

УДК 553.3(94)

Докт.геол.-минер.наук ПАНОВ Б.С. (ДонНТУ)

УНИКАЛЬНОЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ БРОКЕН-ХИЛЛ В АВСТРАЛИИ И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ АНАЛОГИ В УКРАИНЕ

Свинец и цинк являются дефицитными валютными для Украины металлами, которые страна приобретает за рубежом. Ежегодная суммарная потребность в них составляла в 1998 г около 20 тыс.т, что при мировой цене одной тонны цинка более 1000\$ и свинец около 700\$ заставляет Украину тратить имеющиеся валютные средства. Вот почему прогнозно-поисковые работы по выявлению крупных промышленных полиметаллических месторождений с учетом мирового опыта имеют для нашей страны не только научное, но и практическое значение.

К уникальным полиметаллическим месторождениям относятся те, в которых суммарные запасы свинца и цинка превышают 5 млн.т [1]. Брокен-Хилл с суммарными запасами указанных металлов более 36 млн.т (табл.1) является самым крупным в мире их скоплением. Только в его Главном рудном теле, прослеженном более, чем на 7 км в СВ-ЮЗ направлении содержится около 280 млн.т руды с суммарным средним содержанием более 21% металлов (табл.2).

Табл. 1. Главные месторождения свинца и цинка мира, по [8]

Месторождение, страна	Запасы в млн.т		Содержания в % (Pb, Zn) и в г/т (Ag)		
	свинец	цинк	свинец	цинк	серебро
Брокен-Хилл (Австралия)	18,3	18,3	8,9	14,3	122
Сулливан (Канада)	10,2	8,8	9	5,5	110
НУС (Мак Артур Ривер, Австралия)	9,3	20,9	4,1	9,2	41
Ред дог (США)	13,2	3,8			
Маунт Айза (Австралия)	7,4	84	5,9	6,8	148

К настоящему времени из них уже извлечено более 200 млн.т руды и получено свинца, цинка и серебра, а также серной кислоты, кадмия, золота, висмута, сурьмы и кобальта на сумму более 70 млрд. долларов [5, 9]. Отработка руд производилась в центральной части залежи открытым способом (карьер Кинтор) и многочисленными (более 12) рудниками глубиной до 1–1,5 км. В 90^х годах XXв. лицензию на добычу оставшейся руды, а также разработку новых рудных залежей получила крупная международная компания Пасминко. Она пробурила 130 скважины общим метражом 17 км, которые уточнили контуры известных рудных тел и вскрыли новые. Компания извлекает из недр юго-западной части Брокен-Хилла ежегодно до 2,4 млн.т богатой руды с суммарным содержанием свинца и цинка 17% и серебра 60г/т. Добытая руда обогащается с получением свинцового (71% Pb, 4% Zn, 800 г/т Ag) и цинкового (51% Zn, 1% Pb и 25 г/т Ag) концентратов, из которых в дальнейшем извлекаются металлы.

Табл. 2. Запасы и содержания металлов в рудных телах Главной залежи Брокен-Хилла, по [5]

Рудные тела	Запасы в млн.т	Содержания металлов (%)		
		Pb	Zn	Ag(г/т)
I Линза	10	8	20	50
II Линза	83	14	11	100
III Линза (северная)	} 76	15	13	360
III' Линза (южная)		11	15	200
Тело А	53	4	10	40
Тело В	46	5	17	40
Тело С	11	2,5	5	20
Всего	279млн.т	$\Sigma_{ср}=8,5\%$	$\Sigma_{ср}=13\%$	109 г/т

Компания наметила добывать более 2 млн.т руды ежегодно вплоть до 2011 г [5]. Несмотря на гигантские размеры Главного рудного тела, месторождение Брокен-Хилл является всего лишь наиболее известным в рудной провинции Курнамоно, протягивающейся в СЗ направлении и захватывающей часть штата Южная Австралия (рис.1). Она образована двумя протерозойскими блоками: Брокен-Хилл и Олари (рис.1, б). Последние данные комплексного геолого-геофизического ее изучения, сопровождавшегося геологической съемкой М 1:50000 – 1:25000, показали, что здесь возможно открытие еще не выявленных промышленных месторождений свинца, цинка, меди, золота и других металлов. В 2002–2003 финансовом году, который в Австралии начинается с 01.06, правительство штата Новый Южный Уэльс, где находится Брокен-Хилл, ассигновало на доизучение и обобщение новой геологической информации 5 млн.\$, что составляет лишь часть общих ассигнований, в которых участвует также штат Южная Австралия и федеральное правительство страны.

