

**БАРИТ-КАРБОНАТНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, АНОМАЛИИ МЕТАНА И
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ВО ВПАДИНЕ ДЕРЮГИНА (ОХОТСКОЕ МОРЕ)****Р. Г. Кулинич, А. И. Обжиров***Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток*

В статье излагаются результаты интерпретации гравитационного и магнитного полей на участке крупных скоплений барит-карбонатных минеральных ассоциаций и аномально высоких эманаций природного метана в пределах восточной части впадины Дерюгина с целью выяснения их возможных глубинных источников. Выяснено, что указанные минеральные скопления и эманации метана сосредоточены в пределах или на периферии вулканогенно-осадочной депрессии. Наблюдаемые в настоящее время признаки флюидной деятельности, активная эмиссия метана и высокий тепловой поток вблизи рассматриваемой площади могут быть проявлением остаточных постмагматических низкотемпературных процессов в пределах описанной вулканогенной структуры, а барит-карбонатное минералообразование – вторичным эффектом вышеуказанных процессов.

Ключевые слова: барит-карбонатная минерализация, аномалии метана, природа глубинного источника, гравитационные, геомагнитные аномалии, впадина Дерюгина, Охотское море.

ВВЕДЕНИЕ

Обнаруженные более 20 лет назад барит-карбонатные минеральные ассоциации в восточной части впадины Дерюгина и описанные Н. В. Астаховой как продукт газо-гидротермальной деятельности [1, 2] долгое время не привлекали внимания. Комплексное и детальное изучение этого объекта было начато лишь в совместной российско-германской экспедиции в рамках проекта КОМЭКС на борту НИС "Академик Лаврентьев" (рейс № 28, 1998 г.) и продолжено в последующих российско-германских экспедициях (ГС "Маршал Геловани", 1999 г.; НИС "Академик Лаврентьев", рейс № 29, 2002 г.).

Результаты этих экспедиций показали, что ранее обнаруженные единичные образцы баритов являются лишь фрагментами огромного скопления барит-карбонатных построек высотой до 5–10 м, корок и других форм подобных минеральных отложений, широко распространенных в пределах площади, названной участниками экспедиций Баритовыми холмами. На этой же площади были обнаружены аномально высокие концентрации метана в придонной воде [7]. Совокупность полученных данных позволила сделать вывод о том, что в формировании барит-карбонатной минерализации и метановых аномалий активную роль играли глубинные флюидные

потоки. Обнаружены также признаки продолжения этого процесса и в настоящее время. Намечен структурный контроль баритовой минерализации [8, 9]. Развивается точка зрения, связывающая формирование баритовой и карбонатной минерализации с существованием в недрах рассматриваемой площади долгоживущего, пульсирующего во времени центра холодных газо-флюидных эманаций [3, 10, 14].

Несмотря на очевидный успех в изучении обнаруженного феномена, остаются неясными следующие вопросы: что инициирует современную деятельность предполагаемого центра холодного газо-флюидного потока? Как велика площадь, подверженная указанному процессу? Почему более активная эмиссия метана на шельфе и подводном склоне северо-восточного Сахалина не сопровождается столь масштабной баритовой минерализацией, как это наблюдается во впадине Дерюгина? Какова причина повышенного теплового потока в пределах изучаемого района?

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Имеющиеся данные могут быть существенно дополнены результатами анализа гравитационного и магнитного полей. Для этой цели были использованы карты гравитационных аномалий в свободном воздухе и магнитных аномалий масштаба 1:1 000 000, постро-

енные по результатам работ в 16-м рейсе НИС "Профессор Гагаринский" и включившие рассматриваемую площадь (рис. 1, 2).

Для выяснения природы гравитационных аномалий прежде всего был сделан расчет их корреляции с рельефом акустического фундамента (по данным, полученным в том же рейсе). Корреляционный анализ показал, что основными источниками гравитационных аномалий являются структуры, конформные акустическому фундаменту и рельефу морского дна. При этом, естественно, положительные аномалии соответствуют поднятиям фундамента, отрицательные – участкам его опускания. В соответствии с этим, генеральный контур впадины Дерюгина отражается обширной областью отрицательных аномалий, Центральное Охотоморское поднятие, как морфоструктура с минимальным осадочным покровом, характеризуется наиболее высокими амплитудами положительных гравитационных аномалий. Между ними располагается Кашеваровская рифтогенная зона [11], куда, собственно, входит исследуемая площадь. В полном соответствии с сейсмическими данными гравиметрическая карта иллюстрирует мозаи-

ку горсто-грабеновых структур преимущественно субширотного простирания, составляющих данную зону.

