

УДК 622.75/77

ВОЗМОЖНОСТЬ ВОЗРОЖДЕНИЯ КОБАЛЬТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТУВЕ

Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедев Н.И., Лебедева М.Ф.

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
Сибирского отделения РАН, Россия*

В работе дана оценка сырьевой базы комбината "ТУВАКОБАЛЬТ", учтена информация о результатах геологоразведочных и научно-исследовательских работ, выполненных в рудном поле Хову-Аксынского месторождения за период с 1947 по 1993 год. В ТувИКОПР СО РАН проведены научные и опытно-конструкторские исследования по разработке экологически щадящих технологий комплексного извлечения ценных компонентов из арсенидных руд сложного состава и производства новых видов товарной продукции на основе кобальта, никеля, меди, мышьяка, благородных металлов. Главной задачей исследований являлась оценка перспектив возможного возрождения кобальтового производства с выпуском продукции в прежних масштабах, но на новой технологической и технической базе при ориентации на первоочередную переработку техногенных отходов гидрометаллургического передела арсенидных руд месторождения Хову-Аксы.

Ключевые слова: комбинат "ТУВАКОБАЛЬТ", технология, кобальт, никель, медь, мышьяк, золото, серебро, медь, гравитация, пульпа, обогащение.

Горно-обогатительный комбинат "ТУВАКОБАЛЬТ", производивший в 1970-1991 гг. высококачественный медно-никель-кобальтовый концентрат, располагался в поселке Хову-Аксы (Тува) (рис. 1). До ближайшей железнодорожной станции г. Абакан доставка концентрата осуществлялась автомобильным транспортом в специальных контейнерах – сначала по автодороге IV категории (115 км) и асфальтированной автотрассе (410 км), а затем по железной дороге на Урал (более 3000 км) для окончательной переработки на Уфалейском никелевом заводе.

В оценке сырьевой базы комбината "ТУВАКОБАЛЬТ", учтена информация о результатах геологоразведочных и научно-исследовательских работ, выполненных в рудном поле Хову-Аксынского месторождения за период с 1947 по 1993 гг., в том числе: отчеты по подсчету запасов с утверждением ГКЗ СССР в 1954 и 1964 гг.; отчет по подсчету запасов, утвержденный Министерством цветной металлургии СССР в 1990 г.;

публикации о геолого-структурном, минералого-геохимическом и геотехнологическом изучении рудного поля.

Хову-Аксынское месторождение богатых жильных кобальт-арсенидных руд было открыто в 1947 г. геолого-съёмочной партией Тувинской экспедиции ВСЕГЕИ [1-2].

Детальная разведка на южном фланге рудного поля была начата весной 1949 года и в целом по месторождению завершена к 1953 г. [3]. Позднее геологоразведочные работы проводились одновременно со строительством горнообогатительного комбината с целью наращивания промышленных категорий запасов кобальта, никеля, меди, мышьяка и сопутствующих компонентов – серебра, висмута. ГОК "ТУВАКОБАЛЬТ" был введен в эксплуатацию в 1970 г. Проектная мощность ГОК по добыче и переработке – 70 тыс. т руды с содержанием кобальта 1,19%, а проектные параметры извлечения ценных компонентов: кобальт – 78%, никель – 80%, медь – 56%.