В результате проведенных работ в 13 км к югу от Брокен-Хилла выявлено новое полиметаллическое месторождение с обнадеживающими результатами бурения (Малый Брокен-Хилл). За пределами Главной рудной залежи в нескольких километрах к северу обнаружены проявления меди (до 8%), никеля (до 7,5%), Pt (до 18 г/т), Pd (до 24,6 г/т) и золота (до 1 г/т и более), связанные с ультрабазитами, что позволяет считать возможным открытие здесь нового богатого платиноидами медно-никелевого месторождения [9].

Район Брокен-Хилла сложен протерозойскими вулканогенно-осадочными породами супергруппы Вильяма мощностью до 6–7 км, в верхней части которой выделяется группа вулканогенно-осадочных отложений Брокен-Хилла. Накопление этой толщи пород происходило преимущественно в морских условиях в промежутке от 2000 до 1700 млн.лет [5, 10]. Активный подводный вулканизм, сопровождавшийся гидротермальной деятельностью, явился основным поставщиком громадного количества рудного вещества, источником которого была деплетированная мантия.

Образовавшаяся многоэтажная (до 9–10 горизонтов) стратиформная минерализация имела определенную геохимическую зональность [7]. В более глубоких рудных телах роль цинка, меди, висмута и никеля, повышена, тогда как кверху увеличивалось количество свинца, серебра, марганца, сурьмы, мышьяка и фтора. Такая же тенденция имела место и по простирацию Главного рудного тела, когда в каждой рудной стратиформной залежи повышалась роль свинца, серебра, марганца и фтора в северном направлении при уменьшении количества цинка, меди и кальция (рис.2). Рудовмещающие породы, как и сами руды, подверглись последующим интенсивным преобразованиям, в том числе региональному метаморфизму вплоть до гранулитовой фации. В центральной части месторождения, где метаморфизм был особенно ин-

