

*М.Ш. ОМИРСЕРИКОВ, Л.Д. ИСАЕВА*

(Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева;

Казахский национальный технический университет им. К.И.Сатпаева)

## **ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО РУДООБРАЗОВАНИЯ**

**(на примере месторождения Сарымбет)**

### **Аннотация**

Рассмотрены особенности влияния температурного поля интрузивного массива на процесс метаморфического изменения рудовмещающей среды и рудообразования на примере месторождения Сырымбет. Построена количественная модель формирования редкометалльного оруденения в различных температурных режимах, и на ее основе определены критерии прогнозирования данного типа место-рождений.

**Ключевые слова:** редкометалльное месторождение, модель, температурный режим, прогрессивный этап, регрессивный этап, прогнозные критерии

**Кілт сөздер:** сирекметалды кенорны, үлгі, температуралық режим, ілгерілік кезең, шегіну кезеңі, болжамдық критерийлер.

**Keywords:** a rare-metal field, model, a thermal regime, a progressive stage, a regressive stage, perspective criteria.

С открытием месторождения Сырымбет Казахстан вошел в число государств с крупными запасами оловянных руд. Месторождение Сырымбет было открыто в 1986 г. Кустанайской ПСЭ, разведывали и изучали А.И. Кузовенко, В.П. Семенов, А.П. Осауленко, Ю.М. Зорин, А.Ф. Сме-танников.

Месторождение находится в северо-западной части Кокшетауского срединного массива, представляющего собой блоки пород докембрийского метаморфического комплекса, спаянные более молодыми магматическими и осадочными образованиями [1].

Рудные тела месторождения вытянуты вдоль северо-западного контакта небольшого штока лейкогранит - порфиров, имеющего северо-восточное простирание и прорывающего вендские осадочные толщи андреевской и шарыкской свит, которые считаются с кембрийскими базальтами люботинской серии, а также интрузиями

габбродиоритов зерендинского и гранитов боровского комплексов.

Оруденение расположено в ореоле флюоритосодержащих грейзенов, развитых по околоинтрузивным биотитам и амфиболовым пропилитам, а также по альбитизированным материнским лейкогранит-порфирам (рис. 1).

Зоны, ограничивающие проявления оловянной минерализации, фиксируются узкими отрицательными магнитными и гравитационными полями (рис. 2). В магнитном поле интрузии гранит-порфиров, с которыми связаны оловорудные проявления, выражены мелкими, овальной формы отрицательными магнитными полями, вытянутыми согласно с тектонической зоной в северо-восточном направлении. В гравитационном поле оловоносная зона расположена в северо-западном контакте крупной отрицательной аномалии, в пределах которой оловорудные проявления расположены вдоль пониженных значений  $Ag$ , контуры которых резко выделяются из общего рисунка спокойного контактового гравитационного поля.

Рудная минерализация контролируется Сырымбетской девонской интрузией гранит-порфиров. Длина интрузии около 6700 м, ширина от 100 до 600 м (рис. 3). По гравиметрическим данным на севере-востоке интрузия прослеживается на небольшой глубине еще на 500-700 м. По химическому составу гранит-порфиры обогащены щелочами ( $K_2O$  - 4,5-5,0 %,  $N_2O$  - 3,4-3,7 %), характерна геохимическая специализация на Sn, Nb, Y. По геофизическим данным (В.Н.Любецкий, 1980) глубина формирования интрузии не превышает 2-3 км.

Внутреннее строение интрузии однородное и различается лишь по характеру и степени метасоматических изменений. Повышенной степенью грейзенизации отмечается центральная часть интрузии, по химическому составу гранит-порфиры относятся к калиевым лейкократовым гранитам.

