International Finance Corporation (IFC), International Council on Mining & Metals (ICMM), Global Tailings Review) joriy etishga alohida e'tibor qaratildi. O 'zbekiston Respublikasida jahon ma' lumotlari va qazib olish sharoitlarini tahlil qilish asosida tog - kon sanoatini barqaror rivojlantirish uchun kompleks yondashuv zaruriyati ko ' rsatildi.

Kalit so'zlar: tog - kon sanoati, ruda qazib olish, ekologiya, chang, chiqindilar, melioratsiya, monitoring, barqaror rivojlanish.

Аннотация. В статье рассматривается рациональное использование недр с учетом современных вызовов экологической безопасности при разработке

ISSN 3030-3907

месторождений открытыми и подземными способами. Проанализированы основные источники негативного воздействия - от выбросов пыли и газов, до накопления хвостов и деградации земель. Предложен комплекс технических и организационных мер: системы обеспыливания, рациональное водопользование, безопасное управление хвостохранилищами, поэтапная рекультивация. Особое внимание уделено внедрению цифрового мониторинга и международных стандартов экологического менеджмента (ISO 14001, руководство International Finance Corporation (IFC), International Council on Mining & Metals (ICMM), Global Tailings Review). На основе анализа мировых данных и условий добычи в Республике Узбекистан показана необходимость комплексного подхода для устойчивого развития горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, добыча руды, экология, пыль, хвостохранилища, рекультивация, мониторинг, устойчивое развитие.

Введение

Развитие горнодобывающей промышленности остаётся важнейшей частью экономического развития многих стран, включая и Республики Узбекистан. С каждым годом объёмы добычи растёт, расширяется освоение глубинных горизонтов, увеличивается доля сложных и низкосортных руд. Рациональное использование недр позволяет продлить срок службы месторождений за счет комплексного извлечения полезных компонентов и доизвлечения руды из низкосортных запасов. Переработка отходов и доизвлечение металлов из техногенных запасов снижают капитальные затраты на горнодобывающих предприятиях. При этом экологические риски становятся всё более значительными: ухудшается качество воздуха, изменяется гидрогеологический режим, накапливаются отходы, нарушаются экосистемы. Учитывая масштабы добычи и влияние на окружающую среду, требуется внедрение современных, комплексных инновационных технологических решений.

Источники воздействия и их характер. Сам процесс добычи полезных ископаемых (открытая, подземная) и их дальнейшая переработка на перерабатывающих мощностях порождает множество источников негативного воздействия на окружающую среду.

Аэрозольные выбросы и пыль, при буровзрывных работах, транспортировке руды, её дроблении и загрузке–разгрузке возникает большое количество мелкодисперсных частиц, которые могут распространяться на значительные расстояния, ухудшая качество воздуха как на промышленной территории, так и в примыкающих к ним населённых

ISSN 3030-3907

пунктах. Газообразные выбросы и парниковые газы, заключающегося в работе тяжелой техники, сжигание топлива, металлургические процессы создают выбросы SO_2, CO_2 и других вредных веществ, что влияет не только на локальную среду, но и на глобальные изменения климата.

Изменение гидрогеологического режима и связанные с этим водные риски, например, подземная и открытая добыча могут понижать уровень подземных вод, изменять потоки поверхностных вод, создавать условия для образования кислотных вод.

Рациональное использование недр позволяет продлить срок службы месторождений за счет комплексного извлечения полезных компонентов и доизвлечения руды из низкосортных запасов. Накопление пустой породы (отвалы забалансовых руд), отходов (хвосты, шламы и др.), образуемые после извлечения основного полезного компонента, требуют достаточно большие площади для безопасного их размещения. К примеру, общий объём хвостов оценивается на уровне десятков миллиардов кубических метров.



Диаграмма 1. Экологические воздействия горнодобывающей отрасли

Согласно проведенных исследований, за последние двадцатилетия, т. е. с 2004 по 2024 год уровень загрязнения окружающей среды, в том числе из-за добычи полезных ископаемых увеличился на 20%.

