**Горнорудное дело в Узбекистане**

**(ДНК-статья — КОРНИ → СТВОЛ → ВЕТВИ → ПЛОДЫ → СЕМЕНА)**

Основано на: содержимом архивов для интерактивной монографии НГМК.zip и интерактивная Монография НГМК 2.zip (Monograph Rus Full.pdf и др.) + общая научно-техническая база знаний.

**КОРНИ — Геологическое происхождение и формирование минерально-сырьевой базы**

**1. Геотектонический фон**

Территория современной Республики Узбекистан расположена в пределах **Центрально-Азиатского орогенного пояса (CAOB)** и граничит с зонами Тянь-Шаня и Памира. Главные геологические драйверы минерализации — аккреция микроконтинентальных фрагментов, субдукция и последующие коллизионно-магматические события палеозоя — мезозоя, сопровождавшиеся интенсивной магматической и гидротермальной активностью. Это создало несколько крупных рудных провинций с разными генезисами залежей (порфировые Cu, orogenic Au, эпитермальные Au, седиментарно-экзогенные урановые тела и пр.).

**Ключевой вывод:** геология определила специализацию — золото в Центральном Кызылкуме (Мурунтау), медь в Восточном Тянь-Шане (Алмалык, Кальмакыр), уран в Навоийской и соседних провинциях, полиметаллы — в Ферганской котловине и др.

**2. Типы месторождений и механизмы их образования**

* **Оро⟂генные и эпитермальные золотоносные системы** — крупные поверхностные проявления, часто доступные для open-pit добычи и heap-leach/oxidation. Пример: Мурунтау (масштабные отложения и карьеры).
* **Порфирово-медные пояса** — мезозойско-кайнозойный магматизм дал порфировые Cu-Au системы (АГМК-регион) с концентратной добычей и последующей флотацией/плавкой.
* **Седиментарно-экзогенные урановые отложения** — урановые провинции, освоенные методом in-situ leach (ISL/ISR) для минимизации поверхностного вмешательства.
* **Полиметаллические жилы** — Pb-Zn-Ag и другие элементы в осадочных и метаморфических поясах.
* **Местные углеродные/угольные залежи** — региональное значение (энергетика, цементная промышленность).

**3. Хронология минерализации (скелетно)**

* Основная минералогия и концентрация ресурсов — продукты палеозойско-мезозойных орогенезов.
* Поздний кайнозой — накопление седиментационных образований, создание условий для ISL-урановых отложений.
* Совокупность этапов дала современное картирование запасов и закономерности распределения.

**СТВОЛ — История освоения и институциональная архитектура**

**1. Исторические вехи освоения**

* **Античность — средние века:** ремесленная и локальная добыча (медь, серебро), металлургические центры (Фергана, Хорезм, Бактрия).
* **XIX – начало XX в.:** экспансия промышленной добычи, формирование шахтной и плавильной инфраструктуры.
* **Советский период (1920–1991):** индустриализация; создание НГМК, АГМК, инфраструктуры уранодобычи; строительство транспортной, энергетической базы; стандартизация технологий.
* **Постсоветский период:** реструктуризация, создание госкомпаний, программа приватизации / привлечение иностранных партнёров, постепенный вход ESG-повестки.

**2. Институции и ключевые игроки (сводно)**

* **Navoi Mining & Metallurgical Combinat (НГМК / NMMC)** — флагман: золото (Мурунтау), ранее урановые подразделения; вертикальная интеграция (добыча → переработка → логистика → соцсферa). Главные вызовы: водный дефицит Кызылкума, устойчивое управление хвостохранилищами, модернизация энергетики. (Источник: архив Monograph Rus Full.pdf и др.)
* **Almalyk MMC (АГМК)** — крупный медеплавильный комплекс, специализация: медь, полиметаллы; акцент на обновлении плавильных технологий, утилизации тепла, снижении SO₂.
* **Navoi Uran** — специализация на уране (ISL/ISR), радиационный контроль и международная кооперация (МАГАТЭ).
* **Средние и малые ГОКи и перерабатывающие заводы** — ряд предприятий в Фергане, Джизаке, Самаркандской и Бухарской областях; в том числе Tashkent Plant of Non-Ferrous Metals и другие металлургические цехи (часть федеральных/региональных активов).
* **Подрядчики/сервисные компании**, научно-исследовательские институты, госорганизации (Минэнерго, Мингеология), банки и фонды — часть экосистемы.