В рудном поле выделяются три участка с различным содержанием олова в рудах. Наиболее богатые руды находятся в Центральном участке, несколько беднее - на Юго-Западном участке и самые низкие по содержанию олова руды Северо-Восточного участка. В 4 км к юго-западу находится месторождение Сары-Булак с преобладающей тантал-ниобиевой минерализацией. Как и другие редкометалльные месторождения Казахстана месторождение Сырымбет формируется в системе «интрузив-надинтрузивная зона» (Т.М. Лаумулин, 1977). Рудные тела располагаются в апикальных частях рудоносных интрузий и закономерно повторяют форму их кровли (рис. 3).

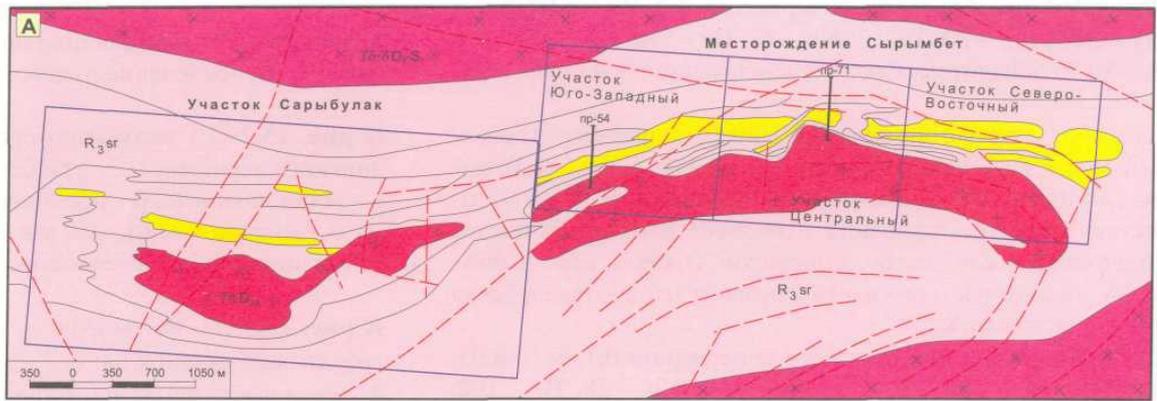


Рисунок 1 – Схематическая геологическая карта рудного поля Сырымбет (А)