Таблица 1. Горно-техническая характеристика Хову-Аксынского месторождения

Наименование показателя	Единица измерения	Характеристика
Рельеф	М	Горный, абс. отм. 1000-1600 м
Климат	Т, °С	Резко континентальный, Т _{зим} до – 40, Т _{лет} до + 35 °С
Тип месторождения		Жильный гидротермальный
Количество разведанных жил	Шт.	56
Условия залегания жил угол падения мощность протяженность вертикальный размах оруденения	Градус М М М	25-90, средний 50 0.05-9.6, средняя 0,8 100-700 м, средняя 250 0-900
Физико-механические свойства руд и вмещающих пород: крепость по Протодяконову объемный вес хрупкость руды устойчивость в выработках влажность коэффициент разрыхления	Усл. ед. т/м ³ %	Руды – III-XII, вмещающей породы. - VIII-XII Руды – 2,93, вмещающей породы – 2,65 Хрупкая, отслаивающаяся при воздействии влаги Руды и породы средней устойчивости в монолите, неустойчивы в тектонических нарушениях, при обводнении Руды – 0,7 – 1,5, вмещающей породы – 0,5 Руды – 1,5, вмещающей породы – 1,5
Гидрогеологическая характеристика: тип подземных вод водоприток	м ³ /час	Трещинные На 1165 м – 50, на 1085 м – 120
Технология отработки: способ вскрытия количество штолен количество вертикальных стволов количество наклонных стволов объем крепления по видам	Ед. Ед. Ед.	Комбинированный 28, длина 37 км 1, глубина 500 м (незавершен) 3, дл. Дерево – 20 %, штанги – 20 %, бетон – 5%, без крепи – 55 %.

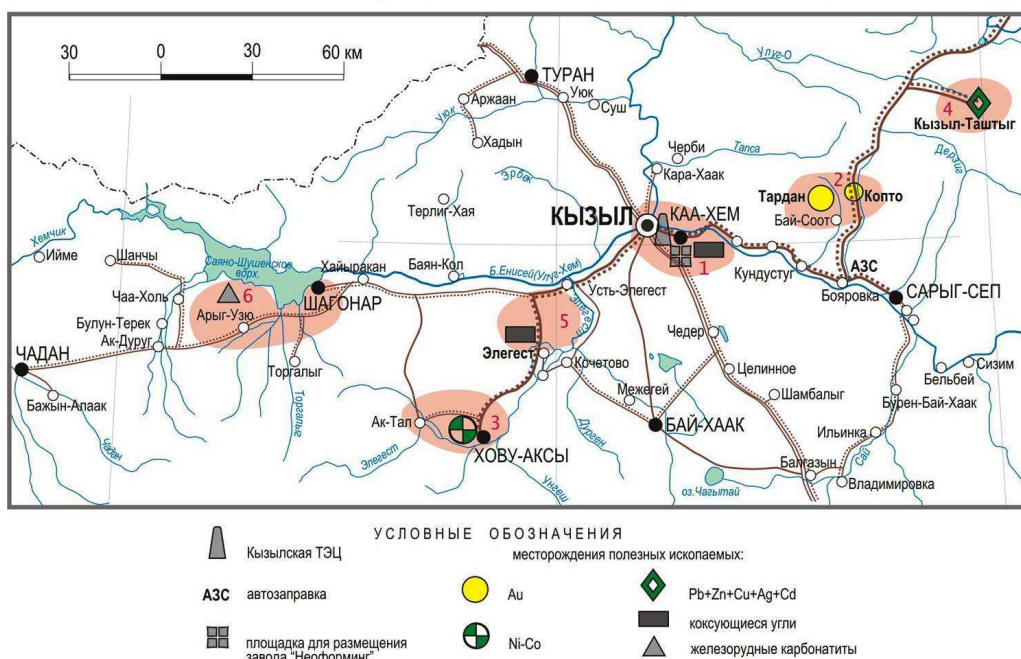


Рис. 1. Проект первоочередного освоения объектов горно-рудного комплекса

Проектные технические показатели производительности гидromеталлургического цеха в переработке товарной руды, несмотря на несоответствие проектным требованиям к ее качеству, были достигнуты к 1974 г. и стабильно выдерживались вплоть до остановки комбината в 1991 г. Это стало возможно благодаря целенаправленному совершенствованию аммиачно-автоклавной технологии извлечения глав-

ных ценных компонентов из арсенидно-карбонатных руд. Коллективный кобальтовый концентрат, выпускаемый ГОК "ТУВАКОБАЛЪТ", содержал: 11-14 % кобальта, 17% никеля, 12% меди. Содержания мышьяка, как вредной примеси, не должны были превышать 2,5%. Окончательный металлургический передел производимого концентрата осуществлялся на Уфалейском никелевом заводе.

Таблица 2. Техничко-экономические показатели работы Горного цеха (1985и г.)