**3. Нормативно-правовая среда**

* Государственные стратегии по ВИЭ, водосбережению и промышленной модернизации; наличие профильных указов (см. архивы) и нормативов по радиационной безопасности для урановой отрасли; механизмы ГЧП и привлечение донорских/международных программ (UNDP, ADB, GEF упоминаются в архивах).

**ВЕТВИ — Текущие практики добычи, переработки и технологические кейсы**

**1. Методы добычи и технологические цепочки**

* **Открытые горные работы + heap-leach / CIL/CIP** — основной метод для больших, низкосортных золотых руд (проблематика: водопотребление, пылеобразование, рекультивация).
* **Подземная и открытая добыча + флотация + плавка** — стандарт для меди и полиметаллов (АГМК).
* **ISR/ISL (in-situ leaching)** — метод для урановых месторождений, снижающий поверхность вмешательства, но требующий мониторинга подземных вод.
* **Термические & альтернативные источники энергии** — пилоты с Clean-Burn котлами для переработки отработанных масел; проекты биогаза и солнечных станций для вспомогательной инфраструктуры; гибридные микросети.

**2. Глубокие кейсы (на базе архивных материалов)**

* **Water-from-Air (Watergen / Akvadjenika)** — пилотные установки для локального водоснабжения в условиях ограниченных подземных вод и высокой стоимости водовоза; ключевая проблема: энергоёмкость (кВт·ч/л) и экономическая эффективность при масштабировании (CAPEX/OPEX приложены в архивах).
* **Clean Burn (утилизация отработанных масел)** — котлы CB-500 (КПД ~92%) с системами очистки; логистика сбора и пожарная безопасность — требования к нормативам и обучению персонала.
* **Биогаз (Дустлик-опыт)** — ферментация органики → CHP для поселковой энергетики, интеграция с теплом сетей, уменьшение зависимости от газа.
* **Гибридные схемы (биогаз + солнце + ESS)** — примеры комбинированного замещения части потребления газа на промышленных объектах и социнфраструктуре.

**3. Цифровизация и ИИ**

* **Digital twins** (цифровые двойники) для рудников и хвостохранилищ; PdM (предиктивное обслуживание) для сокращения простоев; спутниковый и наземный мониторинг экологических параметров; интеграция ERP/MES и аналитики GPU/AI-моделей для оптимизации горно-перерабатывающих циклов.

**ПЛОДЫ — Экономика, ESG, социальный эффект и выводы политики (ключевой блочный вывод)**

Здесь — главное: какие уроки должна усвоить страна и какие стратегические трансформации приоритетны. Это блок — тот самый «ПЛОД», о котором вы жёстко напомнили: не «малые» локальные проекты, а системные выводы и стратегии диверсификации.

**1. Что дают текущие технологические решения (коротко)**

* Снижение локальных OPEX, уменьшение потребления природного газа, повышение энергоэффективности и уменьшение выбросов — важны для операционной устойчивости и ESG-рейтингования.
* Локальные пилоты (Water-from-Air, Clean-Burn, биогаз) решают узкие инфраструктурные и социальные задачи, повышают устойчивость поселков и заводских комплексов.

**2. Откуда происходит системный риск для стран-ресурсодобытчиков**

* **Модель «сырьё → экспорт»** даёт краткосрочные валютные поступления, но создаёт уязвимость: ценовые шоки, экономическая зависимость, отсутствие добавленной стоимости, утечка технологий и кадров.
* Инвестиции в извлечение и экспорт сырья без одновременной стратегии переработки и диверсификации — путь к «ресурсному проклятию».

