

УДК 553.492(266)

Л.Е. ШТЕРЕНБЕРГ, Б.И. ВОРОНИН

**ОБЛОМКИ ЦИНКИТА (ZnO) В ОСАДКАХ СТАНЦИИ 655
(северо-восток Тихого океана)**

Северо-восточная часть Тихого океана, точнее район субширотного трансформного разлома Кларрион, давно привлекает к себе внимание многих исследователей благодаря широкому развитию здесь Fe-Mn-конкреций, богатых никелем, медью и рядом других элементов.

Сравнительно много публикаций было посвящено осадко- и рудообразованию в районе ст. 655 (9-й рейс НИС "Дмитрий Менделеев"), находящейся примерно в 800 км от побережья Мексики (18°56' с.ш., 113°33' з.д.), вблизи группы островов Ревилья-Хихедо, тесно связанных с разломной зоной Кларрион (рис. 1).

В работах Г.Ю. Бутузовой с соавт. (1975, 1976), Н.А. Лисицыной и Г.Ю. Бутузовой (1979) и др. указывается, что вскрытые на глубину 2,4 м осадки ст. 655 представлены глинистыми и алеврористо-глинистыми илами. Эти осадки в нижней части разреза характеризуются более высокими содержаниями марганца и железа, а также повышенными величинами железо-марганцево-титанового модуля, предложенного Н.М. Страховым (1974) для оценки участия эксгальтивных компонентов в океанском осадкообразовании. В нижней половине разреза установлены кристаллы барита и выделения гипса (?), "запечатанные" в микрогустках гидроокислов марганца и железа, что, по мнению указанных выше авторов, связано с гидротермальными проявлениями в нижних частях разреза осадков ст. 655.

Вместе с тем М.А. Глагольева с соавт. (Глагольева и др., 1976; Глагольева, 1979) считают, что эксгальционные процессы, фиксируемые на основании химических анализов осадков, проявляются не только на ст. 655, но и на ряде соседних с ней станций — 674, 675, 653 (см. рис. 1).

Данные, полученные С. Аоки и др. (Aoki et al., 1975), еще больше расширяют возможную область распространения гидротермальных образований в осадках рассматриваемого района. При изучении разреза осадков ст. 9 Токийского университета (см. рис. 1) в интервале 190—420 см установлены железистые смектиты, образовавшиеся в результате взаимодействия гидротермальных растворов с морской водой.

Дж. Бишофф и Р. Розенбауэр (Bishoff, Rosenbauer, 1977) обнаружили металлоносные осадки в нижней части разреза осадков ст. 18В. Подобные образования отсутствуют как в верхней части разреза этой станции, так и в осадках близко расположенной к ней ст. 20 (см. рис. 1). На ст. 18В дночерпательная проба составляла по глубине 36 см. В нижних 16 см находились относительно чистые металлоносные осадки темно-шоколадно-коричневого цвета, резко отличные по цвету от верхней части разреза осадков, имеющих желтовато-коричневую окраску. Металлоносные компоненты сложены глобулями, достигающими 0,1 мм в диаметре. Эти глобули, по Дж. Бишоффу и Р. Розенбауэру, представлены смесью полупрозрачных красновато-желтоватых агрегатов и обломочных глинистых минералов, характеризующихся низкими величинами дупреломления. Дифрактометрический анализ осадков показал, что они представлены рентгеноаморфной фазой со слабым пиком смектита и весьма незначительными пиками

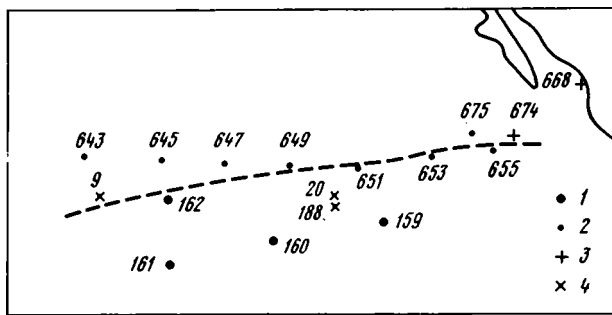


Рис. 1. Расположение станций и скважин глубоководного бурения в районе субширотного разлома Кларрион