Добыча руды /стоимость	Тыс.т/\$	75,6/391
Содержание в товарной руде	%	Co – 0,40, Ni – 0,78
Кол-во металла в товарной руде	Т	Co – 305, Ni – 592,7
Средняя мощность жил	М	0,35
Разубоживание	%	70,7
Горно-капитальные выработки/затраты	П.м/тыс. \$	162,6/ 67,9
Горно-подготовительные выработки / затраты	П.м/тыс. \$	920,5/ 53,1
Геолого-разведочные работы:	\$	202,8
подземные горные выработки	П.м.	1914,3
разведочное бурение	П.м.	7476,7
Себестоимость добычи руды, включая затраты на ГРР и ГКВ без учета стоимости Ni и Co	Тыс. \$	3,1

Через два года после ввода в эксплуатацию и отработки 46 блоков по жилам Южного участка комбинат был переведен в категорию планово-убыточных предприятий Минцветмета СССР в связи: с высокой себестоимостью производимого товарного продукта при низких внутригосударственных ценах на кобальт; неполнотой и низкой степенью извлечения ценных компонентов из руд; необеспеченностью подготовленными к выемке промышленными запасами кобальтовых руд нужного качества; непомерными затратами ГОКа "ТУВАКОБАЛЪТ" на содержание сформированной инфраструктуры. Для повышения эффективности производства был предпринят ряд мер, в том числе: введен понижающий коэффициент на содержание кобальта в разведочно-эксплуатационных блоках (0,3 – в 1972-1974 г., а позднее – 0,5). Это

было обосновано не подтверждением запасов металла в маломощных арсенидно-карбонатных жилах при их отработке на Южном участке месторождения. В процессе отработки: совершенствовалась технология гидromеталлургического передела арсенидных руд с целью достижения проектных параметров извлечения полезных компонентов; проводились НИР и НИОКР по созданию технологий глубокой комплексной переработки руд с получением конечных товарных продуктов повышенной ценности (кобальтовых солей высокой чистоты, металлических порошков, серебряного промпродукта и др.); совершенствовались методы эксплуатационной разведки и система отработки рудных тел; продолжались геологоразведочные работы с целью наращивания запасов кобальтовых руд [4-8].

Таблица 3. Техничко-экономические показатели работы Гидрометаллургического цеха (1985 г.)

Наименование показателя	Единица измерения	Характеристика
Количество переработанной руды	Тыс.т	73,9
Выпуск металлов в концентрате	Т	Со – 226,0, Ni – 440,3
Извлечение Со	%	75,7
Общие затраты ГМЦ	Тыс. \$	1166,7
Себестоимость извлечения 1 т Со	\$	5160
Сквозная себестоимость 1 т Со	\$	8260
Цена за 1 т Со в концентрате	\$	6600
Цена 1 т Со на Лондонской бирже	\$	24 000
Цена за 1 т Со в гравитационном концентрате месторождения Бу-Аззер (Марокко)	\$	12 000
Прибыль Уфалейского завода с каждой тонны Со+Ni+Cu концентрата ГОКа “Тувакобальт”	\$	9600

Как видно из приведенных технико-экономических показателей работы комбината "ТУВАКОБАЛЬТ", несмотря на добычу руды наименее производительной и наиболее дорогостоящей системой обработки, в структуре себестоимости производимого продукта преобладали затраты передела обогащения (62,5 %). Сложившаяся структура себестоимости свидетельствует о том, что оптимальные экономические показатели могут быть достигнуты лишь при существенной модернизации технологической схемы обогащения руд. Значительного снижения себестоимости можно достичь за счет введения в действующую технологическую схему операции предварительного обогащения, которая позволит улучшить качество товарной руды при одновременном уменьшении объемов ее переработки и сохранении количества извлекаемых в концентрат металлов.

