

9. Мелекесцев И.В. Действующие и потенциально активные вулканы Курило-Камчатской островной дуги в начале XXI в.: этапы исследований, определение термина «действующий вулкан», будущие извержения и вулканическая опасность // Вестник КРАУНЦ. Вып. 7. 2006. № 1. С. 15–35.
10. Меняйлов И.А., Никитина Л.П., Шапарь В.Н. Особенности химического и изотопного состава фумарольных газов в межэруптивный период деятельности вулкана Эбеко // Вулканология и сейсмология. 1988. № 4. С. 21–36.
11. Никитина Л.П. Миграция металлов с активных вулканов в бассейн седиментации. М.: Наука, 1978. 80 с.
12. Рычагов С.Н., Белоусов В.И., Главатских С.Ф. и др. Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: характеристика глубокого геологического разреза и модель современного минералорудообразования в ее недрах // Вулканология и сейсмология. 2002. № 4. С. 3–21.
13. Сергеев К.Ф. Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 240 с.
14. Токарев П.И. Количественная характеристика и повторяемость вулканических извержений // Вулканология и сейсмология. 1986. № 6. С. 110–118.
15. Фазлуллин С.М. Геохимическая система р. Юрьева (Курильские о-ва): условия поступления и выноса химических элементов в бассейн реки // Вулканология и сейсмология. 1999. № 1. С. 54–67.
16. Browne P.R.L., Lawless J.V. Characteristics of hydrothermal eruptions, with examples from New Zealand and elsewhere // Earth Science Reviews 52. 2001. P. 299–311

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ АНОМАЛИИ КОШЕЛЕВСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА): СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ДЛИТЕЛЬНОЖИВУЩЕЙ РУДООБРАЗУЮЩЕЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рычагов С.Н.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, E-mail: rychn@kscnet.ru

Кошелевский вулканический массив неоген-четвертичного возраста состоит из пяти сросшихся стратовулканов и расположен в зоне сочленения вулканических поясов Камчатки на пересечении глубинных разломов СВ и СЗ простирающихся в южнокамчатском сегменте островной дуги [2], рис. 1. Массив относится к действующим андезитовым вулканам, но его современная активность связана с геотермальными аномалиями (г/а). Наиболее мощные разгрузки гидротермальных растворов и паро-газовой смеси на дневной поверхности происходят в центральной части массива (Верхне-Кошелевская г/а, вынос тепла составляет 50 ГВт/сек [1]) и на западном склоне (Нижне-Кошелевская г/а, 25 ГВт/сек [1]). Геотермальные аномалии отличаются структурным положением, условиями формирования гидротерм, составами газов и представляют собой две современные крупные гидротермальные системы [8]. Верхне-Кошелевская система локализована в эрозионном кратере вулкана Валентин, ее тепловое (флюидное) питание связывается с субвулканическим телом долеритов, отдельные блоки которого обнажаются в стенках кратера. Нижне-Кошелевская система контролируется зоной радиального разлома Западно-Кошелевского вулкана, пространственно тяготеет к кровле многофазной интрузии диоритов – диоритовых порфиритов, но предполагается ее глубинное (мантийное) питание [5, 6]. Разгружающиеся на поверхности термальные воды имеют температуру до 98 °С, кислые и слабокислые (рН=3–5.8), сульфатные или гидрокарбонатно-сульфатные аммониевые с повышенным содержанием кремнекислоты (до 200 мг/л); общая минерализация составляет, в среднем, 0.5–0.8 г/л и достигает 2.5 г/л (в грязе-водных котлах). В составе газов преобладает CO₂, что типично для многих систем мира, постоянно присутствуют H₂S, CH₄, N₂. Верхне-Кошелевские парогидротермы отличаются высоким содержанием кислых газов, Нижне-Кошелевские – повышенным содержанием метана (до 67% от объема сухого газа), азота (до 40%), наличием широкого ряда тяжелых углеводородов, а также нефти в конденсате пара [3]. На основании геолого-структурных, гидродинамических и изотопно-геохимических данных предполагается наличие длительноживущей (вероятно, с миоцена по голоцен) Кошелевской гидротермально-магматической системы, объединяющей описанные выше аномалии, остальные группы термальных источников (разгружающиеся на склонах и в основании массива), а также палеогидротермальные системы Аргиллитовая и Третья Речка [7].

