

Cobalt Mining, Status, Plans, and Processing

¹Karimov Makhmud Muratovich, ²Shonazarova Shakhnaza Isakulovna,

³Uralov Javohirbek Ramzinbek ugli

¹Professor at the Almalyk branch of Tashkent State Technical University. kmm142216@mail.ru

²Senior lecturer at the Almalyk branch of Tashkent State Technical University.

Shonazarova_shahnoza1987@mail.ru

³Master's student at the Almalyk branch of Tashkent State Technical University.

Uralovjavohirbek08@gmail.com

Abstract. This article presents analytical data on the chemical element cobalt and its applications. It also highlights recent cobalt production results in various countries and around the world. Forecasts for cobalt mining and processing through 2030 are presented. Global cobalt price quotations for 2024-2025 are presented. Problems and solutions in cobalt mining and processing technologies are discussed.

Ключевые слова: элемент, кобальт, электротехника, аккумуляторы, мес-торожение, добыча, переработка, технология.

Применение, Состояние и Планы Добычи, а Также Переработки Кобальта

¹Каримов Махмуд Муратович, ²Шоназарова Шахноза Исакуловна, ³Уралов Жавозир Рамзинбек угли

¹профессор Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета. kmm142216@mail.ru

²стар. преподаватель Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета. Shonazarova_shahnoza1987@mail.ru

³Магистр Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета. Uralovjavohirbek08@gmail.com

Аннотация. В статье представлены аналитические данные о химическом элементе кобальте и области его применения. Указаны результаты получения кобальта в различных странах и в целом в мире за последние годы. Представлены прогнозы по добыче и переработке кобальта на ближайшие годы - до 2030 года. Представлены ценовые котировки по кобальту в мире за 2024-2025 годы. Обсуждены проблемы и пути их разрешения в технологиях по добыче и переработке кобальта.

Ключевые слова: элемент, кобальт, электротехника, аккумуляторы, мес-торожение, добыча, переработка, технология. (Ўзбекча лотинча қилиш қ-қ)

Kobalt Qazib Olish, Status, Rejalar va Qayta Ishlash

¹Karimov Mahmud Muratovich, ²Shonazarova Shahnoza Isakulovna, ³Uralov Javohirbek Ramzinbek o'g'li

¹Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali professori. kmm142216@mail.ru

²Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali katta o'qituvchisi.

Shonazarova_shahnoza1987@mail.ru

³Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali magistranti.

Uralovjavohirbek08@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada kobalt kimyoviy elementi va uning qo'llanilishi bo'yicha tahliliy ma'lumotlar keltirilgan. Turli mamlakatlarda va butun dunyoda kobalt ishlab chiqarishning so'nggi natijalari umumlashtiriladi. 2030 yilgacha kobalt qazib olish va qayta ishlash bo'yicha prognozlar taqdim etilgan. 2024-2025 yillar uchun global kobalt narxlari kotirovkalari taqdim etilgan. Kobalt qazib olish va qayta ishlash texnologiyalaridagi muammolar va yechimlar muhokama qilinadi.

Kalit so'zlar: element, kobalt, elektrotexnika, akkumulyatorlar, konlar, tog'-kon, qayta ishlash, texnologiya.

Введение. Кобальт (Co) — серебристо-белый, слегка желтоватый переходный металл с розоватым или синеватым отливом. серебристо-белый металл. Кобальт с его 27 протонами зажат между железом и никелем в средней части периодической таблицы. Металлический кобальт твердый, хрупкий и ферромагнитный. Магнетизм исчезает при нагревании до 1150°C. Не взаимодействует с водой комнатной температуры. Он окисляется с образованием CoO при нагревании до 300°C или выше на воздухе и сгорает до Co₃O₄ при белом калении. Его температура плавления составляет 1495°C [1].



Рис 1. Кристаллы чистого кобальта.

В природе кобальт в основном связан с такими минералами, как медь, никель и железо. В основном самостоятельного месторождения кобальта нет. В результате кобальт в основном является побочным продуктом добычи меди и никеля. Это усложняет получение. Его соединения известны человеку с глубокой древности. Первоначально кобальт нашёл применение в качестве синего красителя при производстве предметов декоративно-прикладного искусства, стекла, эмалей, фарфора и керамики и другие [2,3]. В наше время рост спроса на литий и кобальт генерируют производители смартфонов и прочих гаджетов, а также электромобилей. Всё это работает на литий-ионных аккумуляторах, для которых помимо обычных промышленных металлов, требуются литий и кобальт. И, если для производства батареи смартфона достаточно всего 0.01 кг. кобальта, то для аккумулятора электромобиля – в среднем около 20 кг.



Рис 2. Области применения соединений кобальта.