Анализ технико-экономических показателей деятельности Хову-Аксынского рудника и гидрометаллургического цеха, в том числе за 1985 г., позволяет ориентировочно оценить упущенные экономические возможности при производстве коллективного Со+Ni+Cu концентрата. Без

учета стоимости Ni и Cu они составляют: (12-6,9) тыс. \$ x 305 т = 706,9 тыс. \$/год. Сквозная эффективность кобальтового производства на базе освоения Хову-Аксынского месторождения с учетом учтенной прибыли Уфалейского никелевого завода от реализации металлического кобальта, полученного из поставленного комбинатом концентрата, в ценах 1985 г. можно оценить в 3,15 млн. \$ = [706,9 + (8,0 x 305)]. За период 1991-2000 гг. цена кобальта на мировом рынке не была постоянной, изменяясь от 22 до 72 \$/kg. На Лондонском рынке малых металлов в 1996 г. цена 1 т кобальта с минимальной чистотой 99,8% колебалась от 48250 до 59392 \$/t ("Бюллетень иностранной коммерческой информации", N 97, 1996.), а в 1999 г. – от 39400 до 45000 \$/t. Стоимость реализованных 305 т кобальта в концентрате по ценам 1985 г. составила 7,3 млн. \$, а при средних ценах на Европейском рынке за последние 5 лет (41,5 \$/kg) – превысила бы 12 млн. \$. Это свидетельствует о значительных упущенных возможностях и высоком экономическом потенциале рекомендуемого к возрождению кобальтового производства в Туве. Создание эффективного производства потребу-

ет внедрения разработанной в ТувИКОПР СО РАН технологии и оборудования для глубокой комплексной переработки арсенидно-кобальтовых руд с выпуском ценных товарных продуктов в виде металлических Co-Ni-Cu порошков, кобальтовых солей, пигментов-красителей и др. Балансовые запасы кобальта и никеля по промышленным категориям (В+С₁) на 01.01.2008 г. составляют: Co – 7590 т (среднее содержание 2,26%), Ni – 9900 т (2,96 %). Запасы категории С₂ оцениваются соответственно: Co – 5570 т (1,71 %), Ni – 6500 т (2,0 %). Учетные запасы попутных компоненты в 358 тыс. т арсенидных руд Северного (224 тыс. т) и

Южного (134 тыс. т) участков составляют: Cu – 2200 т (0,61 %), Bi – 327,7 т (0,09 %), Ag – 50,9 т (142,1 г/т), As – 49 тыс. т (13,7%). Объем оставшихся в недрах ресурсов ценных компонентов превышает запасы, утвержденные ГКЗ СССР в 1964 г. на начало проектирования ГОК "ТУВАКОБАЛЬТ". Запасы золота не подсчитывались, хотя в процессе минералого-геохимического исследования вмещающих скарнов и скарноидов, арсенидных и сульфидно-сульфосольных руд, околорудно измененных пород в отдельных пробах установлены высокие содержания металла - от 1,5 г/т до 27,3 г/т.

Таблица 4. Характеристика промышленных запасов Хову-Аксынского месторождения (по состоянию на 01.06.1993 г.)

Категория запасов	Компонент	Запасы: руда – в тыс. т; металлы – в тоннах; содержание металлов – в %, серебро и золото – в г/т			
		По месторождению Хову-Аксы	Участок Южный	Участок Северный	Участки Промежуточный Средний и др.
Главные компоненты					
В+С ₁	Руда	353	93	216	44
	Кобальт	7824 (2,22)	2533 (2,53)	4689 (2,17)	782 (1,78)
	Никель	10100 (2,86)	1400 (1,51)	6600 (3,06)	2100 (4,77)
С ₂	Руда	343	40	201	102
	Кобальт	5708 (1,66)	996 (2,49)	3928 (1,95)	784 (0,77)
	Никель	6600 (1,92)	800 (2,0)	4400 (2,19)	1400 (1,37)
В+С ₁₊₂	Руда	696	133	417	146
	Кобальт	13532 (1,94)	3349 (2,52)	8617 (2,07)	1566 (1,07)
	Никель	16700 (2,4)	2200 (1,65)	11000 (2,64)	3500 (1,37)
Попутные компоненты					
С ₂	Руда	387	134	214	39
	Висмут	342 (0,09)	39 (0,03)	253 (0,12)	50 (0,13)
	Мышьяк	54200 (14,01)	20000 (14,9)	27800 (13,0)	6400 (16,41)
	Медь	2400 (0,62)	700 (0,52)	1400 (0,65)	300 (0,77)
	Серебро	Руд=230;51 (222)	9 (70)	42 (194)	? (24-320)
	Золото	? (0-27,3)	? (0-10)	? (0-15)	? (0-27,3)