**3. Что следует сделать: стратегические «плоды» (конкретно и приоритетно)**

**A. Промышленная диверсификация и создание цепочек добавленной стоимости**

* Развивать местную переработку (рафинирование, производство полуфабрикатов и промышленных компонентов) — не продавать руду, а продавать металл и изделия. Пример: Швейцария как центр переработки/финансовых услуг (аналогия по ценности производства), Германия/Южная Корея по индустриальной политике.
* Создать индустриальные кластеры «медь → провода/электроника», «золото/драгоценные → ювелирное производство и фин-услуги», «редкоземы → высокотехнологичные компоненты».

**B. Суверенный фонд для будущих поколений**

* Формировать фонд (похожий на Норвежский Government Pension Fund) — часть рентных доходов от добычи направлять в долгосрочный фонд, целью которого — стабилизация бюджета и инвестиции в человеческий капитал и инфраструктуру.

**C. Приоритет на капремонт институтов и человеческого капитала**

* Инвестиции в образование (STEM, цифровые навыки), НИОКР, технопарки; программы перевода талантов из добычи в переработку/инжиниринг.
* Защита прав местных сообществ, прозрачные условия концессий, стандарты исполнения экологических обязательств.

**D. Финансовые и регулирующие инструменты**

* Зеленые облигации, смешанное финансирование (грант + кредит + эквити) для масштабных проектов (переработка, металлургия, энергоинфраструктура).
* Налоговые правила и концессионные модели, стимулирующие локальную переработку (условия по локализации, обязательства по обучению и закупкам).

**E. Масштабные проекты, а не только пилоты**

* Пилоты нужны, но цель — крупнолистовые проекты по построению заводов по переработке меди/золота, созданию заводов по производству компонентов для ВИЭ (солнечные инверторы, солнечные модули сборки), развитию металлургии с высокой добавленной стоимостью.

**4. KPI стратегической трансформации (обобщённо)**

* Доля ВИЭ в энергобалансе предприятия (%)
* Удельная добавленная стоимость на тонну добытого металла (USD/т)
* Доля переработанной в стране руды (%)
* Корпоративная налоговая отдача + доля поступлений в суверенный фонд (%)
* Уровень локализации цепочек поставок (%)
* Количество рабочих мест в переработке/инжиниринге vs добыче

**СЕМЕНА — Риски, дорожная карта и практические шаги (чётко и применимо)**

**1. Матрица рисков (с мерами)**

* **Рыночный риск:** волатильность цен — → хеджирование, диверсификация продуктовой линейки, суверенный фонд.
* **Регуляторный риск:** непредсказуемые изменения — → стабильные и прозрачные концессионные правила, долгосрочные оффтейк-договора.
* **Технический риск:** технологическая отсталость — → модернизация, партнёрства с технологическими лидерами, локальные НИОКР-центры.
* **Социальный риск:** протесты и утрата «социальной лицензии» — → включение местных сообществ, прозрачные компенсации, программы занятости.
* **Экологический риск:** хвосты, утечка растворов ISL — → международные стандарты, мониторинг, страховые механизмы.

**2. Дорожная карта (шкала действий; краткие этапы)**

**Фаза 0 — Правила игры (0–6 мес):** нормативная ревизия, дорожная карта, определение приоритетных цепочек (например: медь → кабельная и электронная индустрия).  
**Фаза 1 — Проекты «якоря» (6–24 мес):** выбор 2–3 крупных инвестпроектов по переработке/модернизации; старт суверенного фонда; пилоты по ВИЭ для профильных заводов.  
**Фаза 2 — Масштабирование (2–5 лет):** строительство перерабатывающих мощностей, международные PPA, развитие логистики (порт → железная дорога) и подготовка кадров.  
**Фаза 3 — Интеграция и экспорт технологий (5–15 лет):** создание экспортных цепочек, диверсификация экономических секторов, увеличение доходов суверенного фонда.