Результаты и обсуждение проблемы. К сожалению, мировые ресурсы кобальта неравномерны, а добыча кобальта недостаточна. По данным Института кобальта, этот металл является 32-м по распространённости элементом на Земле, то есть он не особенно редок. Однако только несколько стран имеют запасы кобальта более 300 000 тонн, причём Конго занимает первое место с 4 млн т, Австралия на втором месте с 1,7 млн т, а Индонезия замыкает тройку лидеров с 600 000 т. Фактически, у Конго больше запасов кобальта, чем у остального мира вместе взятого [4]. По данным USGS, Геологической службы США, за последнюю пару лет мировое производство кобальта значительно выросло: если в 2021 году его общий объём составил 165 000 т, а в 2022-м — 190 000 т, то в 2023-м уже 230 000 т [5].

Демократическая Республика Конго (ДРК) поставляет более 70% мирового кобальта, занимая первое место. В то же время Китай является крупнейшей страной по переработке и потреблению металла, на долю которого приходится 67% и 52%, а само производство кобальта составляет всего около 1%. Немалая часть конголезского кобальта добывается в небольших «компаниях», вручную. Работники, не имеющие специальной одежды и защитных средств, а также элементарных познаний. Кобальтовые руды очень токсичны, вдыхание кобальтовой пыли, которая в значительных количествах образуется при такой работе, вызывает смертельные легочные заболевания [6].

Металлы также добываются и глубоководными путями. Кобальт, медь, никель и марганец получают из конкреций — минеральных образований, которые усеивают морское дно на глубине 4–6 км. При этом они являются важной средой обитания для многих видов. Попытки восстановить морские экосистемы путем замены полиметаллических конкреций искусственными глинистыми конкрециями обойдутся в \$5,5–5,7 млн. за 1 км² [7]. Кобальт хорошо усваивается организмами рыб, а также сельскохозяйственными растениями, при орошении которых используются сточные воды. Более 700 учёных предупреждают о том, что глубоководная добыча может создать необратимые риски ущерба для природы и климата, последствия этого ущерба будут ощущаться в будущем несколькими поколениями. Некоторые европейские компании создают батареи из морской воды, которые можно будет повторно использовать в различных целях. Мы не знаем, чем заменить кобальт и другие металлы, чтобы это не нанесло ещё больший вред экологии [6]. То, с чем нам приходится сталкиваться сейчас — абсолютно негуманно

В середине 20 века люди начали использовать литий в качестве отрицательного электрода батареи. Однако в процессе зарядки могут возникать такие проблемы, как литиевые дендриты, что снижает безопасность батареи. Химик Джон Б. Гуденаф обнаружил, что использование кобальта делает батарею более безопасной и стабильной. Появились литий-кобальтовые оксидные батареи, которые широко использовались в мобильных телефонах, ноутбуках и других портативных электронных устройствах.

Затем Tesla успешно применила его к электромобилям. Бум электромобилей вызвал всплеск спроса на кобальт. [Так BASF строит завод по производству аккумуляторов, который будет оснащать до 400 000 электромобилей ежегодно.](#) По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2040 году спрос может увеличиться в 16-30 раз по сравнению с нынешним.

Всплеск спроса на кобальт вызвал опасения: богата ли наша земля кобальтом? Может ли годовой объём производства кобальта удовлетворить спрос? К сожалению, мировые ресурсы кобальта неравномерны, а мировая добыча кобальта недостаточна. В соответствии с [предварительные данные, опубликованные Геологической службой США \(USGS\)](#), мировое производство кобальта в 2021 году составил около 165000 тонн и находился в руках нескольких компаний [7]. В этот показатель внесли свой вклад Конго — 35000; Австралия — 14000;

Индонезия – 6000; Куба – 5000; Филиппин – 2600; Россия – 2500; Канада -2200; Мадагаскар - 1000 и Китай – 800 тонн. Спрос на кобальт растёт быстрыми темпами. Одним из главных катализаторов при этом является ажиотаж вокруг электромобилей, для аккумуляторов которых требуются литий, графит и кобальт. Последний в основном производится как побочный продукт меди и никеля, двух других металлов, необходимых для «зелёного» перехода.

Запрет на экспорт кобальта из ДР Конго, на долю которого в 2024 году, по оценкам Global Data, пришлось более 80% глобального производства, был обусловлен обвалом цен на металл вследствие избытка предложения. Резкий рост добычи привел к тому, что производство в ДР Конго превысило мировые потребности в кобальте. Квота на остаток 2025 г. составляет 18,125 тыс. т. На 2026 и 2027 гг. лимиты установлены на уровне 96,6 тыс. т. Они будут распределяться между традиционными экспортерами пропорционально историческим объемам поставок. Данное положение категорически не устраивает крупнейшего производителя кобальта в Конго — китайскую компанию СМОС, которая в 2024 г. нарастила добычу более чем в два раза до 114,2 тыс. т. В то же время, транснациональная компания Glencore, которая, наоборот, в последние годы сократила добычу кобальта, приветствовала введение квот. Власти Конго, впрочем, заявляют, что квоты могут быть пересмотрены, исходя из рыночной ситуации. Кроме того, они могут быть увеличены для компаний, создающих в стране мощности по производству рафинированного кобальта и продукции из него [8].



Рис 3. Добыча кобальта в Австралии.