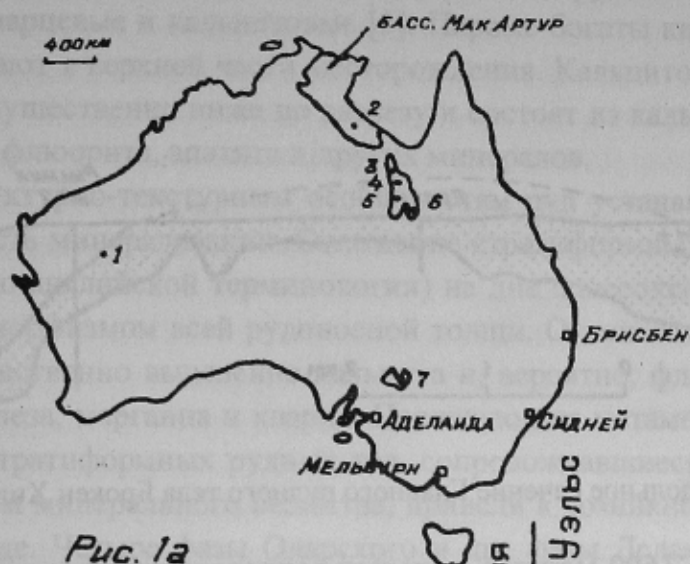


Рис. 1а

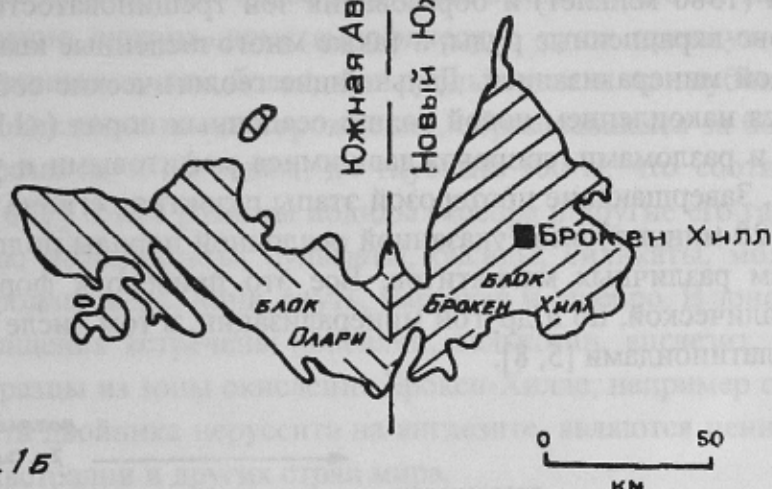


Рис. 1б

Рис. 1. Рудная провинция Курнамона и стратиформные месторождения Австралии: а — Схема размещения протерозойских стратиформных месторождений Австралии; б — Контуры рудной провинции Курнамона с блоками Олари и Брокен Хилл; 1 — Абра; 2 — НУС; 3 — Сенчери; 4 — Леди Лоретта; 5 — Маунт Айза; 6 — Кеннингтон; 7 — Брокен Хилл

тенсивен, за счет карбонатных, песчано-глинистых отложений и вулканитов основного и среднего составов возникли различные гнейсы, пегматизированные слюдистые и другие сланцы, амфиболиты, карбонатно-силикатные и гранат-кварцитовые горизонты. Полиметаллическая минерализация Брокен-Хилла четко контролируется линейной зоной разлома, прослеженной на 25 км по простиранию и до 2 км на глубину [5, 6].

Рудные тела представлены несколькими (до семи) линзовидными и 3 пластообразными залежами, мощностью от 1-го до 10 и более метров, протягивающиеся на 1–2 км, а также рудными скоплениями рассеянной стратиформной минерализации (рис.3).

На глубине рудные тела залегают согласно с боковыми породами и имеют различные складчатые и гофрированные формы. Они то утолщаются до 100 м, то утоняются до 1 м, протягиваясь на глубину более 1000 м, что объясняется метамор-

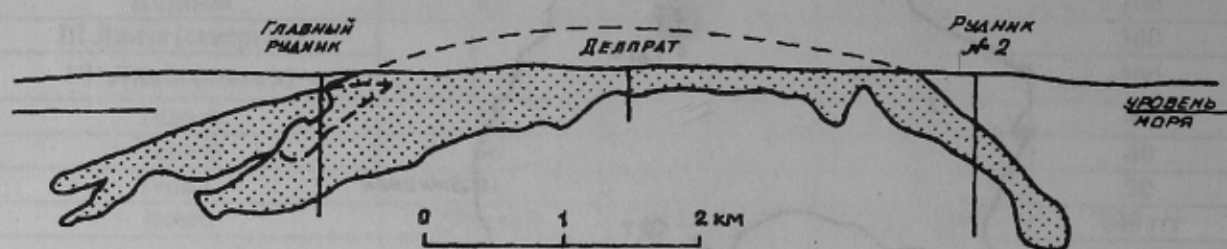


Рис. 2. Продольное сечение Главного рудного тела Брокен Хилла

физмом возрастом около 1600 млн.лет, который сопровождался различными пликативными и дизъюнктивными дислокациями, обусловившими сложное складчато-разрывное залегание пород и руд. В результате последующего ретроградного метаморфизма (1580 млн.лет) и образования зон трещиноватости возникли жильные и прожилково-вкрапленные руды, а также многочисленные кварцевые и другие жилы с различной минерализацией. Дальнейшие геологические события в регионе характеризуются накоплением новой толщи осадочных пород (<1100 млн.лет), их складчатостью и разломами, сопровождавшимися мафитовыми и ультрамафитовым магматизмом. Завершающие протерозой этапы развития региона связаны с дислокациями (560–520 млн.лет) вышеуказанной осадочной породы подгруппы Аделаида и образованием различных магматитов. Все это привело к формированию не только полиметаллической, но и другой минерализации, в том числе медно-никелевой с золотом и платиноидами [5, 8].