1 — скважины глубоководного бурения (Стопан, 1973); 2 — изученные станции 9-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев"; 3 — станции этого рейса, осадки которых не были изучены авторами статьи; 4 — ст. 9 Токийского университета (Aoki et al., 1975), ст. 20 и 18В — по (Bishoff, Rosenbauer, 1971)

иллита, каолинита и хлорита. В своих выводах авторы подчеркивают, что металлоносные осадки, установленные в нижней части разреза ст. 18В, по физическим свойствам, содержанию воды, минералогии и химическому составу весьма сходны с типичными металлоносными осадками депрессии Бауэр, а также с образованиями, найденными на ст. 9 Токийского университета. Локальная гидротермальная активность, по их мнению, может быть связана с разломной зоной Кларрион, однако характер этой связи Дж. Бишоффом и Р. Розенбауэром не был выяснен.

Поднятые во время 9-го рейса НИС "Дмитрий Менделеев" осадки и руды изучены комплексом методов исследования. Особое внимание при этом уделено встречающимся среди осадков небольшого размера ($>0,1$ мм) гидротермальным и эндогенным образованиям.

Было установлено, что практически в осадках всех изученных станций (см. рис. 1) помимо биогенных, терригенных и гидrogenных компонентов, присущих обычным пелагическим океанским илам, присутствуют чуждые им по природе образования. В их составе — различные компоненты, находящиеся в самых разных соотношениях. Среди них существенны железистые глобулы (железистый смектит, гидрогётит), железистая рентгеноаморфная взвесь, эдафогенные обломки пород и минералов, обломки самородных металлов (алюминий, железо, медь, серебро, золото, цинк, олово, свинец и др.), интерметаллические соединения, сульфиды (железа, меди, цинка), карбонаты (марганца и железа), барит, гипс, вюстит, корунд, графит и другие минералы (Штеренберг, 1978; Штеренберг и др., 1974, 1979, 1980, 1985, 1986, 1988). Весь этот сложный комплекс гидrogenных, гидротермальных, эндогенных и других образований, в той или иной степени участвующий в сложении осадков изученных нами станций и наиболее ярко проявившийся в нижних частях разреза ст. 655, вероятнее всего, попал сюда из разломной зоны Кларрион механическим путем. Возможно, поэтому устанавливается столь неравномерное распределение их по площади и разрезам. Сложное строение района субширотного разлома Кларрион подмечено и в работах Г.А. Семенова с соавт. (1985), В.Н. Свальнова (1986) и др., установивших неровности дна, связанные с тектоническими движениями и подводной эрозией, перемычками и переотложениями ранее отложившихся осадков и руд.

А.В. Дубинин и И.И. Волков (1985) рассмотрели вопрос о влиянии гидротермальных процессов на осадкообразование в районе ст. 655. Эти исследователи определяли содержания редкоземельных элементов (РЗЭ) и иттрия в поверхностных осадках ст. 668 и 649 и на шести горизонтах, включая поверхностный на ст. 655 (см. рис. 1). Судя по полученным данным, сумма редких земель

и иттрия наименьшая в осадках ст. 668, находящейся в краевой, прибрежной зоне Калифорнийского залива, где осадки представлены мелководными образованиями, обогащенными органическим веществом ($\Sigma \text{PЗЭ} = 184,7 \times 10^{-4}\%$). Поверхностные осадки ст. 649 (горизонт 0—2 см) характеризуются хотя и более высокими содержанием и суммой редких земель и иттрия ($315,1 \times 10^{-4}\%$), однако несколько меньшими, чем содержания этих же элементов в осадках поверхностного (0—5 см) горизонта ($360,3 \times 10^{-4}\%$) ст. 655. В более низких горизонтах осадков эта величина увеличивается от $371 \times 10^{-4}\%$ (горизонт 10—20 см) до $406 \times 10^{-4}\%$ (горизонт 28—35 см), а далее несколько понижается, доходя в горизонте 170—180 см до $358,4 \times 10^{-4}\%$.

А.В. Дубинин и И.И. Волков отмечают, что гидротермальный вклад в осадконакопление в районе ст. 655 начинает ощущаться в горизонте 10—20 см, в то время как такие показатели гидротермальности, как повышенные величины железо-марганцево-титанового модуля, содержания марганца и железа, наличия барита, гипса (?), проявляются только с горизонта 35—45 см. Расчет относительных содержаний форм РЗЭ в осадках показал, что сверху вниз по разрезу происходит уменьшение количества терригенного материала и увеличение гидротермального. Однако А.В. Дубинин и И.И. Волков не указывают, в какой форме находится гидротермальный материал и каким путем попал он в осадки ст. 655.