В Конго находится более 50 % мировых запасов кобальта. Остальные находятся в нескольких странах, включая Австралию, Кубу, Замбию, Филиппины, Канаду и Россию. Конго поставляет более 70% мирового кобальта, занимая первое место. Китай является крупнейшей страной по переработке и потреблению кобальта, на долю которой приходится 67% и 52%, в то время как производство кобальта составляет всего около 1% [9].

Учитывая, что Конго является крупнейшим поставщиком кобальта, в качестве примера я кратко расскажу о нескольких эффективных методах обогащения кобальта, широко используемых на кобальтовых рудниках, расположенных в медно-кобальтовом рудном поясе Катанги. Отличительной чертой меднооксидных руд является сильное шламование. В местный сезон дождей (с ноября по март) выпадают обильные осадки. Это делает руду с высоким содержанием воды и более вязкой. Кобальтовые рудники этого пояса сильно различаются по содержанию углерода, грязи, степени окисления, содержанию меди и кобальта и составу основной пустой породы.



Рис 3. Вид руды Индонезии.

Медно-кобальтовый рудный пояс Катанга в Конго (ДРК) протяженностью 300 км и шириной 100-150 км проходит от Колвези на северо-западе до Лубумбаши на юго-востоке до границы с Замбией.



Рис 4. Медно-кобальтовый рудный пояс Катанга в Конго.

Принимая во внимание такие факторы, как свойства руды, природные условия и стабильность производства, в последние годы в процессе дробления на недавно построенных обогатительных фабриках в Конго (ДРК) обычно используется схема дробления шаровой мельницы полуавтогенного типа (SABC) [10]. Его преимущества:

1. Требуется только одна секция грубого дробления, что сводит к минимуму этапы дробления. Более короткая блок-схема, меньше оборудования. А это означает меньшее засорение оборудования.
2. С меньшим количеством оборудования завод по переработке кобальта занимает меньшую площадь, что снижает затраты на приобретение земли.
3. Простое управление требует меньшего количества рабочих, что снижает трудозатраты.

В настоящее время этот процесс дробления широко используется на новых заводах по обогащению кобальта в Конго (ДРК). Процесс обогащения кобальта. Для разумного освоения и использования ресурсов медно-кобальтовых руд и повышения степени извлечения металлов необходимо постоянно совершенствовать процесс обогащения. Типичные процессы сортировки, используемые в недавних крупномасштабных горнодобывающих проектах, в основном включают следующее. Схема переработки кобальта:

1. Оборудование для удаления шлама: [Стиральная машина с двойной спиралью](#) или стиральная машина с барабаном.
2. Флотационное оборудование: [Флотационная машина](#).
3. Оборудование для магнитной сепарации: [магнитный сепаратор](#).
4. Оборудование для обогащения: [высокоэффективный концентратор](#).

Флотационные реагенты: флотореагентами для сульфидной руды являются МIBC, NaHS и ксантогенат; реагенты для обработки окисленных руд и смешанных руд включают МIBC, NaHS, сульфат аммония, этионин, амилксантогенат и КМЦ.

Блок-схема переработки кобальта: сера перед кислородно-флотирующим доизмельчением и очистка крупного концентрата сульфида медно-хвостовая магнитная сепарация.



Рис 5. Никель-кобальтовый рудник Амбатови на острове Мадагаскар.

Заключение. Каталанский медно-кобальтовый рудный пояс Конго обладает огромными запасами ресурсов меди и кобальта. Непрерывная оптимизация методов добычи и переработки кобальта может улучшить использование ресурсов, снизить инвестиции и производственные затраты, обеспечить глобальные поставки кобальта, который является дефицитным и жизненно важным стратегическим минеральным ресурсом.

Литература

1. Коровин С.С., Букин В.И., Федоров П.И., Резник А.М. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. М.: МИСиС.-Т.3.- 2003. 440 С.

2. Шоназарова Ш.И., Пармонов С.Т., Самадов А.У., Каримов М.М. Современное состояние добычи вольфрама и повторной регенерации его отходов в Узбекистане. Цифровые технологии в промышленности. 2024. №1. –С. 61-68.
3. Gholami, S., Pérez-Page, M., D’Agostino, C., & Esteban, J. (2025). (Deep) eutectic solvents for the separation of platinum group metals and rare earth elements: characteristics, extraction mechanisms and state of the art. Chemical Engineering Journal, №159497.
4. Лейтман В.С. Тугоплавкие металлы: состояние рынка и перспективы применения в России // Сталь. 2008. №3. -С. 47-50.
5. Наумов А.Р. Большая инновационная экономика и малые металлы // Национальная металлургия. 2008. №2. -С.43-53.
6. <https://www.ftmmachinery.com/ru/blog/cobalt-mining-and-processing-incon-go.html>.
7. Jasim, A. Q., & Ajjam, S. K. (2024). Removal of heavy metal ions from wastewater using ion exchange resin in a batch process with kinetic isotherm. South African Journal of Chemical Engineering, 49(1), 43-54.
8. <https://www.metalinfo.ru/ru/news/176784>.
9. <https://www.rgo.ru/ru/article/dobycha-kobalta>.
10. https://www.prometall.info/analitika/gornodobicha/top_10_stran_proizvoditeley_kobalta.