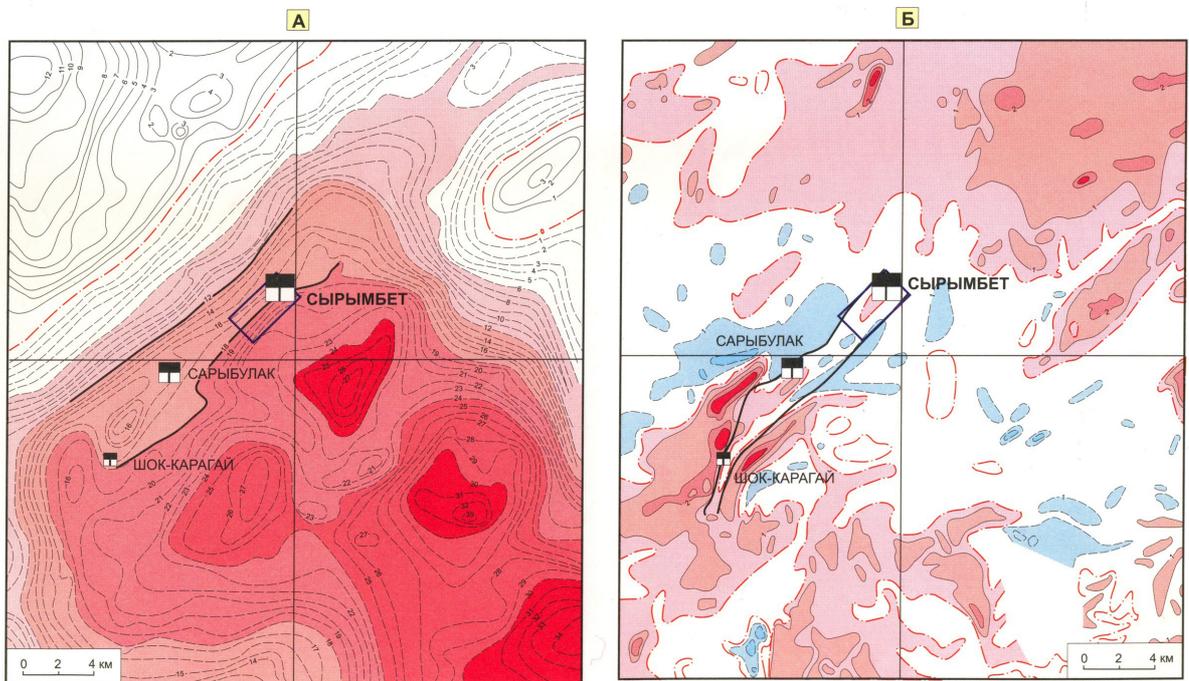


Рисунок 2 – карты гравитационного (А) и магнитного (Б) полей месторождения Сырымбет

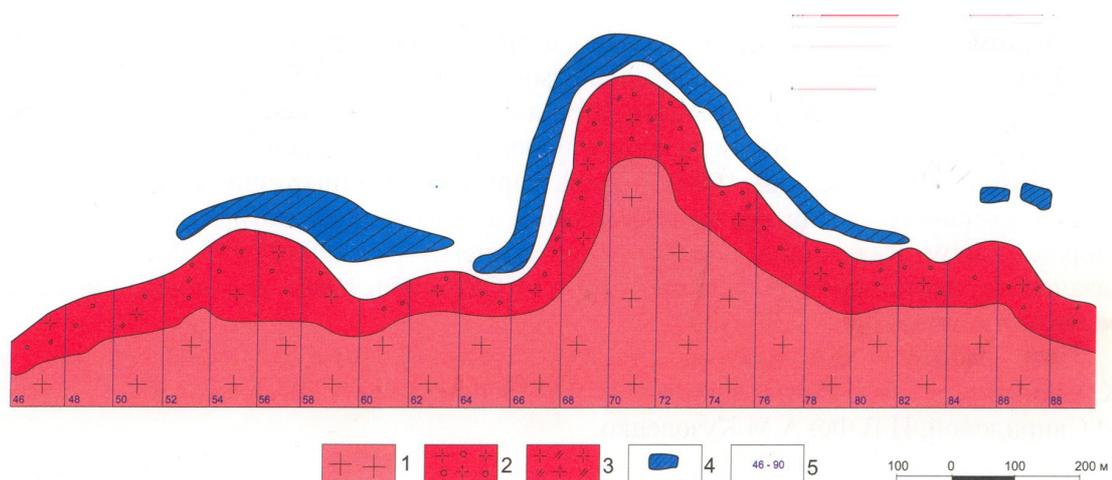


Рисунок 3 – Морфология кровли сырымбетской интрузии и характер распределения рудных тел

Главное рудное тело месторождения (65 % запасов олова) приурочено к центральному выступу. Это предположительно надкорневая часть интрузии в системе «корень-купол». С меньшим по размерам юго-западным выступом интрузива связано второе по размерам рудное тело, а над северо-восточным куполом расположены два небольших рудных тела. Строение рудной зоны и распределения основных полезных компонентов сложное. Прожилково-вкрапленная и рассеянная рудная минерализация формирует линейную штокверковую зону с промышленным оруденением [1,2].

*Минералогия.* На месторождении выявлено около 50 гипогенных и порядка 20 гипергенных минералов. Основным полезным компонентом руд Сырымбета является олово, концентрирующееся, в основном, в касситерите (до 90%) и станинине. Сопутствующие компоненты: вольфрам (шеелит, вольфрамит), молибден (молибденит), висмут (висмутин, виттихенит), тантал (танталит), ниобий (колумбит), бериллий (берилл, даналит) [1,2].

*Геохимические особенности распределение рудных элементов.* По результатам геохимических исследований в распределении рудных элементов наблюдается закономерное удаление от гранит-порфирового контакта свинца, цинка, меди и олова. Элементы редкометалльной группы располагаются в непосредственном контакте углеродистых пород шарыкской толщи с гранитами-порфирами. По выявленным геохимическим особенностям построена объемная модель строения месторождения (Ф.Г.Губайдулин, А.И.Кузовенко, 2004).