Для уточнения геологической природы фундамента, картируемого гравитационными аномалиями, был выполнен анализ вещественного состава и пространственного распределения коренных пород, поднятых драгированием в экспедициях прошлых лет [4]. При этом основное внимание было уделено каменному материалу, поднятому в пределах Кашеваровской рифтогенной зоны и вдоль западной окраины Центрального Охотоморского поднятия. Положение станций драгирования показано на гравиметрической карте (рис. 2). Как видно, все точки отбора коренных пород располагаются в градиентных зонах гравитационных максимумов, что соответствует бортам морфоструктурных поднятий, которые обычно являются участками драгирования. Отсюда возникает первый существенный вывод: подъем коренных пород в пределах гравитационных максимумов указывает на их местное происхождение и отсутствие заметного ледового разноса каменного материала в изучаемом районе.

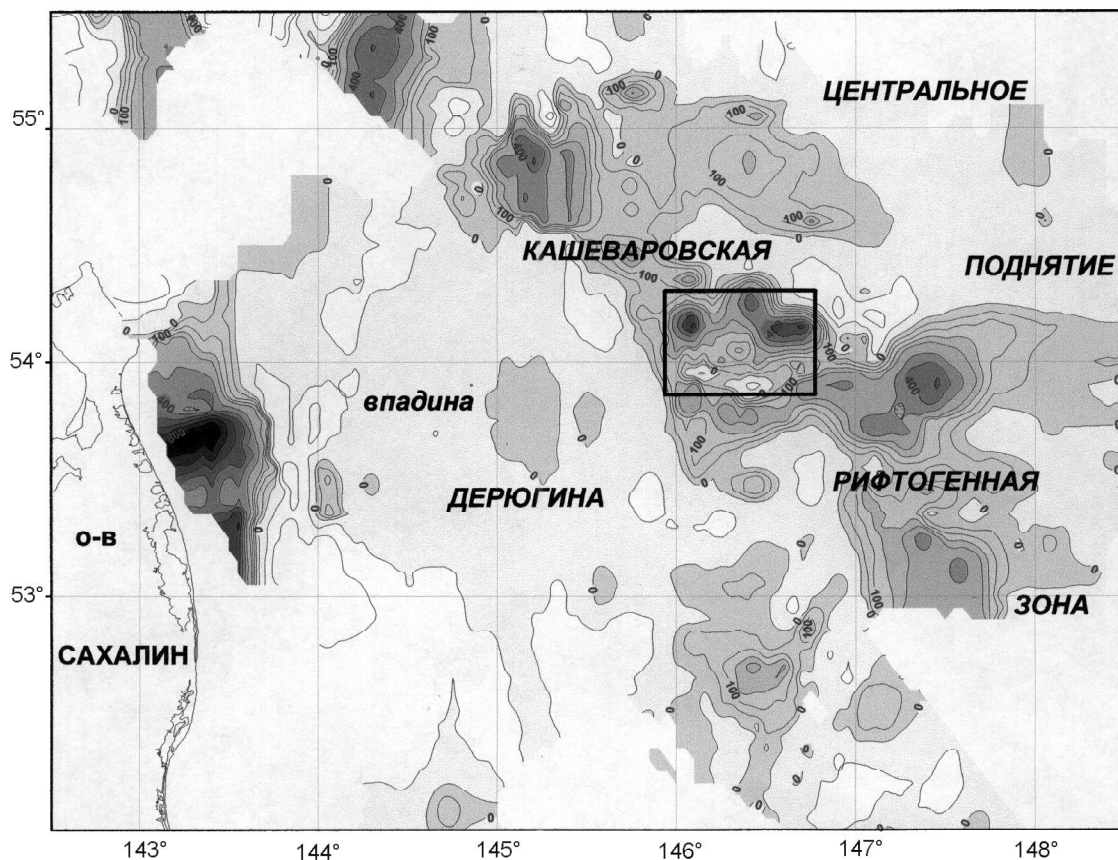


Рис. 1. Расположение участка с активным проявлением баритовой минерализации и эманациями метана в поле магнитных аномалий.