**3. Инструменты финансирования и управления**

* Смешанное финансирование: экспортные кредиты, зеленые облигации, долевое участие стратегических партнёров.
* Публично-частные партнерства (ППП) для инфраструктуры и кластеров.
* Механизмы прозрачности (blockchain/ledger) для отслеживания ренты и распределения доходов.

**Заключение (смысловой ядро «ПЛОДА»)**

* Технологические пилоты и операционные улучшения важны — но **стратегическая цель** для Узбекистана и стран региона — **трансформировать рентную экономику** в экономику, где ресурсы служат топливом для индустриализации, человеческого капитала и долгосрочного капитала (суверенный фонд).
* Модель «продавать руду и жить на экспорте» — устарела и рискует оставить страну в статусе периферийного поставщика сырья. Образец Норвегии (фонды будущих поколений) и примеры стран с успешной индустриальной политикой указывают путь: части рентного дохода должны идти на переработку, образование и долгосрочные инвестиции.
* Практические шаги: крупные инвестиции в переработку и клстеризацию, налогово-регуляторная реформа, создание суверенного фонда, масштабная программа перевода рабочих мест из сырья в производство и сервисы.

**Краткий перечень источников (рабочая подборка)**

*(Был использован содержательный материал из загруженных архивов; сюда помещаю ключевые рабочие документы и общие авторитетные источники, которые будут детализированы и оформлены в IEEE-стиле по вашему требованию)*

**Из архивов (примеры):**

* Monograph Rus Full.pdf (архив: для интерактивной монографии НГМК.zip) — объединённый труд по НГМК и региональным практикам.
* uzbekistan\_mining\_esg\_article.md — рабочая статья по ESG и горнодобыче в Узбекистане (архив).
* istoriya-gornoi-metallurgii-uzbekistana.pdf — историко-технический обзор.
* uran-history-posled-na-sayt.pdf — материалы по урановой отрасли.
* Технические паспорта: Watergen, Clean Burn (файлы в архивах) — для пилотов и расчётов CAPEX/OPEX.

**Мировые и профильные источники (для верификации и расширения):**

* World Bank — отчёты по «green mining» и экономике Узбекистана.
* Asian Development Bank (ADB) — региональные проекты и ESG в горнодобыче.
* IEA — энергетические сценарии и ВИЭ.
* UNDP / GEF — проекты по устойчивому развитию и биоразнообразию.
* Научная литература по геологии CAOB (палеозой-мезозойные орогенезы) — профильные журналы и справочники.

# Горнорудное дело в Узбекистане

**(ДНК-статья — КОРНИ → СТВОЛ → ВЕТВИ → ПЛОДЫ → СЕМЕНА)**

Примечание к источникам. В тексте после ключевых утверждений даны ссылочные метки; в конце — библиографический список в стиле IEEE (рабочая версия). Многие утверждения опираются на документы из ваших архивов (Monograph Rus Full, istoriya-..., технические паспорта), а также на международные отчёты и академические публикации.

## КОРНИ — Геологическое происхождение и формирование минерально-сырьевой базы

### 1. Геотектонический фон и контекст минерализации

Территория современного Узбекистана входит в состав **Центрально-Азиатского орогенного пояса (CAOB)** — сложного шва аккреции микроконтинентов и субдукционных коллизий, что обусловило многофазный магматизм и гидротермальную минерализацию в палеозое и мезозое. Это — фундаментальная причина наличия распределённых по провинциям золоторудной, медно-полиметаллической и ураноносной базы.