В этой связи нам вновь пришлось вернуться к осадкам этой станции. Ранее в своих работах, посвященных изучению особенностей осадко- и рудообразования в районе Кларин, главное наше внимание при изучении фракций $>0,1$ мм обращалось на обломки самородных металлов, интерметаллических соединений и других рудных гидротермальных и эндогенных образований. Относительно крупные биогенные остатки и терригенные обломки нами изучены со значительно меньшей детальностью. В настоящей работе мы вновь пересмотрели ранее отобранный материал по ст. 655.

При изучении разноразмерных фракций осадков из разных горизонтов этой станции среди существенно железистых глобулей были обнаружены пропущенные при предшествующих наших исследованиях обломки неправильной формы, белого цвета, достигающие по длинной стороне 2—4 см (рис. 2,а). Как правило, они слабо окатаны и сильно пористы. На отшлифованном срезе видны небольшого размера каверны и ямки (рис. 2,б). Наибольшие количество и размер обломков белого цвета наблюдаются на горизонте 35—45 см. Вниз по разрезу их количество заметно уменьшается и в горизонте 90—100 см они не обнаружены. Хотя в осадках горизонта 35—45 см наблюдаются наиболее крупные обломки, здесь же встречаются и мелкие образования, достигающие до 0,05 мм. Рентгеновский анализ (УРС-55, Со- K_{α} -излучение) показал, что белые обломки представлены цинкитом — ZnO (табл. 1).

Наличие цинкита подтверждено и с помощью рентгеновского микроанализатора (Ms—46). Содержание ZnO в белых обломках оказалось равным 95,8% (рис. 2,в). На рис. 2,г, д, е показано распределение кремния, марганца и железа в рентгеновском характеристическом излучении. Отметим наибольшую интенсивность излучения цинка. Она почти в 15 раз выше интенсивности излучения марганца, железа и почти в 80 раз выше, чем у кремния. В цинките не установлены никель, медь и кобальт или их содержания очень малы.

Под бинокулярной лупой видно, что на поверхности белых обломков, представленных цинкитом, располагаются мелкие существенно марганцевые выделения. На ряде участков их очень много и они образуют неправильные по форме скопления (рис. 2,а). При разломе обломков видно, что железо-марганцевые выделения локализируются в самой поверхностной зоне. Внутри обломков они либо отсутствуют, либо встречаются очень редко. Главным элементом, участвующим в их сложении, является марганец (табл. 2). Содержание

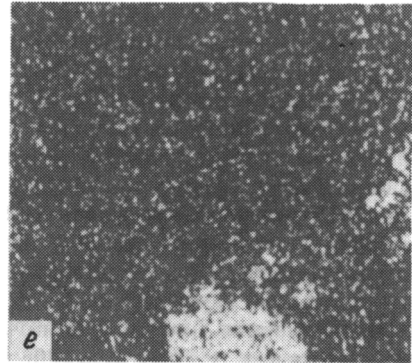
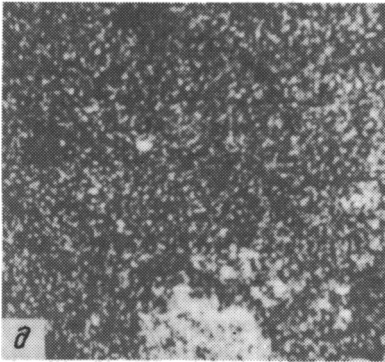
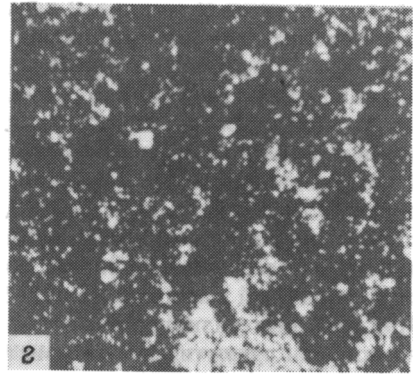
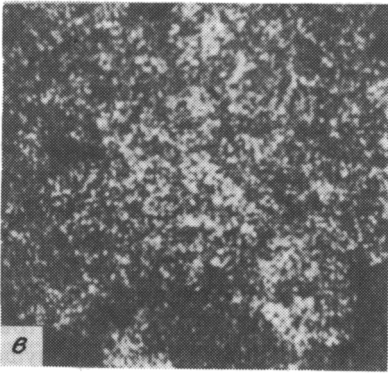
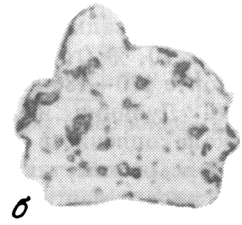
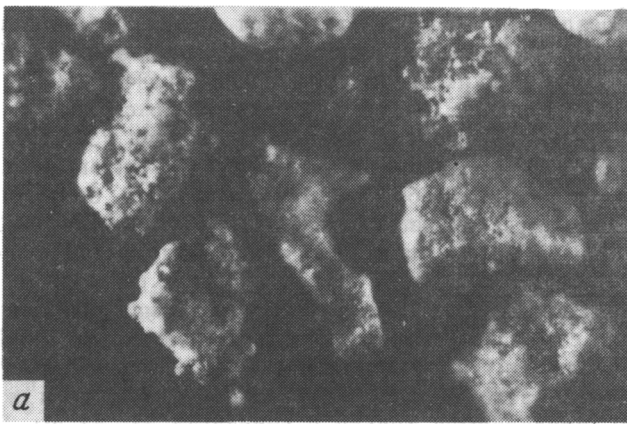