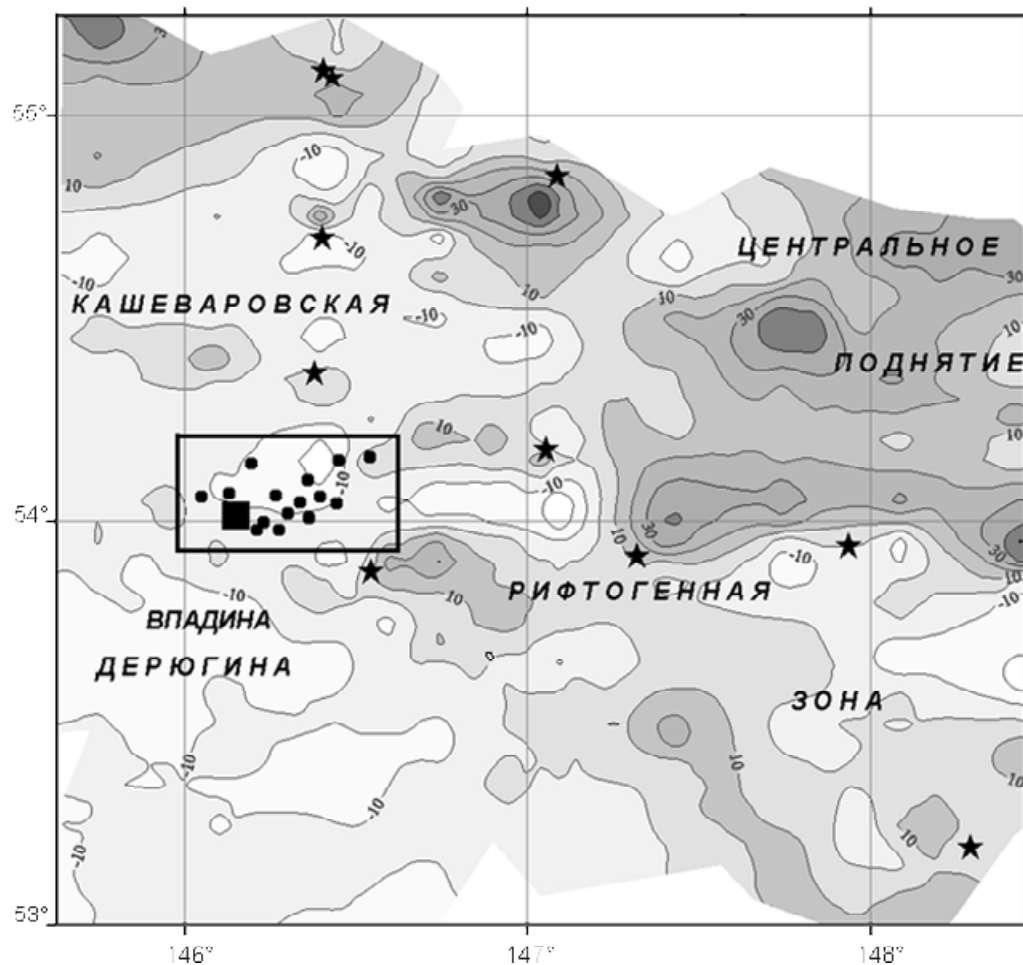


Рис. 2. Расположение участка с активным проявлением баритовой минерализации и эманациями метана в поле гравитационных аномалий.

Контур участка обозначен прямоугольником, жирными точками – станции наблюдения аномальных концентраций метана в придонной воде, черным квадратом – место скопления барит-карбонатных минеральных ассоциаций, звездочками – станции драгирования фундамента в экспедициях прошлых лет.

Комплекс пород, поднятых в результате драгирования, включает преимущественно эффузивные и интрузивные разности среднего и основного состава. Эффузивы представлены чаще всего андезитами, андезибазальтами, базальтами, диабазами, кварцевыми порфирами, дацитами, туфами, интрузивные породы – диоритами, гранодиоритами, реже гранитами. Перечисленные породы имеют достаточно высокую среднюю плотность ($2.67\text{--}2.90\text{ г/см}^3$) и при достаточной массе могут быть источником положительных гравитационных аномалий. Пространственное совпадение поднятых пород с наблюдаемыми гравитационными максимумами означает, что они преобладают в составе фундамента и являются источником указанных

гравитационных возмущений. Таким образом, можно полагать, что гравитационные аномалии с большой достоверностью картируют площадное распространение геологических комплексов, поднятых драгированием.