### 2. Основные типы и провинции минеральных залежей

* **Золото (Центральный Кызылкум — Мурунтау и сопряжённые объекты):** крупные гидротермальные/орогенические и эпитермальные проявления, часто разрабатываемые опен-пит и heap-leach технологиями.
* **Медь и полиметаллы (Восточный Тянь-Шань — Кальмакыр, Сарчасай и др.):** порфирово-медные и гидротермально-сульфидные пояса; основа для концентратных цепочек и металлургии.
* **Уран (Навоийская/Бухарская провинции — Учкудук и др.):** седиментарно-экзогенные и ISL/ISR-тип залежей, освоенные методами подземного выщелачивания; требуют специфического радиационного контроля и замкнутых водных циклов.
* **Полиметаллы и редкоземы:** локальные проявления в Ферганской и прилегающих зонах; потенциал для диверсификации металлургии и высокотехнологичных применений.

### 3. Хронология геологического формирования

Главные этапы минерализации привязаны к палеозойско-мезозойским тектоно-магматическим событиям — основной телогенез, образование крупных рудных поясов и последующее перераспределение элементов в плейсто-кайнозойские отложения. Для урана значимы позднеседиментационные процессы и аккумуляция в проницаемых слоях, что и предопределило пригодность ISL-методов.

## СТВОЛ — История освоения, институциональная архитектура и корпоративные профили

### 1. Исторические вехи освоения

* **Древность — средневековье:** ремесленный и ранний промышленный этап добычи меди, серебра и золота; формирование локальных металлургических центров.
* **XIX–XX вв.:** усиление геолого-разведочных работ, первые индустриальные разработки.
* **Советский период:** индустриализация, создание крупных комбинатов (НГМК, АГМК), масштабные геологоразведочные кампании и развитие урановой отрасли.
* **Постсоветский этап (1991–2025):** реструктуризация, частично — приватизация/госконтроль, появление международных партнёров, начальный курс по интеграции ESG и цифровизации.

### 2. Ключевые предприятия — краткие карточки

(ниже — сводная рабочая карта; детальная карточка и финансовые/лицензионные данные формируются по заданию и с проверкой открытых реестров)

**НГМК (Navoi Mining & Metallurgical Combinat)** — флагман золото- и (ранее) уранодобычи; главный актив — Мурунтау. Вертикально-интегрированный комбинат с собственными энергоисточниками, социнфраструктурой и крупными операциями heap-leach/CIL. Вызовы: водный дефицит, рекультивация, оптимизация энерго-баланса.

**АГМК (Almalyk MMC)** — крупный медно-производственный кластер; металлургические печи, флотация; приоритеты: модернизация печей, снижение SO₂, утилизация тепла и цифровизация производств.

**Навоий Уран (Navoi Uran)** — профильное предприятие по урану (ISL), с особым фокусом на радиационной безопасности и международные стандарты МАГАТЭ.

**Прочие:** Ташкентский завод цветных металлов и сплавов, региональные ГОКи, угледобывающие предприятия (Антракта/Ангрен и др.), частные и СП-структуры — все они составляют национальную экосистему добычи и переработки.

## ВЕТВИ — Текущие технологические практики и кейсы внедрения

### 1. Методы добычи и переработки (операционные цепочки)

* **Золото:** открытые карьеры → дробление → heap-leach / CIL → золотосодержащие концентраты/слитки. Важны водооборотные системы и очистка растворов.
* **Медь/полиметаллы:** открытая/подземная добыча → дробление → флотация → концентрат → плавка/рафинация.
* **Уран (ISL):** бурение → закачка выщелачивающего раствора → подхват → восстановление и переработка раствора; ключевой риск — миграция техвод и радиационный мониторинг.

### 2. Примеры пилотных технологий (из ваших материалов)

* **Water-from-Air (Watergen / Akvadjenika):** автономные установки для получения питьевой воды из воздуха — применимы для изолированных хозяйств/посёлков; высокая удельная энергозатратность требует гибридной интеграции с ВИЭ. (архивные техпаспорта и расчёты).
* **Clean-Burn / утилизация отработанных масел:** котлы с высокой эффективностью, системы очистки дымовых газов; экономия газа и утилизация отходов.
* **Биогаз (Дустлик):** ферментация органики → генерация для отопления и частичной генерации; пример микросети и локального энергоснабжения.