Рис. 2. Микрофотографии изученных образований

a, б — бинокулярная лупа, ув. 2: *a* — обломки цинкита, темные пятна на поверхности цинкита — скопления существенно марганцевых микрообразований, *б* — срез обломка цинкита; *в—е* — снимки в рентгеновском характеристическом излучении, ув. 150: *в* — ZnK_{α} , *з* — SiK_{α} , *д* — MnK_{α} , *е* — FeK_{α}

Таблица 1

Межплоскостные расстояния (d) и интенсивность линий (I) обломков белого цвета (ст. 655, гор. 35—45 см)

Белого цвета обломки		Цинкит*		Белого цвета обломки		Цинкит*	
I	d	I	d	I	d	I	d
1	3,42	10	3,39	1	2,00	10	2,05
1	3,02	30	3,11	3	1,90	50	1,91
4	2,86	20	2,89	4	1,65	50	1,60
10	2,64	100	2,66	6	1,52	90	1,57
6	2,46	50	2,46	4	1,47	60	1,48
1	2,28	20	2,30	5	1,38	60	1,35
2	2,11	30	2,15				

*№ 21—1486 (Powder ..., 1964).

Таблица 2

Содержания Fe, Mn, Ni, Cu, и Co в железомарганцевых образованиях (в %)

№ точки на диаграмме (см. рис. 3)	Анализируемые образования	Fe	Mn	Ni	Cu	Co
1	Fe-Mn-конкреции на поверхностных осадках (район разлома Кларин)	9,1	22,4	1,11	0,74	0,22
2	Fe-Mn-микроконкреции (отмытые из осадков)	10,2	21,1	0,70	0,45	0,13
3	Fe-Mn-микровыделения на обломках цинкита	4,0	48,5	1,14	1,07	0,25
4	Fe-Mn-конкреции, погруженные в осадках (скв. 156)*	4,3	34,8	1,40	1,45	0,15
5	То же (скв. 160)*	3,6	34,2	1,70	1,56	0,16
6	То же (скв. 161)*	5,2	30,7	1,55	1,22	0,23
7	То же (скв. 162)*	5,9	26,5	1,42	1,09	0,29

*D.Cronan (1973).

его близко к 48,5%. Железо явно отступает на второй план и составляет всего 4,0%. Заметно повышение количества никеля (1,14%) и меди (1,07%). Изучение Fe-Mn-микрообразований, располагающихся главным образом на поверхности обломков цинкита, свидетельствует о массивном их сложении. Судя по данным рентгеновских анализов, они представлены главным образом аморфной фазой. Небольшое по размерам, слабо выраженное отражение в области 2,42 Å позволяет предполагать присутствие плохо окристаллизованного вернадита. Рудные, существенно марганцевые выделения на обломках цинкита заметно отличаются от Fe-Mn-конкреций и микроконкреций, расположенных на поверхности современных осадков зоны Кларин (табл. 2), зато они близки по химическому составу к погребенным Fe-Mn-конкрециям, установленным при бурении глубоководных скважин (Cronan, 1973). Наиболее ярко это видно на треугольной диаграмме (рис. 3), предложенной Э. Бонатти и др. (Bonatti et al., 1972) для отличия гидротермальных и гидрогенных рудных образований океанов.