Комплекс пород, подобный вышеописанному, обнаружен и на других участках рифтогенной зоны. Ближайшими к рассматриваемой площади являются станции драгирования, выполненные в 13 рейсе НИС "Дмитрий Менделеев". Петрологический анализ образцов, поднятых в этой экспедиции [5], показал, что в исследованном районе также преобладают эффузивные и интрузивные породы, представленные преимущественно андезибазальтами, андезидацита-

ми, диоритами, гранодиоритами. Кислые разновидности магматических пород встречаются реже. Докайнозойские осадочные породы сформировались в основном за счет разрушения вулканоплутонических комплексов основного и среднего состава. Все разновидности указанных пород имеют признаки метаморфических и метасоматических изменений гидротермального типа. Изученные магматические породы имеют преимущественно меловой–палеогеновый (?) возраст. Возраст наиболее молодых базальтов составляет 11,9 млн лет.

Таким образом, площадь баритовой минерализации и метановых аномалий располагается в зоне, претерпевшей высокую тектоно-магматическую активность, начальная фаза которой, возможно, проявилась еще в мезозое. Деструктивные геодинамические процессы, охватившие регион в олигоцене–миоцене [6, 15], привели к разрушению существовавшей литосферы и созданию рифтогенных условий с интенсивным теплопереносом в ее верхние горизонты. В связи с этим кайнозойская переработка фундамента изучаемой площади должна была выразиться не только в образовании горсто-грабеновой структуры, но и в активизации глубинных магматогенных процессов, инициировавших новый этап вулканической и гидротермальной деятельности. Этот

этап мог завершиться лишь в плиоцене, в связи со сменой режима растяжения на режим регионального сжатия [8]. Насыщенность фундамента магматогенными формациями великолепно отражается интенсивными магнитными аномалиями (рис. 1).

Структурная позиция собственно Баритовых холмов, определенная ранее по сейсмическим данным [12, 13] также может быть уточнена с использованием данных о гравитационном и магнитном полях. В соответствии с полем гравитационных аномалий (рис. 2), участок баритовой минерализации располагается на окраине субширотного поднятия фундамента (горста), ограничивающего с юга почти изометричную впадину, выраженную локальным минимумом (20 мгл). Согласно количественным оценкам, глубина погружения фундамента здесь относительно окружающих поднятий составляет около 3 км. Депрессия сформировалась в узле пересечения разнонаправленных тектонических разломов, в связи с чем должна была иметь достаточно проницаемое для флюидов основание.

Интенсивные магнитные аномалии, наблюдаемые над этой депрессией и образующие отчетливую структуру центрального типа, свидетельствуют о насыщении ее разреза вулканогенными образованиями, в возможном наличии нескольких палеовулканических