ISSN 3030-3907



Рисунок 1. Источники загрязнения воздуха

Это связано с ростом объемов добычи, несоблюдением экологических стандартов и отсутствием эффективных мер по снижению вредного воздействия на окружающую среду. Если данная тенденция сохранится и в будущем, то мы можем ожидать возрастающего ухудшения качества окружающей среды, усиления климатических изменений, а также угрозу для здоровья человека.

Таблица-1.

Динамика выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Узбекистан (тыс. т/год)

Загрязняющие вещества	годы								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Твердые вещества	181.5	185.0	163.0	148.2	142.1	149.7	205.1	162.6	188.6
Газообразные и жидкие	673.8	977.1	812.1	859.9	711.3	734.0	747.7	761.8	720.1
Диоксид серы	281.4	306.5	296.6	275.2	300.5	291.2	336.5	370.1	342.5
Оксид углерода	65.5	71.0	79.7	79.5	79.5	85.9	81.2	68.2	71.0
Оксид Азота	12.4	13.8	14.3	14.3	14.8	15.8	14.7	13.2	21.2
Углеводороды	237.4	501.5	333.0	392.2	226.4	252.8	233.5	236.8	191.8

ISSN 3030-3907

Методология оценки и планирования воздействия. Снижение экологических рисков требует от нас эффективного системного подхода к проблеме и применения действенной методологии.

Первым делом нужно инвентаризировать источники выбросов и накоплений, необходимо провести исчерпывающий анализ исходного состояния окружающей среды, собрать данные по фоновой концентрации загрязнителей воздуха, воды и почв, картировать гидрогеологические условия. Затем следует идентификация сценариев воздействия: как загрязнения распространяются, какие зоны риска для населения и экосистемы, какие аварийные ситуации возможны.

Далее осуществляется количественный расчёт: моделирование пылевых облаков, распространения кислотных и солевых стоков, гидрогеологическое картирование. На основании этого разрабатывается план мероприятий с инженерными и организационными решениями.

Наконец, важно внедрить систему мониторинга и регулярной оценки эффективности - лишь так можно скорректировать план и добиться устойчивости. Такой подход соответствует международным руководствам, включая руководство IFC и политики ICMM по управлению окружающей средой.

Практические меры по снижению рисков. Эффективное снижение экологической опасности возможно посредством совокупности технологических и организационных мер:

- снижение пылевых выбросов и газов, внедрение закрытых транспортных линий, конвейеров, кожухов на дробильных установках; применение систем орошения дорог и площадок;

- использование фильтрации выбросов на агрегатах, контроль автотранспорта и использование современных двигателей - всё это снижает как локальные выбросы, так и общий экологический след.

Управление водными ресурсами, чёткое разделение потоков «чистой» и «загрязнённой» воды, создание систем возврата и очистки технологических вод, постоянный мониторинг подземных вод и состояние дамб. Хвостохранилища требуют перехода к сухому складированию отходов, снижению объёмов жидких шламов посредством обезвоживания; необходимо геотехническое обследование дамб и плотин; проведения регулярного аудита безопасности; применение стандарта «Global Tailings Review».

Рекультивация и восстановление ландшафта обеспечивает сохранение плодородного слоя почвы, посадки адаптированной растительности,

ISSN 3030-3907

мониторинга восстановления почвенно-растительного покрова, биомассы и биоразнообразия в течение 3-5 летнего периода.

Цифровой мониторинг и интеграция систем, использование датчиков качества воздуха, газов, воды, геодезических приборов деформации, подключение к платформам мониторинга и управления (GIS/SCADA), должна обеспечивать предоставление точных данных обществу.

Социальное и нормативное обеспечение должна сопровождаться широким применением международных стандартов (ISO 14001, IFC), введение механизмов общественного участия, открытых отчётов, финансовых инструментов экологической ответственности (табл.2).

Таблица-2.