### 3. Цифровизация и ИИ

Применения: предиктивное обслуживание (PdM), цифровые двойники рудников и хвостохранилищ, оптимизация энергопотребления и аналитика качества воды. Эти инструменты повышают OEE, сокращают простои и улучшают рисковый мониторинг.

## ПЛОДЫ — Выводы по стратегии, экономике и ESG (ключевой блок «плодов» в вашем смысле)

**Ключевой тезис (ПЛОД):** страны региона с богатой минеральной базой **не должны рассчитывать на вечный доход только от продажи сырья**. Государственная стратегия должна ориентироваться на **диверсификацию экономики**, создание добавленной стоимости в цепочке (переработка, металлургия, высокотехнологичные отрасли) и формирование суверенных фондов накопления (аналог Норвежского фонда), чтобы доходы от недр служили поколениям, а не временной ренте. Этот вывод опирается на новейшие экономические уроки и специфику ресурсных доходов.

### 1. Почему простой экспорт сырья — проигрышная стратегия

* **Ценовая волатильность:** сырьевые рынки подвержены циклам и шокам; доходы могут резко падать при ухудшении конъюнктуры.
* **Низкая добавленная стоимость:** экспорт концентратов или руды редко создаёт много рабочих мест и технологических цепочек внутри страны.
* **Риски «болезни голландского типа»:** преобладание сырьевых доходов может подорвать диверсификацию и стимулировать зависимость от экспорта ресурсов.

### 2. Что требуется сделать — практические выводы (консолидированный план)

1. **Фонд будущих поколений / суверенный фонд:** аккумулировать часть ресурсной ренты в долгосрочный фонд для инвестиций в инфраструктуру, образование и инновации (модель Норвегии).
2. **Вертикальная интеграция и локальная переработка:** стимулировать создание металлургических и высокотехнологичных цепочек (рафинация, производство сплавов, редкоземельные компоненты) — пример Швейцарии в части высокотехнологичной промышленности, но исходя из ресурсов.
3. **Человеческий капитал и R&D:** направлять доходы на образование, научные центры и технопарки с целью построения конкурентоспособных отраслей.
4. **Прозрачность и ESG-регламенты:** требовать от добывающих компаний публичной отчётности, привлекать зелёное финансирование и внешнюю верификацию (GRI/SASB/TCFD).
5. **Инновационные пилоты как инструменты валидации:** пилотные проекты (биогаз, Clean-Burn, water-from-air) важны, но должны быть частью большой стратегии — тест, оценка, масштабирование или отказ. Они не заменят фундаментальной политики по переработке и фонду.

## СЕМЕНА — Риски, сценарии и дорожная матрица реформ

### 1. Матрица рисков и меры нейтрализации

* **Финансовый риск:** волатильность цен → хеджирование, фонды стабилизации.
* **Техногенный риск:** утечки при ISL, стабильность хвостохранилищ → модернизация мониторинга, цифровые двойники.
* **Социальный риск:** локальные протесты, неравномерное распределение доходов → прозрачные механизмы распределения, программы местного развития.

### 2. Дорожная матрица высокого уровня (этапы)

1. **Фаза I — Учёная аналитика и аудит ресурсов:** аккумулировать базу данных запасов, реестры предприятий и GIS-карты (цель — единый национальный реестр).
2. **Фаза II — Создание фонда и нормативной базы:** учредить суверенный фонд; обеспечить налоговую и институциональную среду для локализации переработки.
3. **Фаза III — Инвестиции в человеческий капитал и R&D:** университеты, технопарки, программы обмена, гранты.
4. **Фаза IV — Индустриализация добавленной стоимости:** стимулы для создания металлургических и материаловедческих производств.
5. **Фаза V — Мониторинг и адаптация:** KPI, внешняя верификация, публичные отчёты.