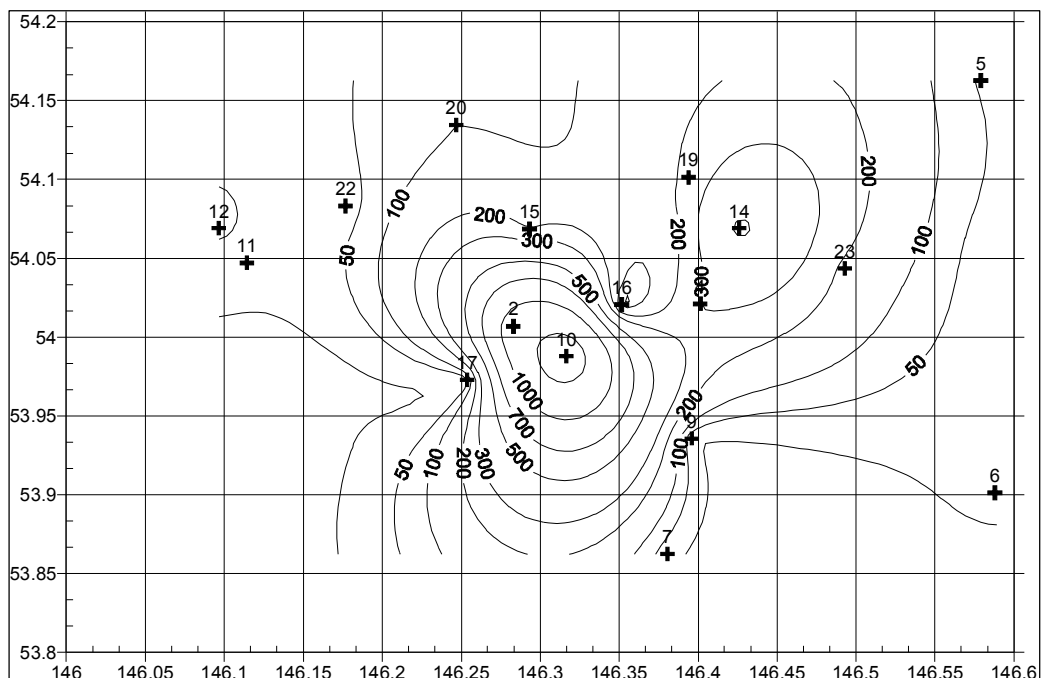


Рис. 3. Схема распределения концентрации метана в придонной воде на участке баритовой минерализации во впадине Дерюгина (по данным рейса № 29 НИС "Академик Лаврентьев").

Крестиками обозначено расположение станций газогеохимического опробования с их рейсовой нумерацией. Изолинии оцифрованы в нл/л. (Местоположение аномального поля метана см. рис. 2).

построек. На этой основе, рассматриваемая структура по своему происхождению может быть отнесена к вулканогенно-осадочной. Отсюда следует, что баритовая минерализация и аномальные эманации метана зафиксированы в тесной близости к структуре, в формировании которой принимали участие активные магматические процессы. Баритовые минеральные ассоциации сконцентрированы на периферии этой структуры.

Ареал распространения метановых аномалий оказался гораздо обширнее. Как показали результаты 29-го рейса НИС «Академик Лаврентьев», высокие концентрации метана в придонной воде фиксируются в пределах всей площади описываемой депрессии, практически не выходя за ее пределы. Концентрации этого газа (более 1000 нл/л) на указанной площади превышают его региональный фоновый уровень в 10–100 раз (рис. 3). В связи с этим можно считать, что установлена вполне определенная пространственная связь эманаций метана и баритовой минерализации с палеовулканогенной структурой, образующей в настоящее время фундамент изучаемого участка.

Сейчас трудно определить время последней магматической активизации на этом участке. Как сказано выше, основные магматогенные процессы могли завершиться в миоцене, а возможно в плиоцене. Однако отчетливая локализация и высокая интенсивность магнитных экстремумов, зафиксированных на рассматриваемой площади, являются косвенными признаками более молодого возраста вызвавших их магматических пород, еще не переработанных вторичными процессами и не потерявших свою первоначальную намагниченность. Наблюдаемые в настоящее время признаки флюидных потоков, высокий тепловой поток, зафиксированный вблизи рассматриваемой площади (109.3; 155.5; 90.3 мВт/м²), активная эмиссия метана могут быть проявлением остаточных постмагматических низкотемпературных процессов. Площадь их распространения, возможно, ограничена периметром описанной вулканогенной структуры и ближайшими окрестностями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изложенных данных можно сделать следующие выводы:

1. Барит–карбонатная минерализация и аномальные концентрации метана в придонных водах исследованной площади располагаются в пределах и на периферии вулканогенно-осадочной депрессии, сформированной в узле пересечения разнонаправленных тектонических разломов. Основная тектоно-

магматическая активность, сформировавшая эту структуру, имела место в олигоцене–миоцене, однако существуют признаки ее более позднего завершения.