С помощью поисково-разведочного бурения под Нижне-Кошелевской г/а выделена зона перегретого (сухого) пара, распространяющаяся на глубину более 1.5 км [4]. Нижне-Кошелевское пародоминирующее геотермальное месторождение относится к крупным месторождениям такого типа [4, 7]. Зона пара пространственно тяготеет к апикальной части многофазного интрузивного тела диоритов – диоритовых порфиритов. Нашими работами (микросейсмическим зондированием, высокоточными гравиметрией и магнитометрией, электроразведкой методами ВЭЗ-ВП) показано, что эта зона представлена несколькими субверти-

кальными каналами повышенной проводимости для высокотемпературного флюида и приповерхностной областью насыщения пород конденсатом пара и смешанными кислыми термальными водами (рис. 2). Каналы имеют мощность ≥ 100 м и протяженность на глубину >5 км. Приповерхностная область в форме чаши распространяется по вертикали на 250–300 м и по латерали ≥ 1 км. Она сложена интенсивно аргиллизированными породами и является зоной гипергенеза современной гидротермальной системы. Выделены также элементы палеогидротермальной системы (блоки, разрывные нарушения), сложенные пропилитами, вторичными кварцитами и монокварцитами и перемежающиеся с открытыми для геотермального теплоносителя структурами.

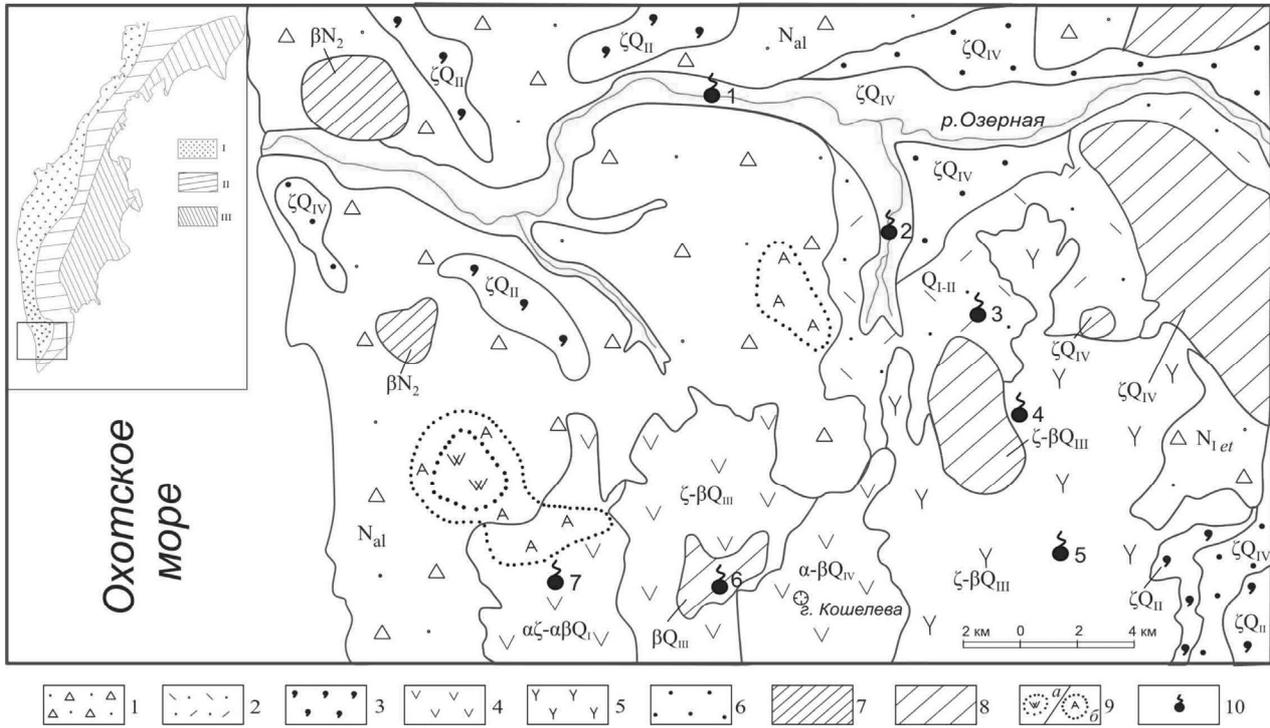


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального (рудного) района Южной Камчатки. Составил С.Н. Рычагов на основании обобщения материалов научных исследований и государственных геологических съемок масштаба 1:200 000. На врезке показаны основные вулканические пояса Камчатки (Западный, Центральный и Восточный) и район исследований.