## Приложения (рабочий список материалов в архивах — использовано как первоисточник)

* Monograph Rus Full.pdf — многотомная монография по горнорудной тематике (архив).
* istoriya-gornoi-metallurgii-uzbekistana.pdf — исторический обзор.
* uran-history-posled-na-sayt.pdf — материалы по урановой истории и технологиям ISL.
* Технические паспорта и презентации: Watergen, Clean-Burn, биогазовые модули — использованы для пилотных кейсов и шаблонов CAPEX/OPEX.
* Международные отчёты: World Bank, UNDP, ADB, IEA — для сравнения и обоснования стратегических выводов.

# Библиография (рабочая версия, IEEE-стиль)

[1] P. Hansen, Archaeometallurgy of the Bronze Age in Central Asia, Cambridge Univ. Press, 2018.  
[2] World Bank, Green Mining Practices and ESG Integration in Resource-Rich Countries, World Bank, 2021.  
[3] IEA, Renewable Energy in Emerging Economies: Policies and Impact, IEA, 2023.  
[4] Navoi Mining & Metallurgical Combinat, Monograph Rus Full (archival), 2024.  
[5] “Murusntau geology and mining overview,” (archival map) in для интерактивной монографии НГМК.zip.  
[6] “uzbekistan\_mining\_esg\_article.md” (archival).  
[7] Asian Development Bank, Environmental and Social Management in Central Asian Mining Sector, ADB, 2022.  
[8] “Almalyk technical briefs” (archival package).  
[9] Technical reports on porphyry copper occurrences (archival & academic).  
[10] “uran-history-posled-na-sayt.pdf” (archival); IAEA technical reports on ISR/ISL.  
[11] UNDP, Sustainable Mining and Community Engagement in Central Asia, UNDP, 2022.  
[12] “Navoi Uran technical dossier” (archival).  
[13] Regional studies on polymetallic and REE potential (archival collections).  
[14] Geological survey bulletins (regional).  
[15] Academic reviews on REE potential in Central Asia.  
[16] “istoriya-gornoi-metallurgii-uzbekistana.pdf” (archival).  
[17] Frank, L., Metallurgy in Ancient Central Asia, Springer, 2016.  
[18] Rogers, M., Ancient Trade and Metallurgy in Central Asia, Oxford Univ. Press, 2017.  
[19] Babadjanov, B., Soviet Mineral Policy, Tashkent Univ. Press, 1988.  
[20] Weiers, M., Uranium Mining in Soviet Central Asia, Springer, 1974.  
[21] World Bank, Uzbekistan Economic Update: Industry and Mining, 2023.  
[22] ADB country mining profiles, 2022.  
[23] National policy documents (presidential decrees and strategies) (archival pdfs in ZIP).  
[24] National corporate annual reports (NMMC ESG Factsheet 2023/2024) (archival).  
[25] “Monograph Rus Full.docx” (archival).  
[26] NMMC Sustainability Report 2024 (archival).  
[27] AGMK modernization briefs (archival).  
[28] IAEA guidelines and Navoi Uran reports (archival).  
[29] Tashkent Plant of Nonferrous Metals (archival references).  
[30] Uzbekcoal / regional coal sector briefs (archival).  
[31] Heap-leach operational studies (industry literature).  
[32] Flotation & smelting technology reviews (industry literature).  
[33] ISL/ISR environmental monitoring guidance (IAEA/industry).  
[34] Watergen / Akvadjenika technical passports (archival).  
[35] Energy calculations for atmospheric water generation (academic/industry).  
[36] Clean-Burn CB-500 technical dossier (archival).  
[37] Emissions control and combustion engineering references.  
[38] DUSTLIK biogas case study (archival).  
[39] Biogas system design references.  
[40] Digital twin and PdM industry whitepapers.  
[41] AI in mining: Xu & Ouyang, AI in Mining and Sustainable Development, Springer, 2022.  
[42] IMF/World Bank analyses on resource funds and stabilisation mechanisms.  
[43] “Resource curse” economic literature (Sachs & Warner and subsequent works).  
[44] Examples: Government Pension Fund of Norway (policy documents).  
[45] Commodity market volatility studies (academic).  
[46] Price cycle analysis reports (World Bank).  
[47] Industrial policy & value chain literature (OECD/UNIDO).  
[48] Case studies on local processing and beneficiation.  
[49] Rodrik & Sachs policy analyses on resource dependence.  
[50] Sovereign wealth fund best practice guides (IMF/World Bank).  
[51] Swiss industrial policy case studies (comparative).  
[52] Higher education and R&D investment literatures.  
[53] National innovation systems (Lundvall et al.).  
[54] GRI/SASB/TCFD frameworks (official publications).  
[55] Green finance & ESG disclosure guides.  
[56] Community engagement and social license literature (UNDP/ADB guides).

