

## ПОЛИТЕРМИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ СИСТЕМЫ Fe-FeS-NiS-Ni при Fe:Ni = 1:1

Косяков В.И., (ИНХ СО РАН); Сиякова Е.Ф. (ИГМ СО РАН)

*kosyakov@che.nsk.su*; Факс: (383) 330-9489; Тел.: (383) 330-9259

*efsin@uiggm.nsc.ru*; Факс: (383) 333-27-90; Тел.: (383) 333-30-26

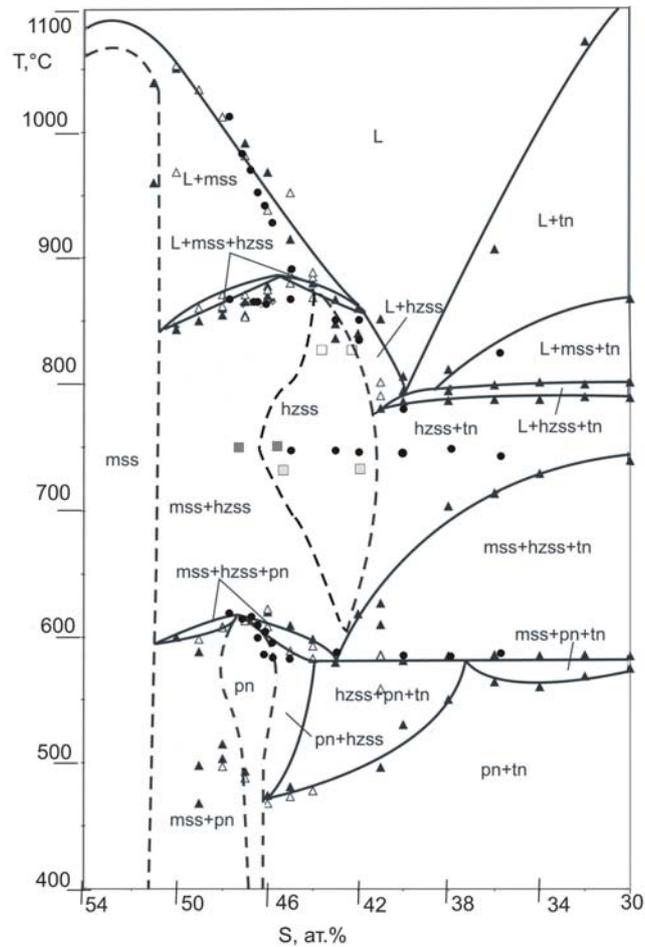
---

Ключевые слова: Система Fe-Ni-S, пентландит, хизлевудитовый твердый раствор

Разрез Fe:Ni=1:1 является ключевым для понимания строения фазовой диаграммы системы Fe-FeS-NiS-Ni и описания механизмов образования таких минералов как моносльфидный (mss) и пентландитовый (pn) твердые растворы, тенит  $\gamma$ -Fe,Ni (tn), а также хизлевудитовый твердый раствор (hzss), претерпевающий твердофазный распад при охлаждении. Согласно работе [1] этот разрез является квазибинарным, а пентландит существует в виде двух модификаций: высокотемпературного (hpn) и низкотемпературного (pn). Модификация hpn кристаллизуется из расплава, а pn образуется из hpn в результате фазового перехода, протекающего в температурном интервале 615-584°C. Такое строение разреза противоречит изотермическому сечению при 850°C, приведенному в этой же работе, и сечениям при других температурах, построенных в [2-4]. Действительно, коноды mss+hpn и hpn+L (в обозначениях работы [1]) не проходят в области сечения Fe:Ni = 1:1, поэтому на соответствующем политермическом разрезе должны присутствовать две трехфазные области mss+hpn+L. Далее, если разрез квазибинарен, на поверхности ликвидуса должна присутствовать квазибинарная эвтектика (L+hpn+tn), которая отсутствует во всех работах с описанием диаграммы плавкости системы Fe-FeS-NiS-Ni [5-8].

Построенный ранее в работе [2] этот разрез неквазибинарен, на нем присутствуют однофазные области существования hzss (между ~ 876 и 675°C) и пентландита (ниже 613°C). Области стабильности хизлевудитового твердого раствора и пентландита не соприкасаются, а разделены полем трехфазного равновесия mss+hzss+tn.