1 – лавопротекластические отложения фундамента (N_{al} , алнейская свита, неоген); 2 – вулканогенно-осадочные отложения (туффиты) паужетской свиты нижне-среднечетвертичного возраста (Q_{I-II}); 3 – игнимбриты среднечетвертичного возраста (Q_{II}); 4 – магматический комплекс Кошелевского вулканического массива: андезидациты – андезибазальты нижнечетвертичного возраста западной части ($\alpha\zeta - \alpha\beta Q_I$), дациты – базальты среднечетвертичного возраста центральной части ($\zeta - \beta Q_{III}$), андезибазальты верхнечетвертичного возраста восточной части ($\alpha - \beta Q_{IV}$); 5 – лаво-экструзивный комплекс пород от дацитов до базальтов Камбального хребта ($\zeta\beta Q_{III}$); 6 – пемзовые отложения дацитов – риолитов верхнечетвертичного возраста (ζQ_{IV}); 7 – субвулканические и экструзивные тела основного состава неогенового возраста; 8 – то же, контрастного (от базальтов до дацитов) состава средне-верхнечетвертичного возраста (βQ_{III} , $\zeta - \beta Q_{III}$, ζQ_{IV}); 9 – поля вторичных кварцитов (a) и аргиллизитов (b); 10 – основные термоаномалии района: 1 – Первые Горячие Ключи (Пионерлагерь), 2 – Вторые Горячие Ключи (Паужетское месторождение), 3 – Северо-Камбальная, 4 – Центрально-Камбальная, 5 – Южно-Камбальная, 6 – Верхне-Кошелевская, 7 – Нижне-Кошелевская.

В верхних горизонтах зоны гипергенеза гидротермальной системы вулканические породы под воздействием газо-водных потоков преобразуются в гидротермальные глины, состоящие их кристаллических, аморфных и переходных минеральных фаз (рис. 3). Толща гидротермальных глин обладает свойствами верхнего водоупора, теплового изолятора, термодинамического и сложного геохимического барьера [10]. В целом, зона гипергенеза характеризуется высокой динамикой и скоростью протекания геотермальных процессов. Так, нами показано, что при образовании Нижне-Кошелевского Нового термального поля аргиллизация делювиальных отложений с полным замещением исходного субстрата глинистыми минералами происходит в режиме реального времени (за несколько лет). Аргиллизация пород связана с активным транспортом Au, Ag, Hg, цветных и редких элементов в виде комплексных соединений и отложением металлов в глинах в оксидной, сульфидной и др. минеральных формах [9]. Источником катионов ряда металлов служат как вмещающие породы и гидротермально-метасоматические новообразования, так и глубинный восстановленный флюид.

Рис. 2. Геологический разрез Нижне-Кошелёвского пародоминирующего геотермального месторождения [4] и строение современной и палеогидротермальной систем в разрезе по материалам исследований Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН.

1 – диориты; 2 – диоритовые порфириты; 3 – мегабрекчии апикальной части интрузии; 4 – лавы андезитов; 5 – туфы и туффиты андезитов – андезибазальтов; 6 – лавы и туфы андезитов – андезидацитов; 7 – лавы и экструзии андезидацитов – дацитов; 8 – кровля интрузивного комплекса; 9 – разрывные тектонические нарушения, залеченные вторичными гидротермальными минералами; 10 – то же, проницаемые для современных гидротерм; 11 – граница зоны кипения гидротерм на основании гидродинамических испытаний в скважинах; 12 – скважины; 13 – блоки пород жесткие, высокоскоростные для микросейсмических волн и слабо проницаемые для гидротерм; 14 – блоки пород относительно разуплотненные, трещины и поры в которых залечены вторичными гидротермальными минералами; 15 – блоки пород разуплотненные – зона современного парообразования и восходящего газо-гидротермального потока; 16 – Нижне-Кошелёвское Новое термальное поле (проекция на разрез); 17 – зоны перетока (циркуляции) конденсатных вод или (и) гидротерм, восходящих по субвертикальным трещинам.