*PT- условия рудообразования.* Тантал-ниобиевая минерализация на данном месторождении связана с альбитизацией, которая по аналогии с другими месторождениями Казахстана, протекала при температурах 480-390°C (Р.В.Масгутов, 1988). Грейзенизация в гранитах происходила при температурах 420-330°C (Г.Н.Щерба,

1968), рудоносный штокверк формировался при температурах 330-280°C [3].

Для оценки термодинамического условия отложения рудных минералов, а также области распространения метасоматических измененных пород, с чем связана локализация руд на данном месторождении, наряду с традиционными нами использованы количественные методы исследования процессов рудообразования и данные термобарогеохимии. Параметрические данные для проведения таких исследований приведены в таблице 1.

Грейзеновые жильно - штокверковые оловянные месторождения распространены достаточно широко, и их роль в добыче олова возрастает. Они подразделяются на две группы: интрузивно-околоинтрузивных и надинтрузивных грейзенов. Месторождение Сырымбет относится ко второй группе. Генетическая связь оловянного оруденения с магматизмом для данного месторождения позволяет рассмотреть динамику изменения теплового поля дайкоподобных интрузий гранит-порфиров в области рудообразования.

Таблица 1 – Параметрические данные для моделирования теплового поля интрузивного массива месторождения Сырымбет

Массив Форма массива: лополит с куполами	Геом. размеры массива, км	Т- образования, °С					
		Граниты, фазы					
		1	2	3	альбитац ция	грейзе низац ия	Рудн ый шток верк
Глубина залегания	2,0	850	850	810	480- 390	420- 330	330- 280
Мощность массива	4,0, (км)						
коэффициент теплопроводности, м/с[.]		9,0*10 <sup>-7</sup>		9,0*10 <sup>-7</sup>			

Результаты количественного исследования путем моделирования температурного поля в контактовой зоне месторождения показывают, что в период *прогрессивного охлаждения* магматического расплава в контактовой зоне температура достигает до 480°C, на расстоянии 300 м от контакта интрузии гранит-порфиров вмещающая среда прогревается до температуры 440°C (рис. 4,А). При этом вертикальный температурный

градиент оценивается в пределах 18°C на каждые 100 м. Следовательно, ореол контактового метаморфизма составляет первых двух - трех сотни метров [4].

Вследствие этого в области распространения гранитодиоритов зерендинского комплекса и базальтов люботинской серии развивались амфиболовые пропилиты. В алевролитах, кремнисто-глинистых сланцах, песчаных известняках шарыкской свиты и в кварцитопесчаниках андреевской свиты образовались биотиты.

Автоматоматические процессы, протекающие при температурах 520-460°C в апикальных частях гранит-порфиров, приводит к их альбитизации. Нижний температурный предел этого процесса устанавливается в контактовой области, а верхний – в гранит-порфирах на глубине около 500м. Поэтому область распространения альбитизированных пород по вертикали достигают до 500м в материнских гранит-порфирах. Об этом свидетельствуют изотермы проходящие по контакту гранит-порфиров (480°C) на этой глубине.