Обеспеченность запасами с учетом прироста, полученного ПРП-18 в 1986-1991 гг. на северо-западном фланге Северного участка, по прогнозным оценкам, выполненным в Тувинском институте комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, составит около 20-25 лет. При этом суммарное количество кобальта в недрах оценивается в 34 тыс. т, серебра – в 900 т (в контурах промышленных блоков первичных руд и в околорудно-измененных породах с низким содержанием кобальта), а золота – до 9 т (преимущественно за контуром балансовых запасов кобальта). Большая часть промышленных запасов и прогнозных ресурсов расположена на глубоких горизонтах и для их отработки необходима проходка шахтного ствола и уклонов [4-7].

Таким образом, сырьевые ресурсы Хову-Аксынского месторождения позволяют возродить горнометаллургическое производство, ориентированное на добычу и глубокую переработку арсенидных никель-кобальтовых руд и отходов гидрометаллургического передела ГОК "ТУВАКОБАЛЬТ". Для реализации этой цели в ТувИКОПР СО РАН проведены научные и опытно-конструкторские исследования по разработке экологически щадящих технологий комплексного извлечения ценных компонентов из

арсенидных руд сложного состава и производства новых видов товарной продукции на основе кобальта, никеля, меди, мышьяка, благородных металлов. Главной задачей исследований являлась оценка перспектив возрождения кобальтового производства с выпуском продукции в прежних масштабах, но на новой технологической и технической базе при ориентации на первоочередную переработку техногенных отходов гидрометаллургического передела арсенидных руд месторождения Хову-Аксы.

На первом этапе возрождения кобальтового производства в Туве, первоочередной должна стать переработка лежалых шламов гидрометаллургического передела. Это обусловлено тем что:

1) переработка шламов не нуждается в капитальных вложениях на горно-подготовительные и подземные добычные работы, не велики затраты на измельчение техногенных отходов, а каждые 100 тыс. т шламов в среднем содержат: кобальт – 200 т, никель и медь – по 150 т, цинк – 10 т, серебро – 10 т, золото – 6 кг. Всего извлекаемых ценных продуктов на сумму более 10 млн. долларов США;

2) внедрение технологии первичного гравитационного обогащения на базе обогатительных комплексов (фото 1) [8-11], модульного гидрометаллургического про-



Фото 1. Обогатительный комплекс для гравитационного обогащения минерального сырья

Таблица 5. Планируемый выпуск товарной продукции при переработке шламов за год

Металлы	Количество (кг, т)	Товарная продукция, \$
Серебро	870 кг	174000
Золото	27 кг	337500
Кобальт	65,5 т	3160375
Никель	66,0 т	514000
Медь	51,5 т	106090
Цинк (сульфопон)	12/60 т	62040
Итого		4354005

изводства на основе внедрения обогатительной установки ВТВ-50 (рис. 2) (фото 1) [12] позволит организовать извлечение ценных компонентов, как из техногенных отходов, так и из привозных концентратов, содержащих благородные и редкие металлы;

3) переработка техногенного сырья и концентратов позволит приступить к восстановлению рудничного комплекса и необходимых вспомогательных служб.

К первоочередной переработке принимаются шламы, размещенные в карте захоронения № 1 как наиболее близко расположенные к месту их обогащения:

1) Годовая производительность по исходному сырью-шламу – 50 тыс. т. 2) Запасы шламов – 291 тыс. т. 3) Срок отработки карты – 6 лет. 4) Выпуск продукции в год – 4,354 млн. \$, 5) Общие затраты на выпуск продукции – 2,04 млн. \$. 6) Валовая прибыль предприятия – 2,18 млн. \$. 7) Налог на прибыль – 0,76 млн. \$. 8) Чистая прибыль – 1,42 млн. \$. 9) Рентабельность производства: по чистой прибыли – 70%. 10) Численность работающих – 50 чел. 11) Первоначальные инвестиции – 2,22 млн. \$. 12) Срок окупаемости инвестиций – 12 месяцев.