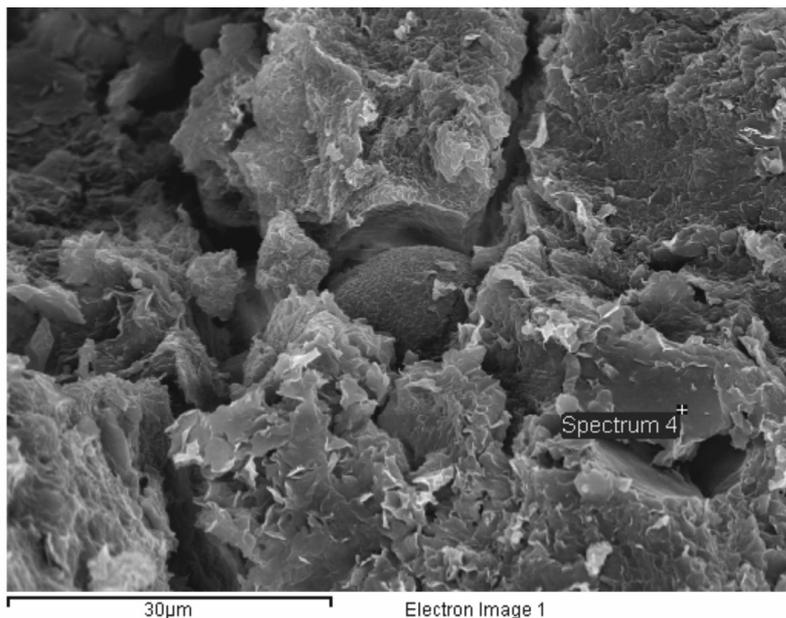
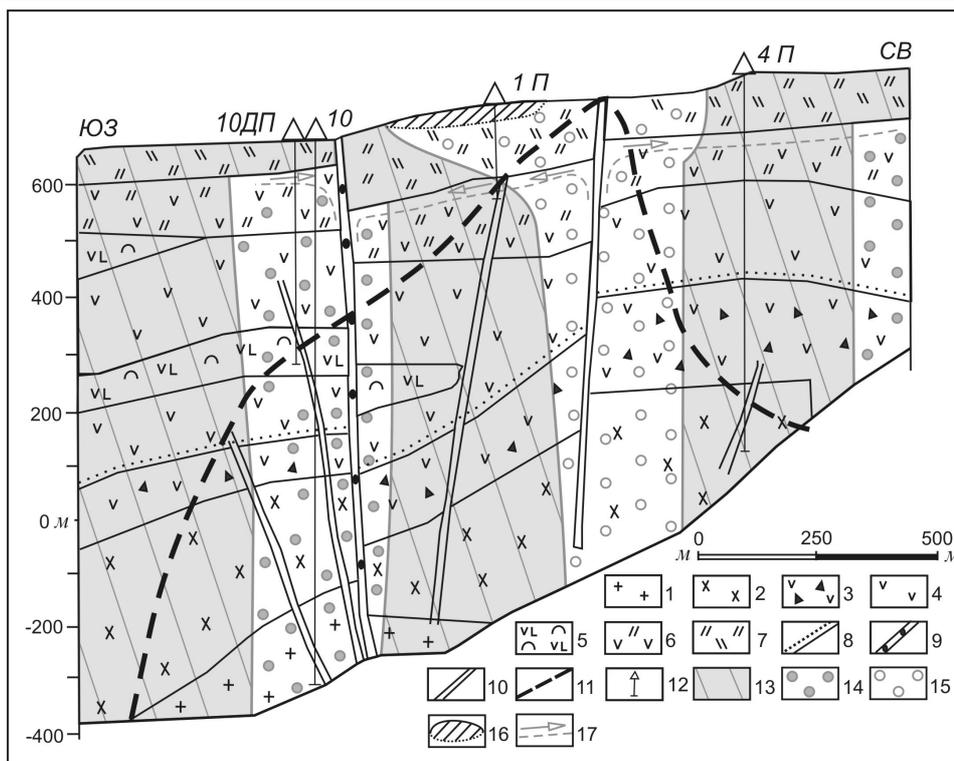


Рис. 3. Типичные микро- и наноструктуры гидротермальных глин Нижне-Кошелёвской термоаномалии: листоватые, пластинчатые, коллоидные, глобулярные. Химический состав представлен Al, Si, Fe, S, Ti, Ca, Mg, K, др. элементами. Данные получены на кафедре инженерной и экологической геологии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова В.Н. Соколовым и М.С. Черновым, растровый электронный микроскоп LEO 1450VP, оснащенный энерго-дисперсионным спектрометром INCA 300

Таким образом, на примере современных гидротермальных систем Кошелёвского вулканического массива и одноименной длительноживущей гидротермально-магматической системы показано значение таких геологических структур для образования геотермальных пародоминирующих и эпи-мезотермальных рудных месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-05-00262а).