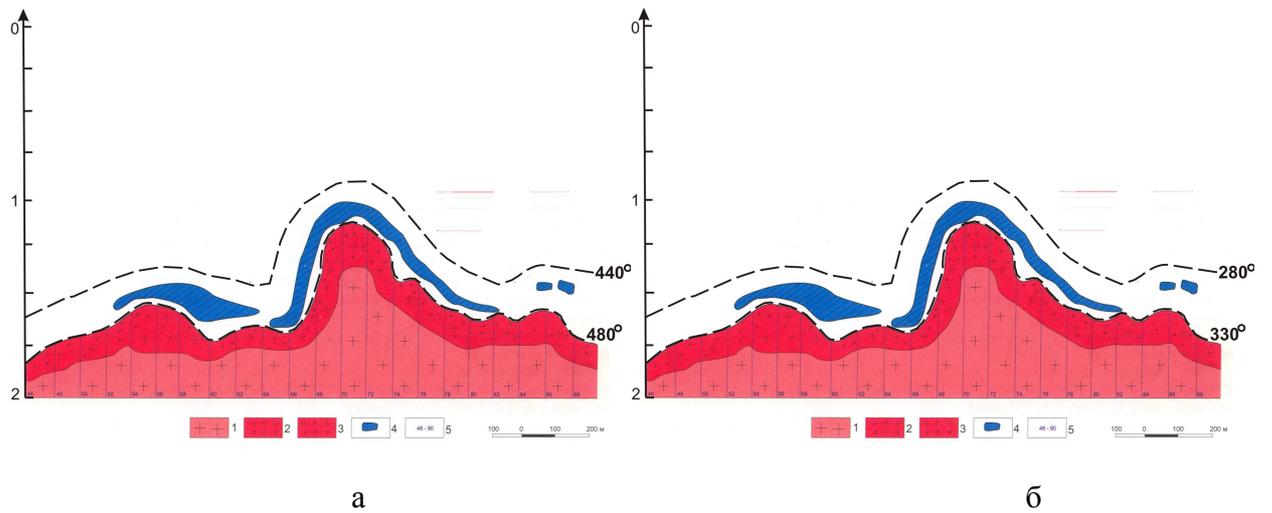
*Продолжительность этих процессов оценивается в пределах 50 тыс. лет, а распространенность грейзенизированных и альбитизированных пород по вертикали оценивается в пределах 500м).*

Таким образом, область распространения тантал-ниобиевой минерализации на Сырымбетском месторождении оценена в пределах до 500м. При этом тантал-ниобиевая минерализация с температурой отложения 480-390°C начала формироваться в прогрессивном этапе охлаждения гранит-порфиров и продолжалась в регрессивном этапе его охлаждения в более глубоких горизонтах. При температурах 420 – 330° протекают процессы грейзенизации в апикальных частях гранит-порфиров.

*По расчетным данным продолжительность протекания тантал-ниобиевой минерализации на данном этапе оценивается в пределах 100 тыс. лет (рис. 5).*

В **регрессивном этапе** рудообразования - температура в контактовой области снижается до 330°C (рис. 4,Б). Такая термодинамическая обстановка в контактовой области способствует формированию рудных штокверков.

Минерализованные штокверковые зоны в период продуктивного рудообразования формировались при температурах 330-280°C. Изотермы при этих температурах проходят по контакту интрузии гранит-порфиров, и во вмещающей среде, на расстоянии 300 м от него. Термодинамическая обстановка данной области способствует отложению редкометалльных рудных элементов в экзоконтактовом слое пород, а сульфидных минералов – во вмещающей среде на расстоянии 300-350м от контактовой области. Эти полученные данные соответствуют геохимической зональности на данном месторождении. При этом вертикальный температурный градиент периода продуктивного рудообразования оценивается в пределах 12 °C на каждые 100 м. Это соответствует вертикальному температурному градиенту штокверковых типов месторождений редких металлов [3,5]. Следовательно, результаты моделирования теплового поля гранит-порфиров вполне сопоставимы с данными термометрии.



а – период развития контактовых процессов.  
 продуктивного рудообразования.