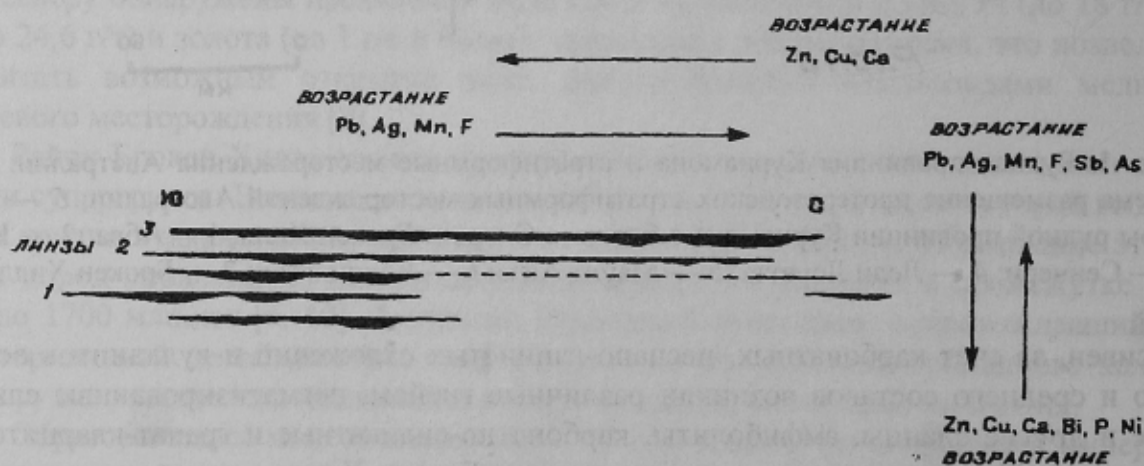


Рис.3. Схема размещения первичных стратиформных рудных тел Брокен Хилла (sedex)

В минералогическом отношении руды Брокен-Хилла галенит-сфалеритовые, в них присутствуют как марматит, так и клейофан, а также блеклые руды, пирротин, халькопирит, арсенопирит, пирит. Под микроскопом в аншлифах обнаруживаются гудмундит, валлериит, станин, ильваит, магнетит, родохрозит, брейгауптит, молибденит, ильменит. Нерудными, преимущественно жильными, являются кварц, кальцит, роговая обманка, силлиманит, ортоклаз, серицит, апатит, флюорит, родонит,

гранат, марганцевый геденбергит. Все эти, а также другие минералы образуют руды двух типов: кварцевые и кальцитовые [5]. Первые богаты кварцем, гранатами, галенитом и залегают в верхней части месторождения. Кальцитовые рудные тела расположены преимущественно ниже по разрезу и состоят из кальцита, родонита, галенита, сфалерита, флюорита, апатита и других минералов.

По структурно-текстурным особенностям руд устанавливается полигенность и полихронность минерализации. Отложение стратиформных эндогенно-экзогенных руд ("sedex" по английской терминологии) на дне палеоокеана сменилась деформациями и метаморфизмом всей рудоносной толщи. Отложение галенита сопровождалось преимущественно выделением кальцита и, вероятно, флюорита, а сфалерита — минералов железа, марганца и кварца. Последующие метаморфические и иные преобразования стратиформных рудных тел, сопровождавшиеся мобилизацией и перераспределением минерального вещества, привели к возникновению залежей в их современном виде. Четыре фазы Оларского и две фазы Деламерианского орогенезов протерозоя, сопровождавшиеся разломами и метасоматозом усложнили и деформировали рудные залежи отдельные блоков которых смещены на 200–300 м [10].

На поверхности на протяжении более 5 км была вскрыта богатая марганцем шляпа, что дало основание считать дометаморфические руды преимущественно свинцово-цинково-марганцевыми, тем более, что рудные тела и на глубине обогащены марганцем. Зона окисления на месторождении, образовавшаяся за более, чем 60 млн. лет его эрозии, развита, в основном, до глубины 100 м, что соответствует уровню грунтовых вод [6, 8]. Здесь развиты иодиды серебра и другие его галогеносиды, карбонаты свинца, вольфраматы, сульфаты, оксиды, силикаты, молибдаты, арсениды, а также самородная медь, цинк, ртуть, марганец и серебро. В зоне вторичного сульфидного обогащения встречены ковеллин, халькозин, англезит, тенорит. Некоторые красивые образцы из зоны окисления Брокен-Хилла, например сросток в виде ласточкиного хвоста двойника церуссита на англезите, являются ценными музейными экспонатами Австралии и других стран мира.