В настоящей работе приведена уточненная версия разреза Fe:Ni=1:1 (рис.1), построенная на основании критического анализа и согласования всех опубликованных данных, относящихся к рассматриваемой области фазовой диаграммы. Мы показали, что при охлаждении расплава из него выделяется хизлевудитовый твердый раствор, а пентландит образуется в результате твердофазной реакции. Области существования hzss и pn в рассматриваемом сечении разделены между собой узкой (~ 10°C) щелью. Эта щель образуется благодаря протеканию фазовой реакции  $mss+hzss \rightarrow pn+tn$  ( $T=584^\circ\text{C}$ ). Для подтверждения этой реакции был проведен длительный отжиг в течение 70 суток трех образцов в области составов, содержащих  $\leq 45$  ат.% S (40, 34 и 32 ат.%) при 635 и 575°C и их исследование методами рентгенофазового анализа, оптической и электронной микроскопии. Отожженные при 635°C образцы состояли из тенита, богатого Fe-mss и мелкодисперсной смеси продуктов распада hzss, так как эта фаза не сохраняется при закалке. В соответствии с представлениями работы [1] микроструктура таких образцов должна состоять только из двух фаз: tn и hpn. Образцы, отожженные при температуре 575°C, состоят из смеси pn и tn. Особенность микроструктуры этих образцов состоит в том, что тенит представлен в виде двух генераций – оgranенных кристаллов размером до 70 мкм в пентландите и выделений размером < 10 мкм, равномерно распределенных в матрице pn, которые, по-видимому, являются продуктами распада незакаливаемого hzss. Это позволяет предположить, что описываемые образцы принадлежат полю  $pn+tn+hzss$ , показанному на рисунке. По версии [1] при этой температуре устойчива двухфазная ассоциация (pn+tn), причем при охлаждении образца с 40 ат.% S, присутствующего на фрагменте разреза из этой работы, должны присутствовать кристаллиты только одной генерации tn.



**Рис.1.** Политермический разрез системы Fe-FeS-NiS-Ni при соотношении Fe:Ni = 1. Закрытыми и открытыми треугольниками обозначены собственные данные ТА образцов, закаленных от температур 900° и 750°C соответственно, закрытыми кружками – результаты из работы [1]. Открытыми открытыми, затененными и закрытыми квадратами обозначены составы hzss из работ [2], [3] и [1] соответственно.

Отметим, что на кривых ДТА мы не обнаружили эффектов при 746°C, которые, согласно данным из работы [1] присутствуют в области составов, содержащих  $\leq 45$  ат.% S и соответствуют, по интерпретации авторов, котектической реакции образования из расплава высокотемпературного пентландита (hpn) и тенита.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности ревизии подхода к описанию процессов минералообразования в рассматриваемой системе, а также в сходных системах большей компонентности, основанного на представлениях работы [1]. Более надежные данные свидетельствуют об образовании хизлеудитового твердого раствора из расплава, а пентландита – в результате твердофазного процесса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-05-64172)*

### Литература

1. Sugaki A., Kitakaze A. // Am. Mineral. 1998. V. 83. N 1-2. PP. 133-140.
2. Федорова Ж.Н., Синякова Е.Ф. // Геология и геофизика. 1993. Т. 34. № 27. СС. 84-92.
3. Karup-Moller S., Makovicky E. // N. Jb. Miner. Mh. 1995. V. 1. PP. 1-10.

4. *Karup-Moller S., Makovicky E.* // N. Jb. Miner. Mh. 1998. V. 8. PP. 373-384.
  5. *Vogel V.R., Tonn W.* // Arch. F. d. Eisenhüttenwesen. 1930. V. 12. PP. 769-780.
  6. *Уразов Г.Г., Филин Н.А.* // *Металлургия*. 1938. Т. 13. СС. 3-17.
  7. *Hsien K.-C., Vlach K.C., Chang Y.A.* // *High Temperature Sci.* 1987. V. 23. PP. 17-38.
  8. *Sinyakova E.F., Kosyakov V.I., Shestakov V.A.* // *Metall. Mater. Trans.* 1999. V. 30B. PP. 715-722.
- 

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24) 2006*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2006/informbul-1\\_2006/term-43.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/term-43.pdf)*

*Опубликовано 1 июля 2006 г*

*© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006*

*При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала,*

*ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна*