

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СУЛЬФИДАХ ДВУХЮРТОЧНОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА).

*Андреева Е.Д.<sup>1</sup>, Буханова Д.С.<sup>2</sup>, Коновалова Н.С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

<sup>3</sup> *Институт тектоники и геофизики ДВО РАН*

*Научный руководитель: к.г.-м.н. Округин В.М.*

Двухюрточная гидротермальная система располагается в 85 км к востоку от пос. Ключи в троговой долине. Она объединяет четыре группы (Центральная, Южная, Западная и Восточная) естественных выходов термальных вод. Из вод источников происходит отложение различных минералов и агрегатов, содержащих аномальные концентрации ртути (150-1000 ppm), мышьяка (200-800 ppm) и сурьмы (100-400 ppm). Особый интерес представляют сульфидные глобулы преимущественно пиритового состава, отличающиеся удивительной морфологией и микростроением. В отдельных зонах таких сульфидных фрамбоидов – псевдооолитов концентрации ртути, мышьяка, сурьмы достигают 18.5, 6.7 и 2.3 % соответственно, при аномально тяжелой по своему изотопному составу сере. Впервые методами аналитической сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), детально изучена микроморфология пирита не только из отложений дна котлов, но и дренирующих их водотоков («чёрные» глинистые образования), а также сульфидов на органических остатках по периферии источников.

В 1931 году П.Т. Новограбленов впервые описал источники Двухюрточного озера, назвав их Белыми, Харчинскими, Вертинскими [4]. На сегодняшний день известно четыре группы источников, которые были открыты в следующей последовательности: 1951 г. - центральная и южная группы ("Союз-геокаптажминвод"); 1955 г. - западная группа, которая была детально изучена в 1984г. В.М.Зиминым; 1990 г. - восточная группа термопроявлений. В 1987 г. на дне озера в его западной части, на глубине 15-20 м при проведении эхолокационных исследований КоТИНРО, был обнаружен очередной выход, предположительно, термальных вод.

Двухюрточная гидротермальная система приурочена к одноименному озеру и располагается в Восточных отрогах Среднего Камчатского хребта. Озеро Двухюрточное находится в верхней части долины реки Двухюрточная. Оно образовалось в результате сейсмообвальных процессов, вызванных тектоническими движениями. Ближайший населенный пункт – п. Ключи расположен в 85 км на юго-восток (рис. 1).

Долина реки – типичный трог вулканического плато с абсолютными отметками 900-1000 м. Крутые склоны и дно долины перекрыты обвалами, моренами и имеют обломочное строение. В бортах обнажаются плиоцен-четвертичные вулканиты и более древние вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы.

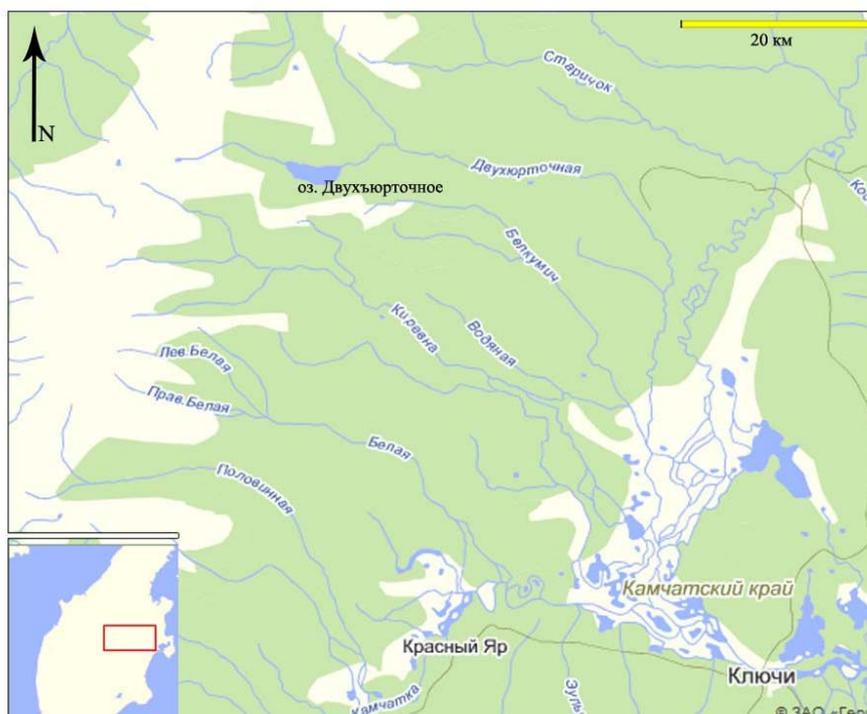


Рис. 1. Схематическая карта местоположения Двухюрточного озера.

Водоносные горизонты представлены зонами переслаивания разнообразных туффитов, туфоалевролитов до туфопесчаников и гравеллитов эталонской и эрмановской свит неогенового возраста. Роль экранов или водоупоров играют лавовые базальтовые потоки плейстоцен-голоценового возраста. Породы в различной степени изменены процессами хлоритизации, окварцевания и пиритизации. Значительное фильтрационное сопротивление восходящему потоку термальных вод оказывает комплекс аллювиально-пролювиально-делювиальных отложений реки Двухюрточная. Эти геологические особенности способствуют определенной изоляции термовыводящих каналов и препятствуют сильному разбавлению глубинных гидротерм поверхностными атмосферными водами (рис. 2).

В пределах Двухюрточной гидротермальной системы выделяют четыре группы естественных выходов термальных вод: центральная, южная, западная и восточная (рис. 3). Основные термовыводящие разломы имеют субмеридианальное (Центральная и Южная группы), северо-западное и субширотное (Западная и Восточная группы) направления. Источники центральной и южной групп интенсивно газируют, газ по составу азотный. Западная и восточная группы отличается более слабым газированием. В водах термопроявлений развиты колонии термофильных водорослей и бактериальные покровы. Центральная группа источников локализована на северо-западной оконечности озера. Породы в местах выходов представлены гидротермально изменёнными туфами и туффитами мио-

цен-плиоценового возраста. Группа включает около 170 грифонов с температурой 0-76,0 °С.

Южная группа приурочена к западной оконечности озера Двухюрточного. Разгрузка источников этой группы происходит в современные пролювиальные отложения. Группа представляет собой площадку размером 20х40м, в пределах которой сосредоточены грифоны с температурой 45,7 °С.

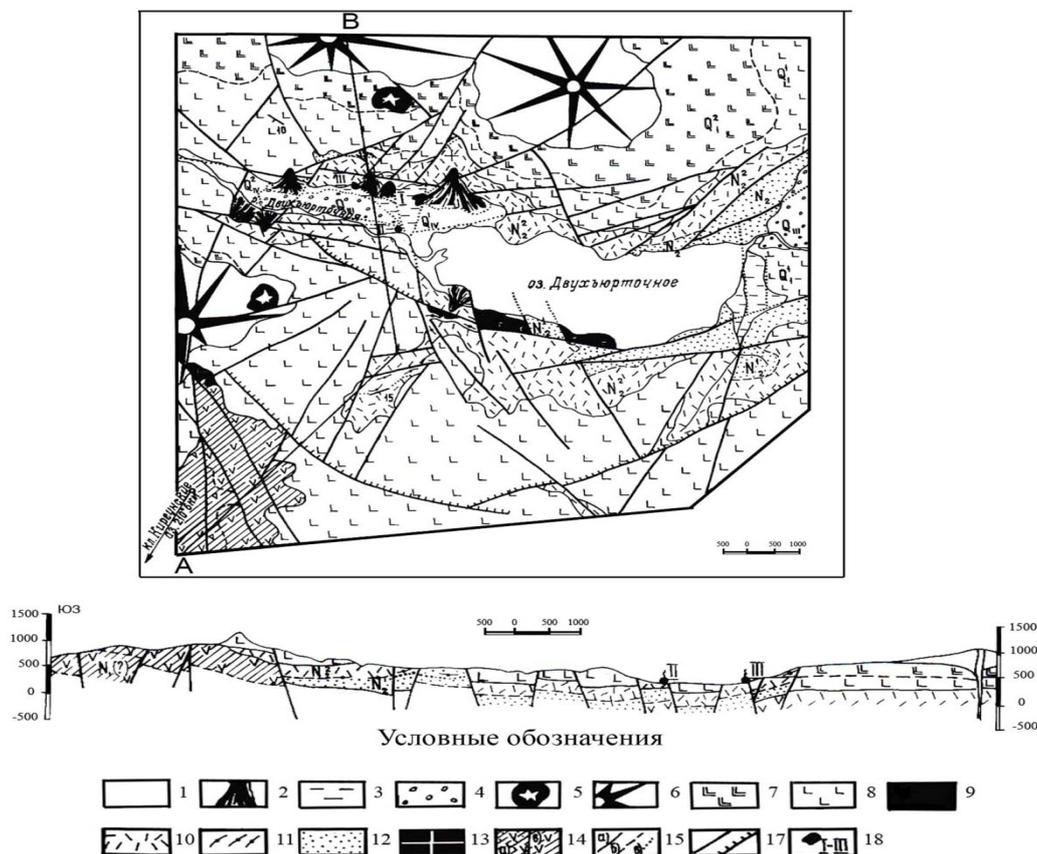


Рис.2. Геологическая схема Двухюрточной гидротермальной системы по Зимину В.М., 1977г.

1-4. рыхлые четвертичные отложения: 1-3. голоценовые отложения; 4. верхнеплейстоценовые отложения; 5-9. четвертичные базальты: 5. верхнеплейстоценовые базальты; 6. среднеплейстоценовые базальты; 7-9. нижнечетвертичные фрагменты щитовых вулканов: 7. верхняя толща – андезиты, базальты, лавы и их туфы; 8. нижняя толща – туфы и лавы андезитов, базальтов, туффиты и туфопесчаники; 9. субвулканические тела, базальты и долериты; 10-13 плиоценовые вулканиты: 10. верхняя толща эрмановской свиты: 10. туфы, туфогенные отложения, 11. игнимбриты; 12. Нижняя толща этоновской свиты – туфогенно-осадочные образования; 13. субвулканические тела липаритов – дацитов; 14. доплиоценовые (среднеплиоценовые) отложения туфов (а) и лав (б) андезитов; 15. геологические границы между: а) стратиграфическими комплексами, б) толщами внутри комплексов, в) фациальные; 16. разломы; 17. гидротермальные источники.

Западная группа источников расположена в северо-западном направлении в 2 км от Центральной. Термы разгружаются в поле развития вулканогенно-осадочных пород миоцен-плиоценового возраста. В этой группе выделяют три площадки (западная, центральная и восточная), к которым приурочены практически все естественные выходы термальных вод с температурой порядка 20-76 °С (рис. 4).



Восточная группа располагается на северном берегу Двухюрточного озера. Выходы источников здесь приурочены к гравитационным современным отложениям. В пределах пляжной зоны озера размещается площадка 120x20 м, имеющая мигрирующий выход термальных вод с температурой до 46 °С.

По своему химическому составу и физико-химическим параметрам воды относятся к азотным сульфатно-хлоридно-натровым, кремнистым ( $H_2SiO_3$  - 130-159 ppm), борным ( $H_3BO_3$  - 80-95 ppm), мышьяковистым (As - 0,25 – 3,8 до 8.5 ppm), высокотемпературным (максимальная температура 78 °С), слабо щелочным (pH 8.0). Это типичные инфильтрационные термы предположительно атмосферного происхождения. Их катионно-анионный состав обусловлен взаимодействием вода – вулканическая порода в зонах выщелачивания [1].

В результате такого взаимодействия происходит отложение разнообразных минералов и агрегатов, некоторые из которых обнаруживают аномально высокие концентрации ртути (150-1000 ppm), мышьяка (200-800 ppm) и сурьмы (100-400 ppm).

Особый интерес представляют сульфидные глобулы сложенные пиритом. Они образуются в грифонах Центральной и Западной групп. Сферулы отлагаются как на дне источников, так и на органических остатках вокруг них на теплой почве, используя их как подложку для роста (рис. 5а, в, г).

Предшествующими исследователями было установлено, что сульфидные глобулы представлены главным образом пиритом, с небольшими количествами марказита [2,3].

Источник Западной группы, из которого отбирались сульфидные глобулы, представляет собой котел диаметром до 1,5 м, дно которого покрыто тонкодисперсными, рыхлыми отложениями преимущественно черного и бурого цветов. Термальная вода с температурой до 75<sup>0</sup>С поступает со дна в виде трех пульсирующих струй, вокруг которых накапливаются фрамбоиды пирита (рис. 4). Из котла вытекает ручеек с дебитом до 3 л/сек, который обрывается на крутом склоне, своеобразным водопадом с образованием «чёрного тонкодисперсного плаща», обогащённого ртутью, мышьяком и глобулами сульфидов (рис. 5б).



Рис. 4. Общий вид главного источника Западной группы.  
Из котла с  $T=76^{\circ}\text{C}$  вытекает термальный ручей.

Сульфидные фрамбоиды изучались методом аналитической сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализатором в Аналитическом центре ИТиГ ДВО РАН, г. Хабаровск. Впервые были изучены микроморфология и состав сульфидов на органических остатках и из тонкодисперсных рыхлых отложений «чёрного плаща».

Проведенные исследования показали, что фрамбоиды органических остатков имеют более мелкие размеры, чем их аналоги со дна котла (соответственно 0,1-1,0 мм и 0,5-2,0 мм редко достигая 3-4 мм). Ещё более мелкими размерами характеризуются сферолоиды из «чёрного плаща». Те и другие имеют практически идеальную сферическую форму и содержат микрозоны, обогащённые ртутью, мышьяком и сурьмой.

Сульфидные глобулы из котла отличаются от таковых из органики и осадков более крупными размерами и более широким разнообразием форм (рис. 6).

По своим оптическим свойствам и химическому составу они идентифицируются как пирит. Однако отдельные участки таких глобулей сложены марказитом. Эти фрам-боиды обнаруживают концентрически зональное строение, отдельные зоны содержат аномальные концентрации высокотоксичных элементов, таких как ртуть (до 18.5%), мышьяк (до 6.7 %) и сурьма (до 2.3 %). Эти глобули характеризуются аномально тяжелой по своему изотопному составу серой.

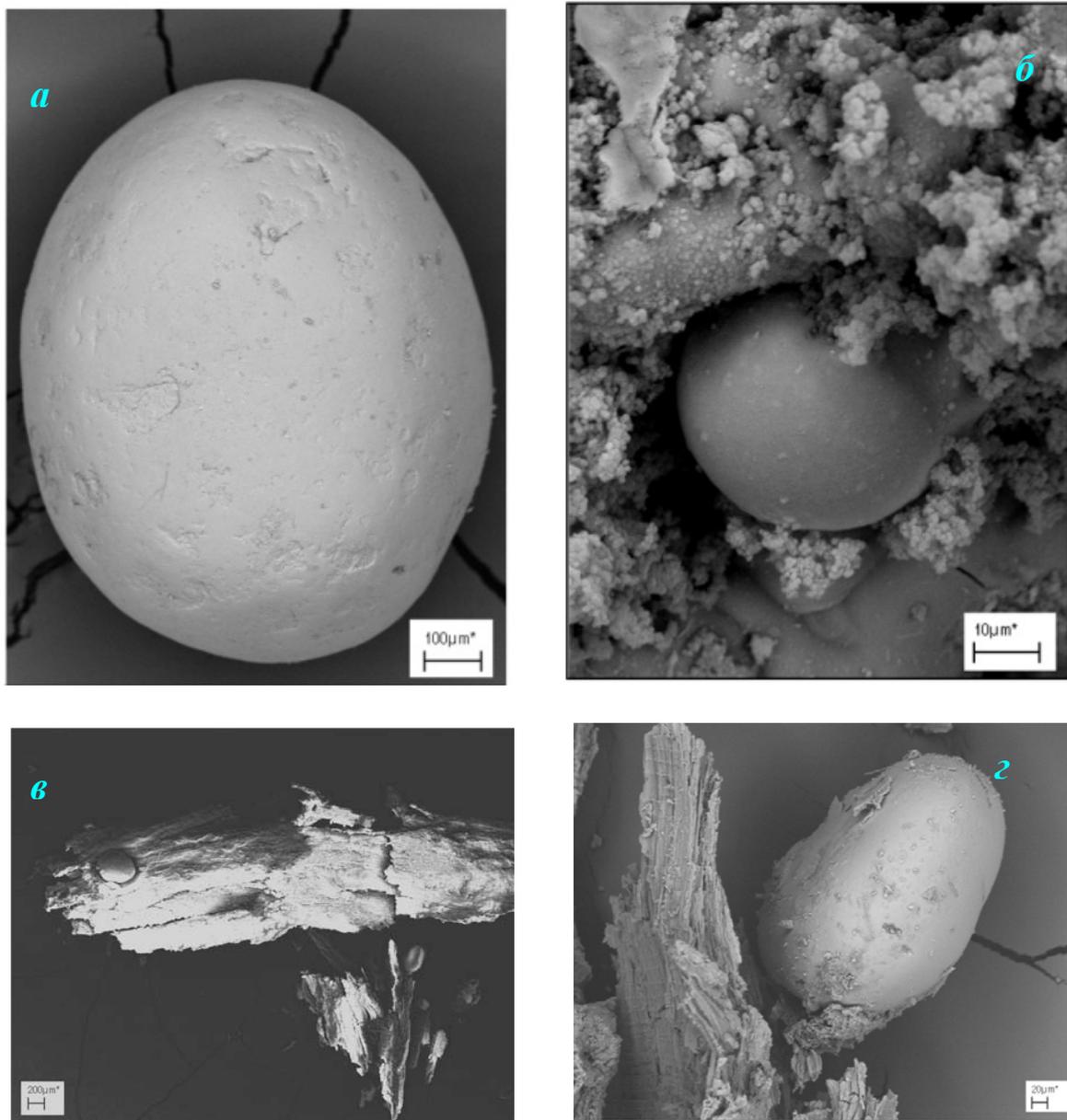


Рис. 5. Микроморфология сульфидных глобулей: а - котел; б – рыхлые черные отложения термального ручья; в, г – органические остатки (обломки шеломайника). Изображения в обратно рассеянных электронах, СЭМ.

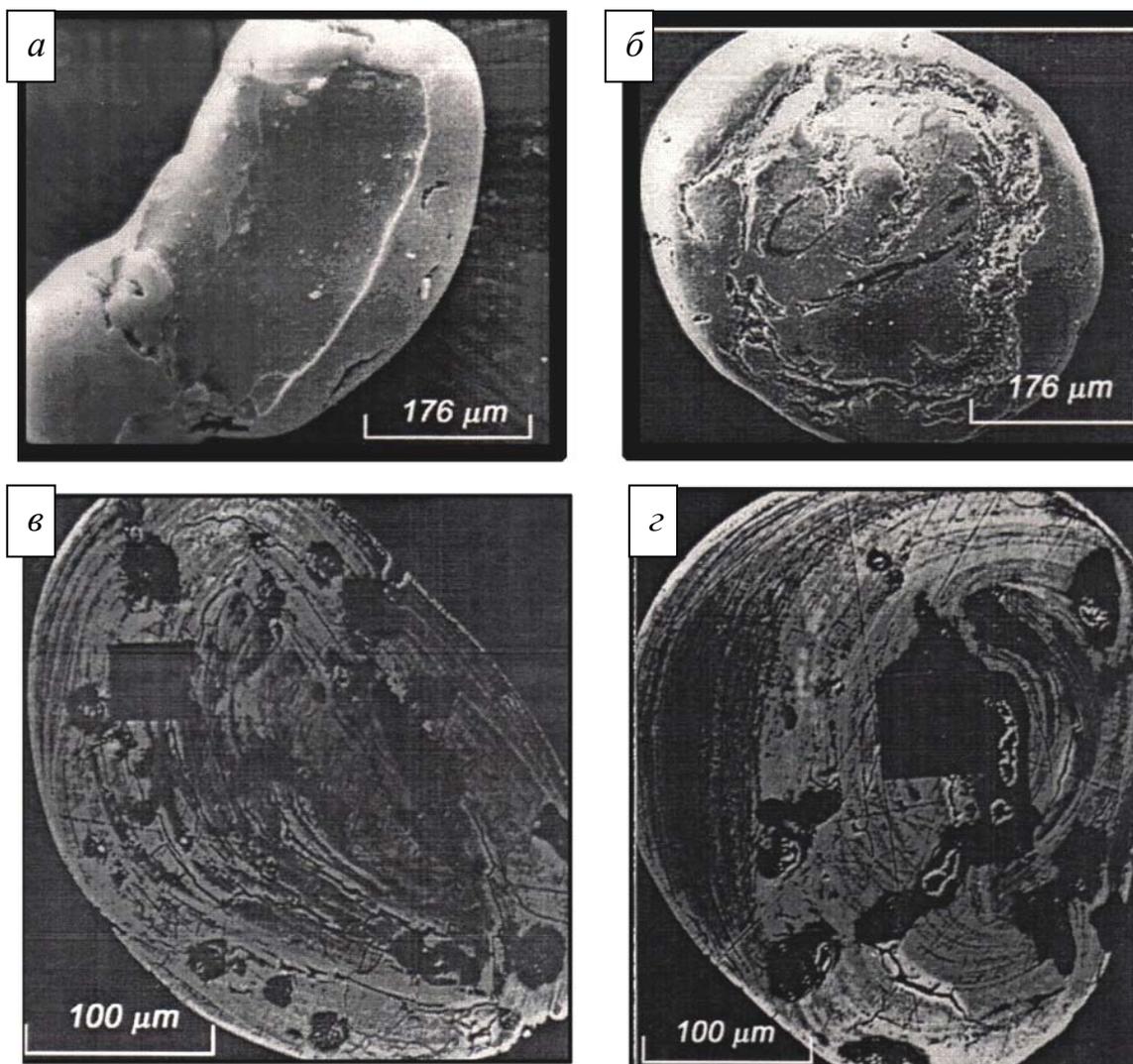


Рис. 6. Микроморфология и особенности строения сульфидных глобулей:

а - удлиненное «лаптевидное» зерно; б – сферическое образование, на сколах видна скорлуповатая отдельность; в, г – концентрически зональное строение, обусловленное чередованием микрозон различных оттенков (от тёмного до яркого) за счёт обогащения Hg-As-Sb. Фото с экрана: а, б - сканирующего электронного микроскопа Квикскан; в, г – рентгеноспектрального микроанализатора Камебакс.

## Литература

1. Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1: 500 000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализаций и ореолов рассеяния полезных ископаемых // Главные редакторы: Литвинов А.Ф., Патока М.Г. (Камчатгеолком), Марковский Б.А. (ВСЕГЕИ). Петропавловск-Камчатский: Изд-во СП КФ ВСЕГЕИ, 1999, 520 с.
2. Озерова Н.А., Бородаев Ю.С., Кирсанова Т.П., Дмитриева М.Т., Вяльсов Л.Н. Ртутьсодержащий пирит из Двухюрточных термальных источников на Камчатке // Геология рудных месторождений. 1970. Т.12. №1. С.73-78.
3. Округин В.М., Ананьев В.В., Полушин С.В., Самойлов Н.И., Соколов В.Н., Степанов И.И., Философова Т.М., Чубаров В.М. Некоторые особенности сульфидов в продуктах современного вулканизма Камчатки. 1989. Тезисы минералогического общества, Петропавловск-Камчатский, 39с.
4. Пийп Б.И. Термальные ключи Камчатки. М. – Л., СОПС АН СССР, 1937, 268 с., с ил. и картами (Сер. Камчатская, вып. 2)

## NEW DATA ABOUT SULFIDES FROM DVUKHYURTOVNY HYDROTHERMAL SYSTEM (CENTRAL KAMCHATKA)

*Andreeva E.D., Bukhanova D.S., Konovalova N.S.*

### Abstract

Dvuhyurtochnye hydrothermal system is located 85 kilometers east of the village Kluchy in trogovye valley. It brings together four teams (Central, South, West and East) of natural exits thermal waters. Of these water sources in each group became deposition of different minerals and aggregates containing anormal concentrations of mercury (150-1000 ppm), arsenic (200-800 ppm) and antimony (100-400 ppm). Of special interest are sulphide globule generally pyrites composition, different amazing zonal structure. In some zones of sulphides framboides concentrations of mercury, arsenic and antimony reach 18.5, 6.7 and 2.3% respectively, while abnormally heavy its isotopic composition of sulfur. The paper provides a synthesis of available data on chemical composition of pyrite Dvuhyurtochnyes hot springs, the study micromorphology pyrite of the analytical methods of scanning electron microscopy (SEM), and a study the composition of «black» sediments.