Примеры международных нормативных ориентиров и их применение

Стандарт или документ	**Ключевые требования**	**Применение для горнодобычи**
ISO 14001:2015	Система экологического менеджмента: план-действие-проверка-улучшение	Внедрение системы управления окружающей средой на предприятии
IFC EHS Guidelines – Mining	Минимальные стандарты управления воздействием, загрязнениями, отходами	Руководство для оценки и снижения рисков при проектировании и эксплуатации
Global Industry Standard on Tailings Management	Повышенные требования к проектированию, эксплуатации и закрытию хвостохранилищ	Применяется при реконструкции хвостохранилищ и разработке новых
ICMM Good Practice Guidance	Руководство по лучшим практикам в горнодобыче и охране природы	Применимо к корпоративному управлению и повышению стандарта ESG

Один лишь технический контроль не сможет решит всю проблему. Если предприятие снизит выбросы пыли, но не будет контролировать состояние хвостохранилища - риск аварии все равно останется. Без общественной прозрачности - могут возникнуть социальные конфликты. Именно поэтому важно сочетать технологии, управление и социальные аспекты проектов.

Горнодобывающая отрасль стоит перед возрастающим спросом на металлы для зелёной экономики (медь, литий, никель), что ведёт к более

ISSN 3030-3907

глубокому извлечению и соответственно к возникновению большего объёма отходов. Например, объёмы хвостов растут быстрее, чем сами объёмы добычи, поскольку с дальнейшем углублением, руды становятся беднее. Это означает, что экология не может оставаться на прежнем уровне обеспечения - она должна эволюционировать.

Для Республики Узбекистан, где климат полупустынный, водные ресурсы ограничены, а населённые пункты нередко расположены близко к промышленным площадкам (например, г.Алмалык, г.Навои и др.), применение этих комплексных решений становится критически важным. Речь уже не только о выполнении нормативов, а о стратегической устойчивости региона и общества.

Заключение

Рациональное использование недр с учетом снижения экологических опасностей при разработке месторождений открытыми и подземными способами требует системного и многогранного подхода - сочетания инженерных решений, корпоративного управления, цифрового мониторинга и социальной ответственности. Это обеспечить устойчивое развитие горнодобывающих предприятий, в том числе и в Республике Узбекистан, сохраняя баланс между экономическим ростом и охраной окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Finance Corporation (IFC). Environmental, Health, and Safety Guidelines — Mining. Washington DC: IFC, 2007. — 84 с.
2. World Bank Group. Environmental, Health, and Safety General Guidelines. Washington DC: World Bank, 2007. — 110 с.
3. International Organization for Standardization (ISO). ISO 14001:2015 — Environmental management systems — Requirements with guidance for use. Geneva: ISO, 2015. — 45 с.
4. United Nations Environment Programme (UNEP); International Council on Mining & Metals (ICMM); Principles for Responsible Investment (PRI). Global Industry Standard on Tailings Management. London: UNEP / ICMM / PRI, 2020. — 80 с.
5. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Best Practices for Dust Control in Coal Mining (2nd edition). Pittsburgh PA: U.S. Department of Health and Human Services; Centers for Disease Control and Prevention; NIOSH, 2021. — 164 с.
6. Zhang Q., Li J., Wang L. и др. A review of physical and chemical methods to improve the performance of water for dust reduction // Journal of Cleaner Production. — 2022. — Т. 351. — Статья № 131574.

ISSN 3030-3907

7. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Financing Uzbekistan's Green Transition. Paris: OECD Publishing, 2023. — 142 c.
8. Zoi Environment Network / United Nations Environment Programme (UNEP). Uzbekistan: State of the Environment Report 2023. Geneva: Zoi Environment Network / UNEP, 2024. — 98 c.
9. Государственный комитет по экологии и охране окружающей среды Р.Уз. Национальный доклад о состоянии окружающей среды в Р.Уз. за 2023 год. Ташкент: Госкомэкология Р.Уз., 2024. — 156 с.
10. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Tailings Safety in Central Asia — Inventory of Tailings Management Facilities in Uzbekistan. Geneva: UNECE, 2023. — 72 c.

ISSN 3030-3907