

## ЧАСТЬ 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

*С. К. Чакрабартти<sup>1</sup>, А. К. Гош<sup>2</sup>, Б. Н. Упрети<sup>3</sup>, М. Л. Бахарани<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> – *Conmat Technologies Pvt. Ltd, г. Калькутта, Индия*

<sup>2</sup> – *Университет Калькутты, факультет геологии, Индия*

<sup>3</sup> – *Университет Трибуван, г. Катманду, Непал*

<sup>4</sup> – *Компания «MECON», Индия*

### **Свинцово-цинковое оруденение в Высоких Гималаях Непала**

Гималаи вмещают множество проявлений руд цветных металлов, но только некоторые из них изучены с должной степенью детальности. В западных Гималаях между Джамму и Алмора зафиксирована низкотемпературная галенит-сфалерит-халькопиритовая минерализация в доломитах. Свинцово-цинковая минерализация известна в кварцевых жилах, секущих кристаллические сланцы в верховьях долины Ямуна. В восточных Гималаях единственный работающий Zn-Pb-Cu рудник существует в Сиккиме. Здесь также известны свинцово-цинковое месторождение Горубатан (Западная Бенгалия) и медно-цинковое месторождение Дикчу (Сикким). В Бутане выявлено свинцово-цинковое месторождение Генекха в карбонатных породах.

В предлагаемой статье охарактеризовано свинцово-цинковое месторождение Ганеш-Химал, которое является, пожалуй, наиболее развитым горнорудным проектом в Непале. Район месторождения расположен в центральной части страны на высоте 4000–5100 м.

Гималайский орогенный пояс простирается на 2500 км в субширотном направлении. Эти высочайшие горы сформировались в результате коллизии Индийской и Евразийской плит, которая началась 55 млн лет назад и продолжается поныне. Скорость движения Индийской плиты в северном направлении варьирует от 4.6 до 6.1 см/год. Коллизия привела к интенсивному метаморфизму пород и лейкогранитовому плутонизму.

С юга на север в непальской части Гималаев выделяются 5 тектонических зон почти параллельных друг другу и разделенных надвигами (рис. 1):

1. Пояс Терай (долина Ганга), сложенный современными и четвертичными аллювиальными отложениями.

2. Пояс Сивалик (Субгималаи), состоящий, в основном, из флювиальных отложений среднего миоцена–плейстоцена. Северная граница маркируется Главным граничным надвигом (*МВТ*), южная – Главным фронтальным надвигом (*МФТ*).

3. Пояс Малых Гималаев – относительно широкая тектоническая зона, сложенная метаморфизованными осадочными породами, очковыми гнейсами, возраст которых варьирует от палеопротерозоя до раннего миоцена. Северная граница с поясом Высоких Гималаев маркируется Главным центральным надвигом (*МСТ*).

4. Пояс Высоких Гималаев формирует метаморфическое ядро Гималаев. Состоит из высокометаморфизованных пород (гнейсы, кристаллические сланцы, мигматиты, мрамора). В северной части Непала Высокие Гималаи отделены от Тетис-Тибетского пояса Южно-Тибетской системой разрывов (*STDS*).

