

## ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ СЕВЕРО-ПАРАМУШИРСКОЙ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ РАЗГРУЗКИ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА

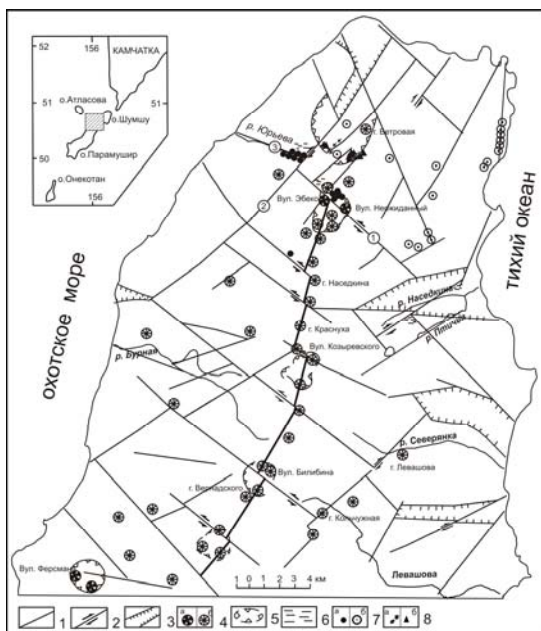
**О.Р. Хубаева, С.Н. Рычагов**

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
e-mail: grifon03@yandex.ru

Парамушир является вторым по площади островом Большой Курильской гряды (после о-ва Итуруп). Его северную часть образует хребет Вернадского, состоящий из цепочки слившихся вулканов четвертичного возраста. В районе действующего вулкана Эбеко и считающегося потухшим вулкана Неожиданный разгружаются сульфатно-хлоридные, сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные от слабокислых до ультракислых термальные воды, обладающие смешанным катионным составом (Ca, Mg, Na, Mn, K, Fe, Al, As, редкие щелочи и редкоземельные элементы) и минерализацией от 100 мг/л до 70 г/л [Калачева, 2004]. Глубинные напорные воды выходят на дневную поверхность и на многих других участках хребта Вернадского. На восточном склоне хребта, прилегающем к г. Северо-Курильск, в недрах Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы на основании глубокого бурения и общей оценки выноса тепла установлено Северо-Курильское геотермальное месторождение прогнозной мощностью 98 МВт, на 100 лет эксплуатации [Белоусов и др., 2002]. Но данное месторождение контролирует только небольшую часть геотермального тепла, аккумулированного в горных породах и парогидротермах района [Рычагов и др., 2004; Хубаева и др., 2005]. В связи с научной и практической необходимостью оценки параметров восходящего теплового потока в недрах хребта Вернадского нами продолжены геоморфологические, гидрогеологические и геологические исследования с целью построения трехмерной цифровой морфоструктурной модели Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы.

Современные и новейшие разрывные тектонические нарушения выделены с использованием методики Н.П. Костенко, модернизированной И.В. Флоринским и др. авторами [Курякова, Флоринский, 1991]. Методика основана на том, что при структурно-геоморфологическом дешифрировании топографической карты линейное расчленение рельефа отражает наиболее благоприятные условия эрозии [Костенко, Брянцева, 2004]. Эрозия активно проявляется в зонах повышенной трещиноватости и дробления пород, и в рыхлых отложениях над этими зонами. Проработка зон флювиальными процессами, а в случае деятельности гидротермально-магматических систем – и восходящими потоками парогидротерм или инфильтрацией смешанных термальных и метеорных вод, может проявиться под покровами лав и других четвертичных отложений. Такое дешифрирование топографической карты масштаба 1:50 000 позволило выявить систему линейных и кольцевых структур, а также блоков горных пород в северной части о-ва Парамушир (рис. 1).