б – период

Рисунок 4 – Распределение температуры во вмещающей среде

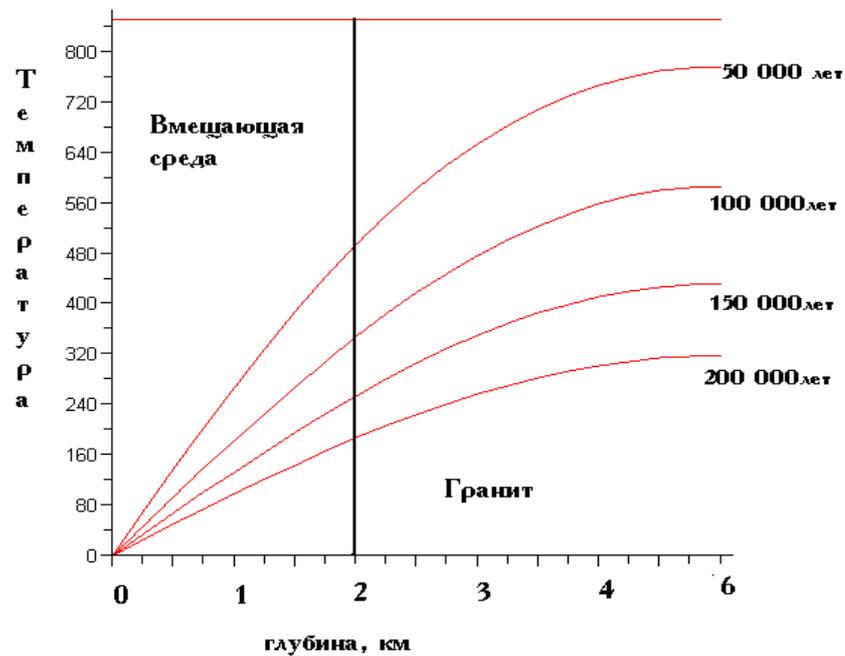


Рисунок 5 – Распределение температуры в гранитах  
 и во вмещающей среде различные моменты становления гранит-порфиров

### *Условия кристаллизации редких и РЗЭ.*

*Тантал и ниобий.* Данная минерализация на месторождении Сырымбет связана с метасоматитами (альбититами) выступов гранит-порфиров. На начальном этапе, при интервале температур 520-460<sup>0</sup>С протекают процессы альбитизации, в последующем, формирования тантал–ниобиевой минерализации при температурах 480-390<sup>0</sup>С. Термодинамическая обстановка контактовой области интрузив (гранит-порфиров) – вмещающая среда, способствует формированию тантал-ниобиевой минерализации. Здесь установлена более устойчивая температура в пределах 480<sup>0</sup>С. При таком равновесном термодинамическом условии и из-за близости области рудообразования к источнику энергии протекало формирование тантал - ниобиевой минерализации

*Индий.* На месторождении Сырымбет основными концентраторами редкого элемента – индий является халькопирит. Поэтому формирования сульфидных минералов, в том числе халькопирита, рассматриваются путем изучения термодинамического состояния рудолокализирующих и рудообразующих систем

Геохимическая зональность на месторождении и результаты моделирования показывают, что сульфидные минералы локализованы на расстоянии 300м от контакта гранит-порфиров. Температура в области сульфидной минерализации менялась в пределах от 280-до120<sup>0</sup>С за 100 тыс.лет. Учитывая температуру образования сульфидных минералов, которая меняется в пределах от 320 до 150<sup>0</sup>С, следует сделать заключение о том, что отложение сульфидных минералов происходило в условиях термодинамической неравновесности. Это обусловлено разностью температур рудолокализирующих и рудообразующих систем и удаленностью области локализации сульфидных минералов от очага тепловой энергии, а также временным фактором процесса минералообразования.

Критерии прогнозирования редкометалльного оруденения основываются на модельных построениях параметров состояния рудообразующих систем, содержащие огромные геологические информации [5]. Установлены следующие термобарогеохимические критерии прогнозирования по месторождению Сырымбет:

1. Температура протекания объемных метасоматических процессов - 520-330<sup>0</sup>С, в том числе альбитизации – 520-460<sup>0</sup>С, грейзенизации – 420-330<sup>0</sup>С; 2. Оптимальные температуры тантал-ниобиевой минерализации 480-390<sup>0</sup>С, редкометалльного (вольфрам, олова) рудообразования 330<sup>0</sup> - 280<sup>0</sup>С; 3. Вертикальный градиент температуры 12<sup>0</sup>С/100м.