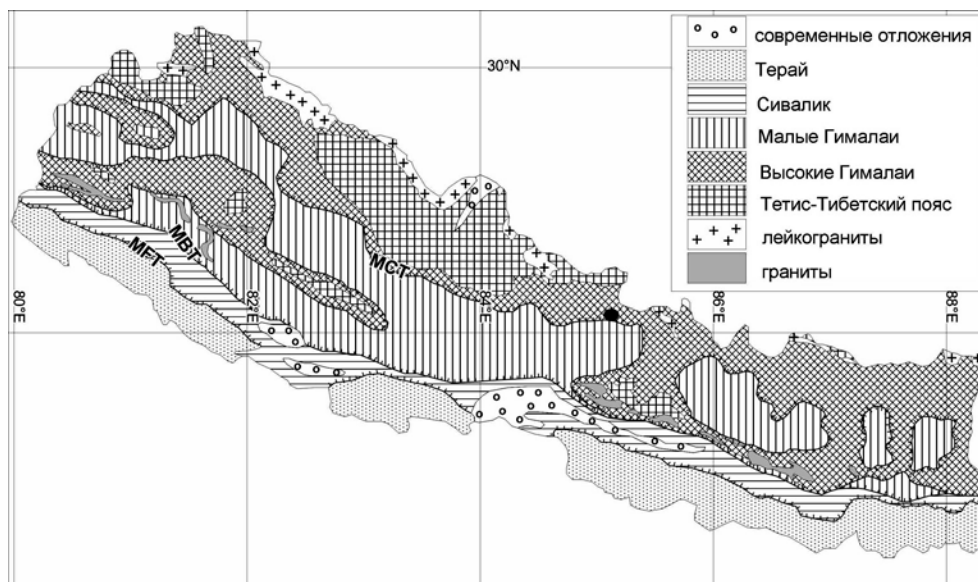


Рис. 1. Схема геологического строения Непала.

Основные надвиговые структуры: МФТ – Главный фронтальный надвиг, МВТ – Главный пограничный надвиг, МСТ – Главный центральный надвиг. Кругом отмечено месторождение Ганеш-Химал.

5. Тетис-Тибетский пояс представляет собой практически полную последовательность от кембрия до эоцена обломочных и карбонатных пород.

**Месторождение Ганеш-Химал** локализовано в пределах зоны Малых Гималаев. Породы в районе месторождения подверглись интенсивной складчатости (рис. 2), между тем хрупкие деформации незначительны. Вмещающие породы представлены молочно-белыми сахаристыми доломитами, принадлежащим к серии метаморфических сланцев альмандин-амфиболитовой фации. Ниже минерализованного горизонта доломиты приобретают серый до черного цвет благодаря примеси углеродистого вещества. Серые доломиты переходят в графитистые сланцы, которые сменяются по падению гранат-сланцевыми сланцами, молочно-белыми тонкозернистыми кварцитами и амфиболитами. Породы в ходе метаморфической истории подверглись температурам около  $566 \pm 136$  °С и давлениям  $750 \pm 150$  МПа.

Свинцово-цинковая минерализация на месторождении выявлена в шести изолированных участках внутри области около  $5 \text{ км}^2$ . Минерализация тяготеет к нижнему контакту пачки белых сахаристых доломитов. Наиболее хорошо изученное рудное тело Лари I имеет в плане длину 560 м, ширину 100 м и включает в себя множество линз, пластов массивных и вкрапленных руд различной мощности. Тонкая вкрапленность зеленовато-желтого сфалерита повсеместно развита во вмещающих доломитах.

Текстуры руд почти всегда согласны со структурным планом месторождения. Рудообразующими минералами на месторождении являются сфалерит, галенит и пирит в различных соотношениях. Также присутствуют магнетит, халькопирит и пирротин. Минералогический анализ цинковых концентратов показал также присутствие цинкита, смитсонита, церуссита, рутила, ильменита и гангита. Нерудные минералы представлены доломитом с подчиненным количеством амфибола, слюд, кварца и кальцита.

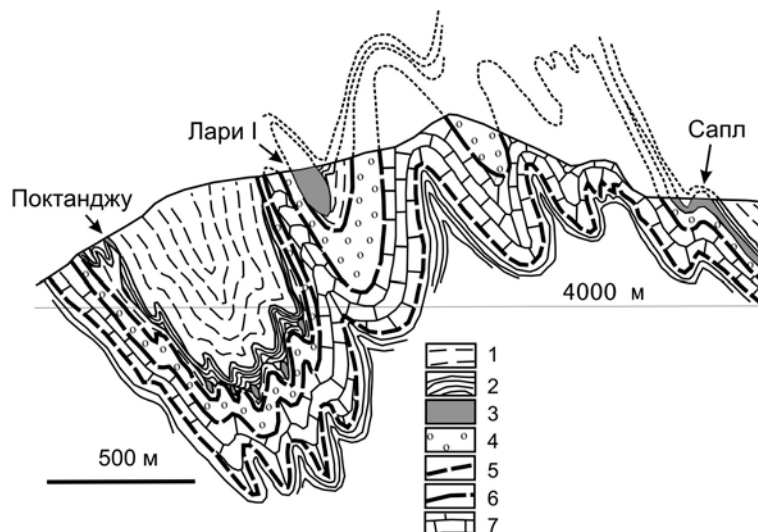


Рис. 2. Геологический разрез через месторождение Ганеш-Химал (рудные тела Поктанджу – Лари I – Сапл).

