

УДК 551.21

© 1991 г.

В.Л. ЛЕОНОВ

**О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗВИТИЯ
ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА КАМЧАТКЕ**

В работе показано, что в размещении современных гидротермальных систем и вулканических пород плиоцен-четвертичного возраста на Камчатке большая роль принадлежит разломам северо-восточного простирания, вдоль которых с юго-запада на северо-восток прослеживается последовательное "омоложение" вулканических пород, сужение областей их распространения, уменьшение диаметра купольно-кольцевых структур, выклинивание зон новейших разрывных нарушений, возрастание естественных ресурсов тепла, аккумулярованного горными породами известных гидротермальных систем. Последовательное смещение к северо-востоку проявлений вулканической и гидротермальной деятельности выявлено также в пределах отдельных вулканических центров, приуроченных к этим разломам. Показано, что удовлетворительного объяснения выявленным закономерностям в настоящее время нет. Наиболее вероятно последовательное смещение к северо-востоку магмы, поднимающейся вдоль фронта Курило-Камчатской дуги.

ON SOME REGULARITIES IN THE DEVELOPMENT OF HYDROTHERMAL AND VOLCANIC ACTIVITY IN KAMCHATKA, by Leonov V. L. The paper considers the features of distribution of recent hydrothermal systems and volcanic rocks of Pliocene-Quaternary age in Kamchatka. A specific role of faults of N-E strike is emphasized. Three regions have been identified in which regular NE migration of volcanism occurs as well as narrowing of regions of distribution of Pliocene-Quaternary volcanic rocks, decreasing of the diameter of dome-ring structures and wedging out of the newest rupture disturbances. Besides, these regions are characterized by NE growth of geothermal output of known hydrothermal systems. Systematic NE migration of volcanic and hydrothermal activity have also been identified within separate volcanic centers confined to these faults. It has been shown that no satisfactory explanation exists to these regularities. The authors assume that most probably they can be explained by successive migration of magma in NE direction along the front of the Kurile-Kamchatka arc.

(Received May 25, 1990)

Institute of Volcanology, Far East Division, USSR Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, USSR

Проведенные в последние годы исследования показали, что основными структурами, контролирующими размещение высокотемпературных гидротермальных систем на Камчатке, являются крупные разломы северо-восточного простирания, активизировавшиеся в среднем плейстоцене [14]. На рис. 1 показано расположение современных гидротермальных систем (по [23]), а также вынесены основные зоны разломов северо-восточного простирания (по [1]). Большая часть гидротермальных систем Камчатки расположена вдоль линий, параллельных этим разломам. В такие линии вытягиваются гидротермальные системы: Эсовская, Апапельская, Киреунская и Двухъярточная Срединного хребта; Налачевская, Академии наук, Семячичская, Кальдеры Узон и Долины Гейзеров на центральном участке Восточной Камчатки; Гольгинская, Ходуткинская, Северо-Мутновская и Жировская на Южной Камчатке.

Тепловая энергия, аккумулярованная горными породами гидротермальных систем, последовательно нарастает вдоль выделенных линий с юго-запада на северо-восток, а затем резко падает (см. рис. 1). Это, по-видимому, не случайно, а связано с особенностями развития тектономагматических процессов вдоль зон разломов северо-восточ-