Следует отметить характерную особенность руд Брокен-Хилла — необычно малое количество железа в сульфидных рудах, что, вероятно, объясняется его генетическими особенностями. Несмотря на более, чем столетнюю историю разработки и изучения месторождения, данные о флюидных включениях в рудах, этого, как и других подобных месторождений Австралии отсутствуют [8]. Температуры образования руд, вероятно, составляли здесь от 180 до 240⁰С, а соленость рудоносных гидротермальных растворов, по аналогии с имеющимися в литературе данными по ирландскому сходному месторождению Наван, была от 12% эквивалента NaCl до 20%. Изотопный состав серы сульфидов Главного рудного тела колеблется в пределах от –3,3 до +6,7% δS^{32} , что близко к метеоритному стандарту ($\pm 4\%$ δS^{32}). В кальците из линзы II этого рудного тела изотопный состав углерода $\delta C^{13} = -22\%$, что может свидетельствовать об участии в его образовании осадочного органического вещества. По изотопам свинца галенитов Брокен-Хилла устанавливается протерозойский (около 1600 млн. лет) их возраст, при этом точки фигуративного состава свинца галенитов лежат практически на конкордии — кривой согласующегося возраста различных геологических объектов [8].

За длительный (более 100 лет) период эксплуатации месторождения произошло тотальное загрязнение окружающей природной среды свинцом и другими элементами-ксенобиотиками. К этому следует добавить большое естественное загрязнение почв района Брокен-Хилл, его поверхностных и подземных вод за счет выветривания части рудной залежи. Вот почему повышенная смертность и заболеваемость населения г.Брокен-Хилла и его окрестностей не могли не обратить на себя внимание правительственных, медицинских и других организаций. В 1980г свинец был признан главным элементом-токсикантом.

В настоящее время в г.Брокен-Хилле проводится большая работа по ознакомлению жителей со свинцовой опасностью и ведется борьба с повышенными содержаниями свинца в окружающей среде. На эти цели в 1991 г было выделено 29 тыс. долларов (австралийских), а в 1994–2001 гг. — по 1,7 млн. долларов ежегодно. В 2002г правительственные ассигнования, главным образом штата Новый Южный Уэльс, составили 4,3 млн. долларов. Одним из важных слагаемых этой программы является то, что все дети Броккен-Хилла в возрасте от 1 до 4 лет ежегодно проходят медицинские обследования с отбором у них проб крови для определения содержания свинца. За период 1991–1999 гг. было обследовано ежегодно от 538 до 948 детей, благодаря принятым мерам уровень содержания свинца в их крови снизился в среднем за этот период с 16,7 mg/dl до 8,4. При этом если в 1991 г только 40% детей имели допустимый уровень содержания свинца в крови (<15 mg/dl по американским и австралийским стандартам), то в 1999 г их количество увеличилось до 80–85% [4].

Такое внимание медицинских и правительственных организаций Австралии к борьбе за чистоту окружающей среды и снижению риска заболеваемости населения от элементов-токсикантов и, прежде всего свинца, заслуживает внимания. В Украине, в Донбассе, имеется Никитовское ртутное месторождение, где за более, чем столетний период разработки руд (с 1885 по 1995 гг.) получено более 30 тыс.т ртути — гораздо более токсичного, чем свинец, химического элемента. Этот элемент-токсикант негативно влияет на здоровье человека и, особенно, будущих поколений. Вот почему в г. Горловке с населением около 300 тыс. жителей, необходимо проведение подобных работ, прежде всего в Никитовском районе города. К этому следует добавить, что необходимо срочное проведение работ по детоксикации населения многих городов Донбасса (Донецка, Макеевки, Мариуполя, Енакиево и др.), что позволит повысить недопустимо низкий для такой цивилизованной страны, как Украина, показатель продолжительности жизни. В Австралии он составляет 76,2 года для мужчин и 81,8 года для женщин, в Папуа-Новой Гвинее, соответственно, 57,6 и 59,1, это близко к показателям Украины и Донбасса.