Область распространения тантал-ниобиевой минерализации, которая связана с альбитизированными породами, по данным моделирования оценена в пределах до 500м.

Минерализованные штокверковые зоны в период продуктивного рудообразования формировались при температурах 330-280<sup>0</sup>С. Изотермы с такими температурами проходят по контакту интрузии гранит-порфиров с вмещающей средой и в глубину, на расстоянии 300 м от него в период регрессивного этапа ее охлаждения. Термодинамическая обстановка данной области способствует отложению редкометалльных рудных элементов в экзоконтактовом слое пород.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана. Справочник, Алматы, 1998. - 102 с.

2 Щерба Г.Н., Лаумулин Т.М., Кудряшов А.В. и др. Геолого-генетические модели главных типов эндогенных редкометалльных месторождений Казахстана//Генетические модели эндогенных рудных формаций. Новосибирск: Наука,1983. -Т.2. С.3-14.

3 Щерба Г.Н., Кудряшов А.В., Сенчило Н.П. Редкометалльное оруденение Казахстана. Алма-Ата, Наука, 1988. 221 с.

4 Ревердатто В.В. Фации контактового метаморфизма. М., Наука,1970. 272 с.

5 Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д. Особенности моделирования динамики рудообразующих систем оруденения и критерии прогнозирования //Геология и охрана недр. Алматы 2009. №2. С.30-34.

## REFERENCES

1 Mestorozhdenija redkih metallov i redkih zemel' Kazahstana. Spravochnik, Almaty, 1998. - 102 s.

2 Shherba G.N., Laumulin T.M., Kudrjashov A.V. i dr. Geologo-geneticheskie modeli glavnyh tipov jendogennyh redkometall'nyh mestorozhdenij Kazahstana//Geneticheskie modeli jendogennyh rudnyh formacij. Novosibirsk: Nauka,1983. -Т.2. S.3-14.

3 Shherba G.N., Kudrjashov A.V., Senchilo N.P. Redkometall'noe orudenenie Kazahstana. Alma-Ata, Nauka, 1988. 221 s.

4 Reverdatto V.V. Facii kontaktovogo metamorfizma. M., Nauka,1970. 272 s.

5 Omirserikov M.Sh., Isaeva L.D. Osobennosti modelirovanija dinamiki rudoobrazujushhih sistem orudenenija i kriterii prognozirovaniya //Geologija i ohrana nedr. Almaty 2009. №2. S.30-34.

## Резюме

*М.Ш. Өмірсеріков, Л.Д. Исаева*

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Геология ғылымдары институты;  
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті)

СИРЕКМЕТАЛДЫ КЕНПАЙДАБОЛУЫНЫҢ  
ҚАЛЫПТАСУ ҮДЕРІСІНЕ ЖЫЛУ ӨРІСІНІҢ ӘСЕРІ

(Сырымбет кенорны мысалында)

Кен сыйғызушы орта мен кенпайдаболуының метаморфты өзгерістері үдерісіне интрузивті массивтің температуралық өрісі әсерінің ерекшеліктері Сырымбет кенорны мысалында қарастырылған. Өртүрлі температуралық режимдегі сирекметалды кендену қалыптасуының сапалық үлгісі құрылған және соның негізінде берілген конорнының болжау критерийі анықталған.

**Кілт сөздер:** сирекметаллды кенорын, үлгі, температурылық режим, ілгерілік кезең, шегіну кезең, болжамдық критерии.

**Summary**

*M.Sh. Omirserikov, L.D. Isaeva*

(Institute of geological sciences of K.I.Satpayev;  
The Kazakh national technical university of K.I.Satpayev)

FEATURES OF A THERMAL FIELD FOR RARE-METAL ORE-GENERATING  
FOR SARYMBET-FIELD

Are considered an influence features of thermal field of intrusive massive to process metamorphic change ore-bearing environment and ore-bearing in example Sarymbet-field.

**Keywords:** a rare-metal field, model, a thermal regime, a progressive stage, a regressive stage, perspective criteria.

*Поступила 12.02.2013 г.*