Линейные разрывные нарушения представляют собой сочетание разрывов различных простираний. Вдоль осевой линии хребта Вернадского выделяется субмеридиональная зона, состоящая из системы разломов ССВ (куруло-камчатского) направления. Она смещается поперечными разломами, имеющими, в основном, СЗ простирание. По некоторым из этих разломов установлена сбросовая составляющая, фиксируются правосдвиговые смещения. Субширотные зоны разрывных нарушений менее выражены в рельефе хребта Вернадского. Однако, именно за счет них выделяется серия троговых долин рек Левашова, Северянка, Птичьа и Наседкина (с юга на север – см. рис. 1), приуроченных к тихоокеанскому побережью о-ва Парамушир. Эти зоны подчеркивают грабенообразные поперечные геологические структуры, заложенные, вероятно, в нижнем неогене. Структуры сложены вулканогенно-осадочными породами, возраст которых принято датировать средним миоценом – плиоценом [Геолого-геофизический атлас..., 1987]. Формирование сопряженной системы разломов может быть следствием субмеридиональных сжимающих усилий с пологой или субгоризонтальной ориентировкой векторов сжатия и растяжения, что согласуется с общими представлениями о геотектонике региона. Так, в работе [Трифонов, 1999] отмечается, что для неотектонического этапа эволюции структур на Камчатке характерны правосдвиговые разломы СВ и левосдвиговые СЗ простираний; ось максимального сжатия направлена вкрест и под некоторым

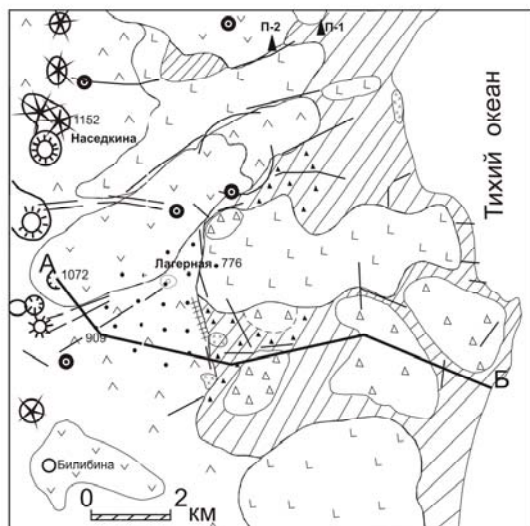


**Рис. 1.** Карта-схема разрывных тектонических нарушений северной части о-ва Парамушир, выделенных на основании дешифрирования топографической карты масштаба 1:50 000, анализа геоморфологических и геологических данных. 1 - разрывные нарушения не ясного происхождения; 2 - сдвиги; 3 - грабенообразные структуры; 4 - вулканы (а - действующие, б - потухшие); 5 - границы кальдер; 6 - сектора локальных растяжений; 7 - источники, а - высокотемпературные гидротермы, б - смешенные термальные и холодные воды; 8 - интрузивные и субвулканические образования (а - дайки, б - некки). Цифры в кружочках - номера разломов: 1 - Эбеко-Кузьминский, 2 - Западная региональная зона отрыва, 3 - Юрьевский глубинный.

углом к простиранию Курило-Камчатской островной дуги. Для изучения направленности смещений пород по разломам выполнен анализ тектонических напряжений с использованием данных регистрации очагов землетрясений за период с 28.01.2002 г. по 18.12. 2004 г. (данные представлены КОМСП ГС РАН). Построения выполнены с помощью сетки Вульфа и конической палетки О.И. Гущенко [Гущенко, 1979].

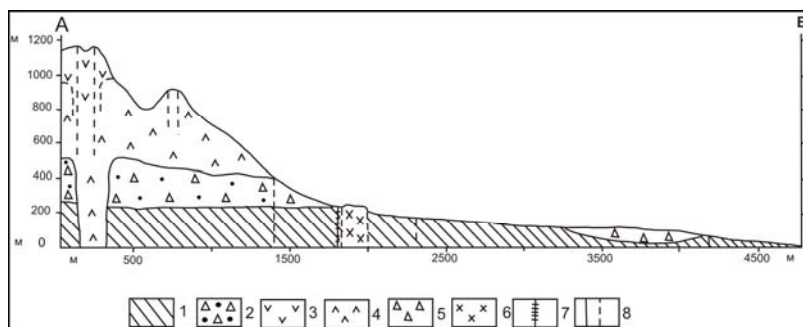
В общем поле современных тектонических напряжений ось растяжения направлена по азимуту  $205 < 30$ , а ось сжатия ориентирована  $116 < 0$ , что согласуется с диагональной системой сдвигов в северной части о-ва Парамушир. К участкам сочленения разломов СВ и СЗ простираний приурочены конусы и кратеры действующих и потухших вулканов, отдельные взрывные воронки, шлаковые конусы, андезидацитовые экструзии. Кольцевые структуры служат ограничениями центральных кальдер таких крупных вулканических построек, как вулканы: Владовца (район г. Ветровая), сдвоенных построек Эбеко - Неожиданный, Козыревского - 1072, Билибина - Вернадского, Ферсмана. Используемая в настоящей работе методика дешифрирования не позволяет выделить всю систему разломов, определяющих строение этих крупных вулкано-тектонических структур, поскольку территория перекрыта покровами лав андезитов и андезибазальтов: общая мощность покровов ближе к осевой зоне хребта Вернадского достигает 500-700 м. Однако, на основании геологических данных [Федорченко и др., 1989; Рычагов и др., 2004] можно утверждать, что выделенные на рис. 1 кольцевые структуры, скопления кратеров и конусов фиксируют приповерхностные области современных и новейших деформаций в крупных длительноживущих (в течение всего четвертичного периода или более) вулкано-тектонических структурах. Одним из наиболее геодинамически напряженных участков является северная оконечность хребта Вернадского. В этом, выделенном ранее крупном тектоническом блоке\*, находятся постройки вулканов Эбеко, Неожиданный, Владовца; к субширотному разлому р. Юрьева и кратерной области влк. Эбеко приурочены разгрузки металлоносных кислых высокотемпературных терм, к разрывным нарушениям различного простирания и узлам их пересечения тяготеют выходы слаботермальных и грунтовых вод. На основании детальных работ нами откартированы некки (останцы экструзий и субвулканических тел), трассирующие кромку эрозионной кальдеры влк. Владовца, и дайки андезибазальтов, выполняющие субмеридиональные трещины (радиальные по положению в кальдере).