Помимо Брокен-Хилла, в Австралии стали известны в последнее время и другие гигантские осадочно-эксгальационные (“sedex” i.e. sedimentary — exhalative, Carno and Cathro, 1982) месторождения возрастом 1690–1650 млн.лет. К ним относятся месторождения бассейна реки Мак Артур (НУС), Маунт Айза, Сенчери и другие (рис.1, а). Если учесть, что сходные месторождения типа «sedex» выявлены также в Канаде (Сулливан, Том и Говард Пасс и др.), США (Ред дог, Аляска), Ирландии (Наван) и других местах, то тезис об очень важном значении протерозойской металлогенической эпохи, с которой связано до 37–40% запасов свинца и цинка [1], нахо-

дит свое подтверждение. Следует считать, что и территория Украинского щита (УЩ), где довольно широко развиты протерозойские образования, не является в этом отношении исключением. В последних обобщениях по геологии УЩ [2, 3] указывается на наличие вулканогенно-осадочных отложений среди образований среднего и верхнего протерозоя, в том числе располагающихся в палеорифтогенных зонах в северной и северо-западной частях региона (клесовская серия метавулканитов и др.), а также Кировоградском (Ингуло-Ингулецком) и Приазовском блоках (Сорокинская зона и др.) Об имевших место эндогенно-экзогенных рудообразующих процессах полиметаллической минерализации в нижнем карбоне палеозоя в зоне сочленения Приазовского блока с Донбассом свидетельствуют новые находки свинцово-цинковых с серебром руд в известняках Комсомольского (Каракубского) рудоуправления [3]. Учитывая полихронность и геологическую повторяемость этих вулканогенно-осадочных процессов минералообразования во всем мире следует ожидать их развития и в Украине с образованием протерозойских промышленных залежей полиметаллов.

Библиографический список

1. **Авдонин В.В., Бойцов В.Е., Григорьев В.М. и др.** Месторождения металлических полезных ископаемых. Учебник. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
2. **Геология и полезные ископаемые Украины.** Атлас, М 1:5000000. — Киев, 2001. — НАН Украины (на укр.яз.).
3. **Козар Н.А., Стрекозов С.Н., Панов Б.С. и др.** Новые данные о рудоносности Южно-Донбасского глубинного разлома//Наук.праці ДонНТУ, сер. гірничо-геологічна, вип. 54. — Донецьк, 2002. — С. 99–102.
4. **Boreland F., Lyle D.M., Wlodarczyk J., Baldeng W.A., Reddan S.** Lead dust in Broken Hill homes – a potential hazard for young children? Australian and New Zealand Journal of Public Health, 2002. — 26.
5. **Burton G.R.** Metallogenic studies of the Broken Hill. Mineral deposits of the South-Easter Broken Hill Block. Geol. Survey of New South Wales, Bulletin 32. (3), Sydney, 1994.
6. **McKenzie D.H., Davies R.H.** Broken Hill lead-silver-zinc deposits. Geology of mineral deposits of Australia and Papua New Guinea. Australia Inst. of Mining and Metallurgy. Melbourne, 1990.
7. **Plimer I.R.** Sulphide rock zonation and hydrothermal alteration at Broken Hill, Australia. Trans. Inst. Min. Met., 1979, 88, London.
8. **Solomon M., Growers D.I.** The Geology and origin of Australia's Mineral Deposits. Oxford Univ. Press, Publish New-York, 1994.
9. **Stevens B.** Broken Hill, new ideas, new opportunities. Mineral Resources New South Wales, Sydney, 2002.
10. **White S.H., Rothery E., Lips A.L.W., Barclay T.I.R.** Broken Hill area, Australia as a Proterozoic fold and thrust belt: implication for the Broken Hill base – metal deposit. Trans. Inst. Min., Met., 1995, Section B. London.

© Панов Б.С., 2003