2. Наблюдаемые в настоящее время признаки флюидного потока из недр к поверхности дна – активная эмиссия метана и высокий тепловой поток вблизи рассматриваемой площади – могут быть проявлением остаточных постмагматических низкотемпературных процессов в пределах описанной вулканогенной структуры. Барит–карбонатное минералообразование может быть вторичным эффектом вышеуказанных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахова Н. В., Липкина М. И., Мельниченко Ю. И. Гидротермальная баритовая минерализация во впадине Дерюгина Охотского моря // Докл. АН СССР. 1987. Т. 295, № 1. С. 212–215.
2. Астахова Н. В., Нарнов Г. А., Якушева И. Н. Карбонат-баритовая минерализация во впадине Дерюгина (Охотское море) // Тихоокеан. геология. 1993. № 3. С. 37–42.
3. Деркачев А. Н., Обжиров А. И., Борман Г., Грейнерт Й., Зюсс Э. Аутигенное минералообразование на участках проявления холодных газово-флюидных эманаций на дне Охотского моря // Условия образования донных осадков и связанных с ними полезных ископаемых в окраинных морях. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 47–60.
4. Каталог станций драгирования в Охотском море. Южно-Сахалинск: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. 101 с.
5. Коренбаум С.А., Мишкин М.А., Валуй Г. А., Гнибиденко Г. С., Куренцова Н. А. Петрология коренных пород дна Охотского моря // Строение дна Охотского моря. М.: Наука, 1981. С. 124–145.
6. Харахинов В. В. Тектоника потенциально нефтегазоносной провинции Охотского моря. Оха, 1998. 77 с.
7. Biebow, N., Hutten, E. KOMEX: Kurile-Okhotsk Sea Marine Experiment. Cruise Reports: KOMEX I and KOMEX II, R/V Professor Gagarinsky cruise 22 and R/V Akademik M. A. Lavrentyev cruise 28. GEOMAR Report 82 // GEOMAR. Kiel, 1999. 377 p.
8. Biebow, N., Ludmann, T., Karp, B., Kulinich R. KOMEX: Kurile-Okhotsk Sea Marine Experiment. Cruise Reports: KOMEX V and KOMEX VI, R/V Professor Gagarinsky cruise 26 and M/V Marshal Gelovany cruise 1. GEOMAR Report 88 // GEOMAR. Kiel, 2000. 296 p.
9. Biebow, N., Kulinich, R., Baranov, B. KOMEX II: Cruise Report – RV Akademik Lavrentyev, Cruise 29. Sea of Okhotsk // GEOMAR. Kiel, 2002 (in press).
10. Derkachev A. N., Bohrmann G., Greinert J., Suess E. The cyclic of carbonate-barite mineralization in Holocene-Pleistocene sediments as a reflection of fluid venting activity in Derugin basin (the Sea of Okhotsk) // VIth International conference on gas in marine sediments. St. Petersburg, 2000. 24 p.
11. Gnididenko, G. S. The rift system of the Okhotsk Sea // Proceeding of the First International Conference on Asian Marine Geology. China Ocean Press. Beijing. 1990. P. 73–81.

12. Karp, B.Ya., V.N. Karnaukh, B.V. Baranov. Acoustic basement structure and seismostratigraphy of sedimentary layers of the eastern Derugin Basin // Second Workshop on Russian-Germany Cooperation in the Sea of Okhotsk-Kurile Island Arc System. Kiel, 1999. P.7
13. Karp, B.Ya., V.N. Karnaukh, B.V. Baranov, H.K. Wong, The eastern Derugin Basin: half-graben and features of associated sedimentary layer // Third Workshop on Russian-Germany Cooperation in the Okhotsk Sea-Kurile Island Arc System. Moscow, 2000. P.33.
14. Suess, E., Bohrmann G., Derkachev A.N., Kulinich R. G. et al. Giant cold vents and barite mineralization in the Derugin Basin // 2nd Workshop on Russian-German Cooperation in the Sea of Okhotsk-Kurile Island Arc System. Kiel, 26–29 January, 1999. P. 20
15. Worrall, D. M., Kruglyak, V., Kunst, F., Kuznetsov, V. Tertiary tectonics of the Sea of Okhotsk, Russia: Far-field effects of the India-Eurasia collision // *Tectonics*. 1996. V.15, N 4. P. 813–826.

Поступила в редакцию 28 апреля 2003 г.

Рекомендована к печати Ю.Ф. Малышевым

R.G. Kulinich, A.I. Obzhigov

Barite-carbonate mineralization, methane anomalies and their geophysical fields in the Deryugin Basin(Sea of Okhotsk)

The paper offers the results of gravity and magnetic anomalies interpretation in the area of anomalous assemblage of barite-carbonate mineral associations and active methane emanations within the limits of the eastern part of the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk) with the purpose of identifying their possible deep sources. It has been established that the above-mentioned mineral associations and methane emanations are concentrated within the limits or on the periphery of a volcanogenic-sedimentary depression. The observed attributes of fluid activity, active emission of methane and a high heat flow revealed near the area under study can be a manifestation of remnant postmagmatic low-thermal processes within the limits of the described volcanogenic structure. Barite-carbonate mineral genesis can be a secondary effect of the above-mentioned processes.