\* С.Н. Рычагов и др. Исследование гидротермально-магматических систем, геотермальных и рудных месторождений, создание геолого-геохимических моделей гидротермально-магматических систем как основа для постановки поисково-разведочных работ на геотермальных месторождениях. Слежение за вулканом Эбеко // Научно-технический отчет по Федеральной целевой программе социально-экономического развития Курильских островов Сахалинской области до 2005 г. Петропавловск-Камчатский: ИВ ДВО РАН, 2000. 204 с.



**Рис. 2.** Схематическая геологическая карта участка Утёсный Северо-Парамуширского геотермального района. 1 – вулканогенно-осадочные отложения, мелко-тонкообломочные туффиты ( $N_2$ ); 2 - лавы и туфы базальтов ( $Q_{1-2}$ ); 3 - лавы андезитов ( $Q_4$ ); 4 - лавы андезитов, андезибазальтов ( $Q_{2-3}$ ); 5 – отложения обвалов; 6 – интрузивные и субвулканические тела; 7 – кварцево-жильная зона; 8 – гидротермально-метасоматические изменения (а – в породах неогена; б – в лавках и туфах); 9 – разрывные тектонические нарушения; 10 – слаботермальные источники; 11 – конусы вулканов и вершинные кратеры. П-1, П-2 – глубокие геотермальные скважины.

Участок Утесный служит одним из полигонов детальных геологических и геоморфологических исследований на площади развития Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы (рис. 2). Интрузивные тела габбро-диоритов, зоны гидротермально-метасоматических изменений (от среднетемпературных эпидот-кварц-хлоритовых пропилитов до вторичных кварцитов), включающие отдельные гематитовые проявления, крупная кварцево-жильная зона, воронки взрыва с гидротермальными брекчиями (озеро Изумрудно-Голубое), источники слаботермальных гидрокарбонатно-сульфатных вод – приурочены к тектоническому узлу, образованному на пересечении СВ зоны разломов р. Птичьа и субширотной троговой долины р. Северянка. Активная тектоно-магматическая, метасоматическая и гидротермальная деятельность, в т.ч. минерало-рудообразование, по-видимому, определяются структурным положением данного блока. Блок сложен вулканогенно-осадочными породами фундамента, мощной толщей туфов андезитов и андезидацитов нижне-среднечетвертичного возраста и перекрывающими их лавами андезитов. Породы фундамента и туфы прорываются субвертикальными интрузиями габбро-диоритов и дайками андезибазальтов (рис. 3). Блок образован между двумя крупными щитовыми вулканами нижнечетвертичного возраста [Федорченко и др., 1989] на склоне длительноживущей вулкано-тектонической структуры с вулканами Козыревский и 1072. Все это, по-видимому, предопределило наличие в недрах данного тектонического блока локального источника деформаций и теплового и рудного питания гидротермально-магматической системы.