Возрождение кобальтового производства в Туве потребует научного сопровождения ТувИКОПР СО РАН (Кызыл), ИХТТМ СО РАН (Новосибирск) и ИХХТ СО РАН (Красноярск).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Унксов В.А. Некоторые черты металлогении и геохимии кобальта //Зап.

Всесоюзн. минералог. о-ва. 1954, ч. 83, вып. 4, с. 23-30.

2. Унксов В.А. Об особенностях двух главных типов мышьяково-никель-кобальтовых месторождений //Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер., вып. 60. Л., 1961, с. 133138.

3. Богомол А.А. Структура рудного поля и закономерности локализации и оруденения Хову-Аксынского кобальтового месторождения: Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. М., 1971.

4. Борисенко А.С., Лебедев В.И. Физико-химические условия образования руд Хову-Аксынского кобальтового месторождения //Гидротермальное низкотемпературное оруденение и метасоматоз. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982, с. 142-157.

5. Борисенко А.С., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г. Условия образования гидротермальных кобальтовых месторождений. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984, 172 с.

6. Лебедев В.И. Морфология Хову-Аксынского рудного поля //Материалы по геологии Тувинской АССР. Вып. 3. Кызыл.: Тувинское кн. изд-во, 1974, с. 81-105.

7. Лебедев В.И. Рудномагматические системы эталонных арсенидно-кобальтовых месторождений. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. – 136 с.

8. Изучение вещественного состава серебросодержащего сырья, разработка технологии его добычи и способов извлечения серебра из текущего производства и из карт захоронения отходов комбината

«Тувакобальт»: Отчёт о НИР "ГКО СО РАН / Науч. руководитель докт. геол.-мин. наук В. И. Лебедев. - Кызыл, 1992. с. 215

9. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. Способ извлечения тонких тяжелых компонентов из россыпных и рудных месторождений и обогатительный комплекс для его осуществления. /Патент РФ №2162746. М.: РОСПАТЕНТ ФИПС: Бюл. №4, 2001. – с.10

10. Бурдин Н.В., Лебедев В.И. / Технология гравитационного извлечения мелкого золота/ Журнал «Обогащение руд» №1. 2008 г. стр. 13-15

11. Бурдин Н.В., Гребенникова В.В., Лебедев В.И., Бурдин В.Н. /Аппараты,

технологии гравитационного извлечения цветных минералов, металлов и вопросы биоэкологии. / Журнал «Цветные металлы» №3. 2008 г. с. 38-42

12. Создание технологий и оборудования высокоэффективной экологически безопасной переработки минерального сырья и техногенных отходов (на примере объектов горнопромышленных агломераций Тувы и сопредельных регионов): Сводный отчет по конкурсному проекту СО РАН № 28.4.8. (2004-2006 гг.) / Науч. рук. канд. тех. наук Ю.Д. Каминский; отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И.Лебедев. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2006. – 116 с.

REVIVAL OF COBALT MANUFACTURING IN TUVU

Lebedev V.I., Bourdin N.V., Lebedev N.I., Lebedeva M.F., Lebedeva S.V.

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of the RAS, Russia

The paper gives estimation of raw material supply of “TUVACOBALT” plant, and includes results of geological prospecting and research works carried out in ore field of the Khovu-Aksy deposit during 1947-1993. Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources has realized research and development efforts on elaboration of ecologically safe technologies of precious components comprehensive extraction from arsenide ores of complex composition and production of new commodities from cobalt, nickel, copper, arsenic, and precious metals. The main task of these works were to evaluate the revival prospects of cobalt manufacturing in the former volume, but on new technological and technical basement with priority treatment of technogenic waste of hydrometallurgical processing of arsenide ores of the Khovu-Aksy deposit.

Key words: “TUVACOBALT” plant, technology, cobalt, nickel, copper, arsenic, gold, silver, gravity, pulp.