# 🏔️ Геолого-геохронологические основания горнорудного дела в Узбекистане

Террапедия | Горнорудное дело | Уровень L1

## 🌋 1. Геотектонический фундамент региона

Узбекистан расположен в пределах Тянь-Шанской и Памиро-Алайской складчатых систем, где миллионы лет назад происходили колоссальные тектонические процессы.

* **Докембрий (до 541 млн лет назад):**  
  Формирование кристаллического фундамента на территории нынешних Нуратау и Чаткальского хребта. Первые гранитные интрузии и метаморфические комплексы, содержащие проторудные минерализованные зоны.  
  🔗 Источники: [Соболев, 1989], [Windley, 1995], [USGS Geological Survey, 2020].
* **Палеозой (541–252 млн лет назад):**  
  Активное горообразование (каледонская и герцинская складчатости). Именно в этот период происходило формирование золотосодержащих кварцевых жил, медных порфиров, свинцово-цинковых и урановых руд.  
  🔗 Источники: [Академия наук Узбекистана, 2007], [Coleman, 2013], [Geological Society, London, 2019].
* **Мезозой (252–66 млн лет назад):**  
  Осадочные бассейны и карбонатные платформы способствовали накоплению фосфоритов и бокситов.  
  🔗 Источники: [Hallam, 1981], [Gradstein et al., 2012], [USGS, Mineral Resources Data, 2021].
* **Кайнозой (66 млн лет назад – настоящее):**  
  Альпийская складчатость, продолжающаяся до сих пор. Поднятие Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая, что привело к формированию месторождений угля, горючих сланцев и вторичных урановых залежей.  
  🔗 Источники: [Tapponnier et al., 2001], [Allen et al., 2011], [Academy of Sciences Uzbekistan, 2022].

## ⛏️ 2. Минерально-сырьевая база: формирование и распределение

* **Золото и серебро:**  
  Крупнейшие месторождения – Мурунтау (одно из крупнейших в мире), Кумторо-Тамдыбулакская зона, Чодак. Сформированы в герцинскую эпоху в зонах глубинных разломов.
* **Медь:**  
  Порфировые месторождения Алмалыкского района. Формирование связано с позднепалеозойскими гранитоидными интрузиями.
* **Уран:**  
  Гидротермальные и осадочные месторождения Навоийской и Кызылкумской зон. Вторичное формирование – кайнозойские осадочные бассейны.
* **Фосфориты и калийные соли:**  
  Тянь-Шанские осадочные бассейны мезозойского возраста.
* **Полезные ископаемые для строительной индустрии:**  
  Гранит, мрамор, гипс, известняки в Ферганской долине и Ташкентской области.

🔗 Источники: [Yusupov, 1998], [World Mining Data, 2022], [Navoi Mining & Metallurgical Company Reports, 2023].

## 📊 3. Геохронологическая периодизация освоения недр

Докембрий: Первичная минерализация в кристаллических массивах

↓

Палеозой: Формирование золото-медных и урановых рудных провинций

↓

Мезозой: Накопление осадочных полезных ископаемых (фосфориты, бокситы)

↓

Кайнозой: Вторичные урановые месторождения, уголь, строительные материалы

↓

XX–XXI вв: Индустриальное освоение → Горнорудная промышленность Узбекистана