На диаграмме Fe-Mn-конкреции и микроконкреции поверхностной части дна океана находятся вблизи друг от друга и располагаются на поле, отличающемся от поля, на котором находятся марганцевые выделения на цинките и конкреции

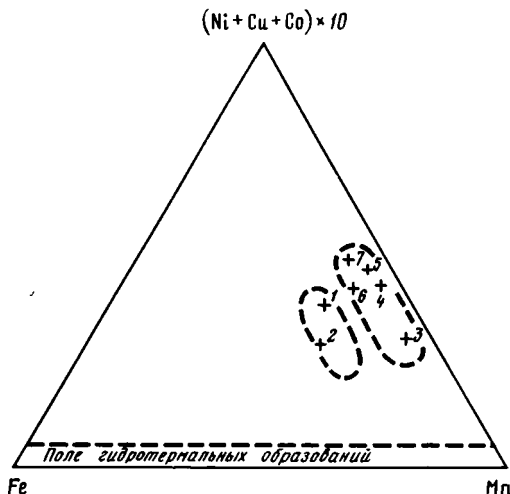


Рис. 3. Треугольная диаграмма: Fe—Mn(Ni + Cu + Co)×10

Номера точек и содержание элементов в конкрециях приведены в табл. 2

миоцена, эоцена и олигоцена, обнаруженные при глубоководном бурении скважин N 159, 160, 161 и 162 (см. рис. 1) в этом районе (Сгопан, 1973).

Считаем, что такая ассоциация не случайна. Она отражает существующую между ними генетическую связь и может свидетельствовать о том, что выделения гидроокислов марганца и железа на цинките, как и образование этого минерала, происходили намного раньше, чем накопление осадков и Fe-Mn-конкреций вблизи разломной зоны Клариион, и в том числе у ст. 655.

Не так давно в осадках ст. 647 (см. рис. 1) в интервале глубин 300—310 см на обломках самородного алюминия установлены небольшого размера выделения динкита (ZnO) и хлористого цинка ($ZnCl_2$). При рассмотрении вопроса о генезисе цинкита авторы (Штеренберг и др., 1986) приходят к выводу, что существующие в литературе данные не противоречат его гидротермальному происхождению. При этом высказывается предположение о возможном нахождении в зоне разлома Клариион вулканических построек того же типа ("курильщички"), как и на Восточно-Тихоокеанском, Срединно-Атлантическом и других активных поднятиях, в строении которых принимают участие разные соединения — цинка, железа, меди и других элементов.

Разломная зона Клариион, как указывалось нами ранее (Штеренберг и др., 1980), вероятнее всего, и являлась поставщиком обломков самородных металлов, интерметаллических соединений, сульфидов и других образований (включая и установленные обломки цинкита), чуждых нормальному осадконакоплению в океанах, в смежные с ней районы. Судя по полученным данным, повышенные количества этих образований устанавливаются в осадках тех станций, которые близко располагаются к этой разломной зоне, в частности в осадках ст. 655.

ABSTRACT

The fragments of zincite (ZnO) have been found in station 655 sediments (northeastern Pacific) besides native metals, sulfides and other hydrothermal and magmatic formations before discovered. Zincite has also been transported to the region mechanically from the Clarion fracture zone.