1 – гранат-сланцевые сланцы; 2 – метаморфизованные, кремнистые сланцеватые известняки; 3 – минерализованные сахаристые доломиты; 4 – переслаивание кристаллических сланцев, кварцитов, амфиболитов; 5 – кварц-сланцевые сланцы; 6 – кварциты; 7 – переслаивание метаморфизованных сланцеватых известняков и доломитов.

Наблюдения показывают наличие трех типов *сфалерита*:

- а) темно-коричневый, почти черный сфалерит, образующий линзы массивных руд вместе с галенитом, и пиритом, реже – с пирротинном и халькопиритом;
- б) коричневый сфалерит, образующий вкрапленность и прослои в доломитах;
- в) оливковый, зеленовато-желтый, медово-желтый сфалерит, образующий прослои, вкрапленность, тонкие изолированные линзочки. С этим типом часто ассоциируют магнетит и актинолит.

Первые две разновидности сфалерита наиболее обычны, формируют гранобластические полигональные агрегаты с тройным сочленением граней, свидетельствующим о метаморфической рекристаллизации.

*Галенит* имеет подчиненное значение в рудах месторождения. Он ассоциирует со сфалеритом, пиритом, доломитом и формирует тонкие (50 мкм) до грубых (>2 мм) выделения.

Агрегаты гранобластового *пирита* с тройным сочленением граней обычны для руд месторождения. Зерна пирита имеют размер от 10 мкм до 1.5 см в диаметре. Локально развит катаклазированный пирит. Несмотря на высокую степень метаморфизма, иногда наблюдаются реликты фрамбоидального пирита, также встречены крошечные пиритовые сфероиды в карбонатном матрикс.

*Пирротин* является редким минералом. В участках руд, обогащенных пирротинном, наблюдается замещение им сфалерита. В свою очередь пирротин замещается марказитом.

Рекристаллизация пирита при статических условиях происходит при температурах от 600 до 800 °С, при динамических условиях – при температурах выше 550 °С.

Как пирит, так и *магнетит* иногда подвержены трещиноватости, трещины заполнены халькопиритом или жильным матриксом. Синдеформационный рост этих двух минеральных фаз часто приводит к образованию уплощенных зерен с прямыми или искривленными границами.

Текстуры руд свидетельствуют об их метаморфизме при температурах как минимум 600 °С, что согласуется с данными о метаморфизме пород района месторождения.

Средние содержания цинка, свинца и серебра в рудном теле Лари I были оценены как 16.44 %, 2.55 % и 32.3 г/т соответственно, цинк-свинцовое отношение составило 6.45. Золото в рудах не выявлено, содержания меди, мышьяка, сурьмы, висмута, ртути, никеля, кобальта и бария очень низкие. На месторождении не выявлено собственных серебряных минералов. Тем не менее, изучение соотношений свинца, цинка и серебра в рудах позволяет предполагать их наличие (табл.). Содержания меди в рудах варьируют от 18 до 3300 г/т, в цинковом концентрате они достигают 980 г/т, а в свинцовом концентрате 440 г/т.

Т а б л и ц а

Химический состав руд рудного тела Лари I

Элемент	Содержания	Элемент	Содержания
Zn, %	16.44	Ga, г/т	1.04
Pb, %	2.55	Ge, г/т	1.29
Fe, %	7.28	In, г/т	0.01
Ag, г/т	32.37	Sn, г/т	2.07
Cu, г/т	160	Tl, г/т	0.62
Cd, г/т	250	Hg, г/т	0.66
Ba, г/т	135	U, г/т	3.08
C, г/т	4200	Pb, г/т	0.13

Сфалерит из руд месторождения Ганеш-Химал содержит незначительную примесь кадмия. Микронзондовый анализ четырех образцов сфалерита показывает содержания кадмия 340–870 г/т при отношении Zn/Cd, варьирующем в пределах 716–1734. В цинковом концентрате содержания кадмия составляют 276–1865 г/т при среднем 725 г/т. Основываясь на этом можно полагать, что в рудном теле Лари I содержания кадмия составляют около 250 г/т при отношении Zn/Cd = 656.