**Рис. 3.** Геологический разрез по линии А-Б (см. рис. 2). 1 – вулканогенно-осадочные отложения ( $N_2$ ); 2 – туфы андезитовые ( $Q_{1-3}$  ?); 3 – лавы андезитов ( $Q_4$ ); 4 – Лавы андезитов, андезибазальтов ( $Q_{2-3}$ ); 5 – отложения обвалов ( $Q_4$ ); 6 – субвулканические тела (интрузии) габбро-диоритов ( $Q_{1-3}$  ?); 7 – кварцево-жильная зона; 8 – разломы.

Таким образом, на основании дешифрирования топографических карт масштаба 1:50 000 и проведения дополнительных геоморфологических и геологических исследований уточнена схема новейших и современных тектонических деформаций северной части острова

Парамушир, построенная ранее [Khubaeva et al., 2006]. Выявлена система блоков горных пород, границами которых служат кольцевые и линейные тектонические нарушения, проницаемые для парогидротерм или залеченные гидротермальными новообразованиями. Геодинамически наиболее напряженные участки выделяются за счет наложения локальных систем разрывных нарушений на зоны сочленения региональных разломов, имеющих различные направления (от субмеридионального до субширотного) и возраст (от нижнечетвертичного до современного). В частности, такие участки диагностируются в центральной области Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы и на ее периферии над локальными источниками деформаций и температурных аномалий, которыми служат малые интрузии диоритов – габбро-диоритов. Как правило, к этим геологическим структурам, характеризующимся длительной эволюцией тектоно-магматических, гидротермально-метасоматических и рудообразующих процессов, приурочена близповерхностная и скрытая глубинная разгрузка геотермального тепла. Продолжение комплексных геолого-геоморфологических исследований позволит создать трехмерную цифровую модель Северо-Парамуширской гидротермально-магматической системы, выделить в ее структуре зоны, контролируемые восходящие высокотемпературные газо-гидротермальные потоки и нисходящие инфильтрационные воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 09-05-00022а) и Президиума ДВО РАН (проекты 09-II-CO-08-006, 09-III-A-08-418, 09-III-B-08-471).

#### Список литературы

**Белоусов В.И., Рычагов С.Н., Сугробов В.М.** Северо-Парамуширская гидротермально-магматическая система: геологическое строение, концептуальная модель, геотермальные ресурсы // Вулканология и сейсмология, 2002. № 1. С. 34-50.

**Геолого-геофизический атлас** Курило-Камчатской островной системы. Ленинград: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.

**Гущенко О.И.** Реконструкция поля мегарегиональных тектонических напряжений сейсмоактивных областей Евразии // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С.26-51.

**Калачева Е.Г.** Геохимические особенности подземных вод в области активного вулканизма (на примере хребта Вернадского, о. Парамушир, Курилы) // Автореф. дисс. к.г.-м.н., Новосибирск, 2004. 25 с.

**Костенко Н.П., Брянцева Г.В.** К проблеме структурно-геоморфологического дешифрирования в условиях закрытых пространств // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. № 4. 2004. С. 34-38.

**Курякова Г.А., Флоринский И.В.** Анализ пространственных отношений структур центрального типа, топографии и педологии. Пушкино: Ин-т почвоведения и фотосинтеза, 1991. 14 с.

**Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Кирьянов В.Ю., Курбатов А.В., Несмачный И.А.** Вулкан Эбеко (Курильские острова): история эруптивной активности и будущая вулканическая опасность. Ч. 1 // Вулканология и сейсмология, 1993. № 3. С. 69-81.

**Рычагов С.Н., Пушкарев В.Г., Белоусов В.И.** и др. Северо-Курильское геотермальное месторождение: геологическое строение и перспективы использования // Вулканология и сейсмология, 2004. № 2. С. 56-72.

**Трифонов В.Г.** Неотектоника Евразии. М.: Научный мир, 1999. 252 с. (Тр. ГИН РАН. Вып 514).

**Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И.** Вулканизм Курильской островной дуги: геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 238 с.

**Хубаева О.Р., Шульга О.В., Котенко Л.К., Котенко Т.А.** Морфоструктура и оценка выноса тепла в северной части острова Парамушир // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма (материалы международного Курило-Камчатского семинара, 16 июля – 6 августа 2005 г.). Петропавловск – Камчатский: «ОТТИСК», 2005. С. 181 – 194.

**Khubaeva O.R., Briantseva G.V., Sim L.A.** Analysis of Recent Deformations in North-Paramushir Geothermal District (The Kuril Islands, Russia) // GRC Annual Meeting, 2006. September 10-13, San Diego, USA. P. 669-674.