ЛИТЕРАТУРА

- Бутузова Г.Ю., Лисицина Н.А., Волков И.И. и др. Признаки экскалятивной деятельности в донных осадках Тихого океана к югу от Калифорнийского залива // Литология и полезные ископаемые. 1975. N 6. С. 3—11.
- Бутузова Г.Ю., Лисицина Н.А., Градусов Б.П. Аутигенный монтмориллонит в донных осадках станции 655 к югу от Калифорнийского залива // ДАН СССР. 1976. Т. 231, N 2. С. 460—462.
- Глагольева М.А. Распределение химических элементов в донных осадках. Подгруппы железа, марганца и халькофильная // Литология и геохимия осадков Тихого океана (трансокеанский профиль). М.: Наука, 1979. С. 143—186.
- Глагольева М.А., Коннов В.А., Гархони Ю.П., Ягодинская Т.А. Химические элементы в осадках северо-восточной части Тихого океана // Литология и полез. ископаемые. 1976. N 6. С. 47—66.
- Дубинин А.В., Волков И.И. Редкоземельные элементы как индикаторы гидротермальных процессов в осадках ст. 655 (северо-восточная часть Тихого океана) // Там же. 1985. N 5. С. 129—132.
- Лисицина Н.А., Бутузова Г.Ю. Вещественный состав донных осадков // Литология и геохимия осадков Тихого океана (трансокеанский профиль). М.: Наука. 1979. С. 186—122.
- Свалянов В.И. Литология и стратиграфия // Железомарганцевые конкреции центральной части Тихого океана. М.: Наука, 1986. С. 36—67.
- Семенов Г.А., Левченко О.В., Москаленко В.Н., Кузьмин Н.П. Детальное сейсмопрофилирование осадочной толщи и фундамента в северо-восточной котловине Тихого океана // Океанология. 1985. Т. 25, вып. 2. С. 258—264.
- Страхов Н.М. Об экскаляциях на срединно-океанических хребтах как источнике рудных элементов в океанических осадках // Литология и полез. ископаемые. 1974. N 3. С. 20—37.
- Штеренберг Л.Е. Хризокола ($\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) в осадках ст. 655 (Тихий океан) // ДАН СССР. 1978. Т. 241, N 1. С. 189—191.
- Штеренберг Л.Е., Александрова В.А., Васильева Г.Л. и др. Продукты вулканической деятельности в осадках северо-восточной части Тихого океана // Литология и полез. ископаемые. 1980, N 2. С. 17—32.
- Штеренберг Л.Е., Александрова В.А., Сивцов А.В. и др. Состав, строение и особенности распределения Fe-Mn микроконкреций в осадках северо-востока Тихого океана // Там же. 1985. N 6. С. 58—70.
- Штеренберг Л.Е., Васильева Г.Л. Самородные металлы и интерметаллические соединения в осадках северо-восточной части Тихого океана // Там же. 1979. N 2. С. 133—139.
- Штеренберг Л.Е., Кузьмина О.В., Лапутина И.П., Цепин А.И. О находке самородного алюминия в ассоциации с (ZnO и ZnCl_2) среди осадков ст. 467 (северо-восток Тихого океана) // Там же. 1986. N 1. С. 137—140.
- Штеренберг Л.Е., Сивцов А.В., Ципурский С.И. Находка самородного серебра в осадках северо-востока Тихого океана // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. N 6. С. 130—133.
- Штеренберг Л.Е., Степанова К.А. Графит в осадках северо-восточной части Тихого океана (ст. 675 и 655) // ДАН СССР. 1974. Т. 219, N 3. С. 460—462.
- Aoki S., Kohyama N., Sudo T. An iron-rich motmorillonit in sediment core from northeastern Pacific // Deep-Sea Res. 1975. Vol. 21. P. 865—875.
- Bishoff I.L., Rosenbauer R.I. Recent metalliferous sediment in the North Pacific Manganese nodule area // Earth and Planet. Sci. Lett. 1977. Vol. 33, N 3. P. 379—388.
- Bonatti E., Kraemer T., Rudell H. Classification and genesis of submarine iron-manganese deposits // Ferromanganese deposits in the ocean floor / Ed. D. Horn. Wash. (D.C.): Nat. Sci. Found., 1972. P. 149—165.
- Cronan D. Manganese nodules in sediments cored during Leg 16, Deep Sea Drilling Project // Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D.C.): US Gov. print. off., 1973. Vol. 16. P. 605—608.
- Koski R.A., Claque D.A., Oudin E. Mineralogy and chemistry of massive sulfide deposits from the Juan de Fuca Ridge // Bull. Geol. Soc. Amer. 1984. Vol. 95, N 4. P. 930—945.
- Oudin E. Hydrothermal sulfide deposits of the East Pacific Rise (21°N), Pt I. Descriptive mineralogy // Mar. Mining. 1983. Vol. 4, N 1. P. 39—72.
- Powder diffraction File. Philadelphia, 1964. 786 p. (ASTM. Spec. Techn. Publ.; 48—2).
- Rona P.A. Hydrothermal mineralization at sea — floor spreading centers // Earth Sci. Rev. 1984. Vol. 20. P. 1—14.