Содержания редких элементов, галлия, германия и индия, таллия, в рудах очень низкие. В двух случайных пробах отношение S/Se составило 24000 и 4433. В цинковом концентрате отношение S/Se превышает 113666, в то время как в свинцовом концентрате равно 52750.

Определение возраста месторождения базируется на данных изотопного датирования. Интерпретация данных об изотопном составе свинца руд свидетельствует о возрасте 875–785 млн лет (рис. 3), что согласуется с возрастом месторождений Амджор и Тошам (Индия). Аналогичный возраст был получен для Pb-Zn месторождения Генекха (Бутан).

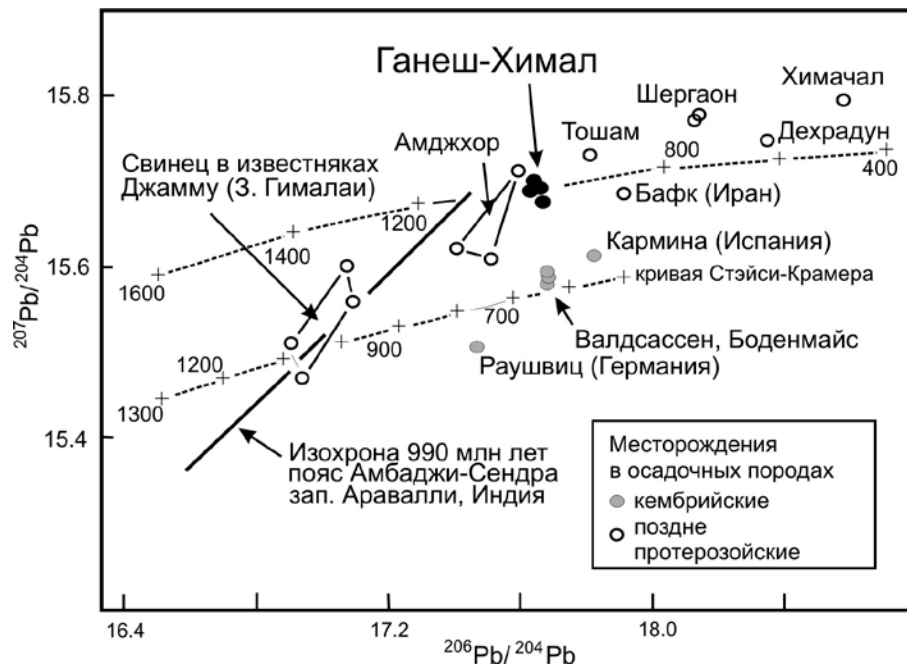


Рис. 3. Изотопные данные для Рb месторождения Ганеш-Химал ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  –  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ).

Некоторые выводы:

- Месторождение Ганеш-Химал представляет собой стратифицированную свинцово-цинковую залежь в доломитах зоны Малых Гималаев.
- Руды имеют очень простой сфалерит-галенит-пиритовый состав, существенно цинковые с подчиненным количеством железа, свинца, серебра, иногда кадмия и незначительными содержаниями кремнезема, глинозема, редких элементов.
- Минерализация имеет место только выше углеродистого (графитистого) горизонта, что может иметь генетический смысл. Рудоотложение происходило при смене бескислородных и кислородных условий осадконакопления.
- Район месторождения Ганеш-Химал вмещает около 3 млн т руд. Значительная часть запасов (2.4 млн т с 14.66 % Zn, 3.01 % Pb, 23.5 г/т Ag) связана с рудными телами Лари I и Сапл.
- Руды, как и вмещающие породы, подверглись региональному метаморфизму амфиболитовой фации.
- Контакты руд с вмещающими породами резкие и не сопровождаются гидротермальными изменениями.
- Согласно амфиболитовые тела ниже минерализованной пачки являются индикаторами магматической активности в районе. Амфиболиты, возможно, являются метаморфизованными толейтовыми лавами.

Перевод К. А. Новоселова