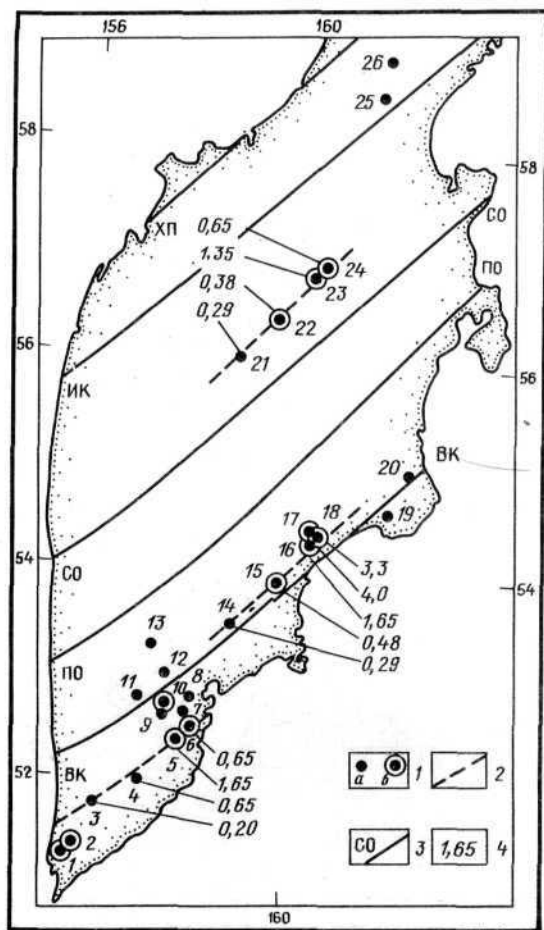
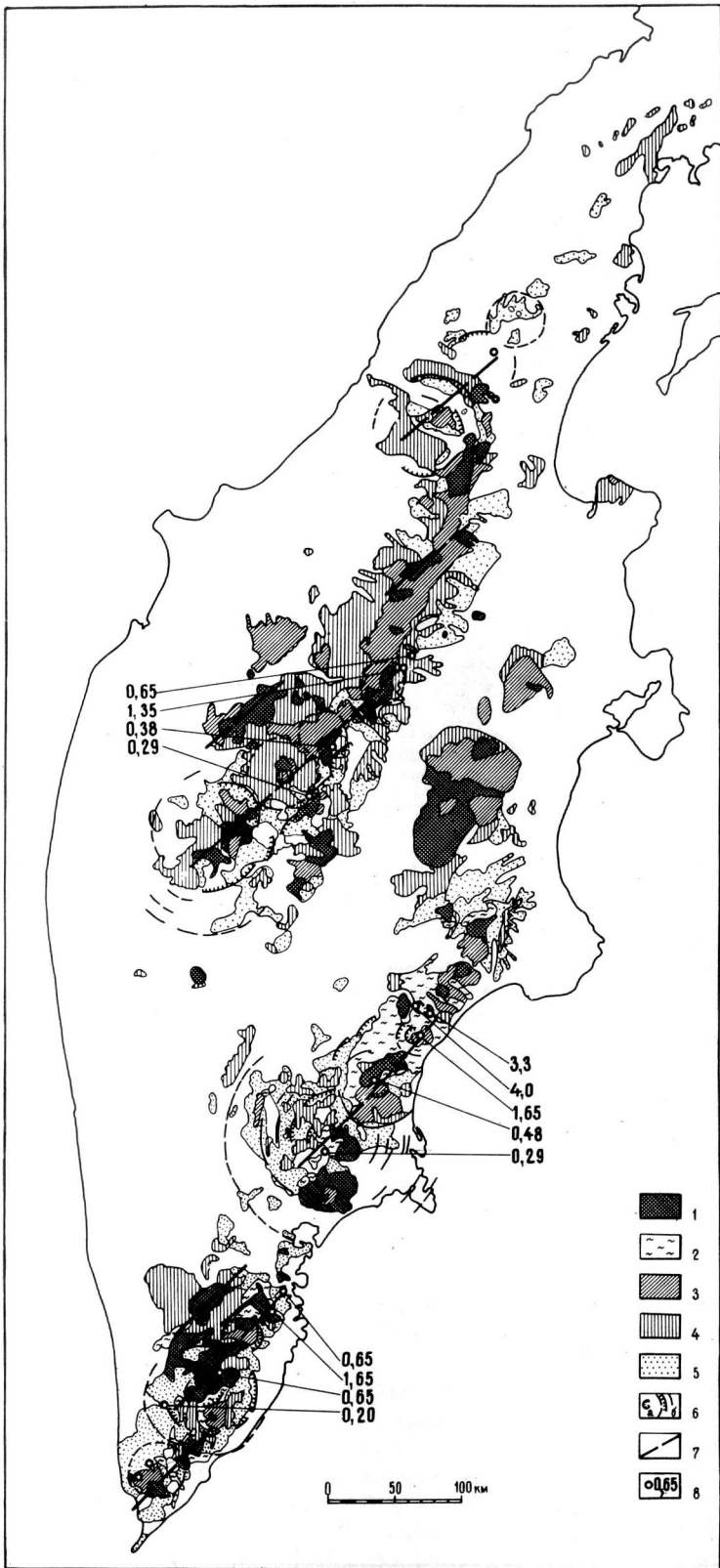


Рис. 1. Схема расположения гидротермальных систем, термальных линий и наиболее крупных разломов северо-восточного простирания на Камчатке. 1 - гидротермальные системы, по [23]: а - низкотемпературные, б - высокотемпературные (1 - Кошелевская, 2 - Паужетская, 3 - Голыгинская, 4 - Ходуткинская, 5 - Северо-Мугновская, 6 - Жировская, 7 - Верхнепаратунская, 8 - Паратунская, 9 - Карымчинская, 10 - Большебанная, 11 - Апачинская, 12 - Начикинская, 13 - Малкинская, 14 - Налачевская, 15 - Академии наук, 16 - Семячикская, 17 - Кальдеры Узон, 18 - Долины Гейзеров, 19 - Тюшевская, 20 - Чажминская, 21 - Эссовская, 22 - Апапельская, 23 - Киреунская, 24 - Двухъярочная, 25 - Русаковская, 26 - Паланская); 2 - основные направления, вдоль которых группируются гидротермальные системы, по [3] с уточнениями; 3 - наиболее крупные разломы и зоны разломов северо-восточного простирания, по [1]: ХП - Хайрюзовско-Пенжинская, ИК - Ичинско-Корякская, СО - Соболевско-Озерновская, ПО - Пымтинско-Озерновская, ВК - Восточно-Камчатская; 4 - тепловая энергия, аккумулированная горными породами гидротермальных систем (10^{18} кал), по [23]

ного простирания. В связи с этим мы попытались проанализировать, как изменяется характер проявления вулканизма, возраст пород, а также структурные особенности вдоль выделенных линий.

Формирование современных гидротермальных систем на Камчатке тесно связано с последним плиоцен-четвертичным этапом тектономагматической активизации [20, 26]. На рис. 2 показаны области распространения вулканических пород плиоцен-четвертичного возраста. Отдельно выделены породы плиоценового (частично верхнемиоценового), нижнечетвертичного, средне-верхнечетвертичного возраста и голоценовые (современные). В целом эти породы формируют два пояса северо-восточного простирания, аналогичные Срединному и Восточному четвертичным вулканическим поясам [4].



В строении Восточного пояса обособляются три участка, расположенные на Южной Камчатке, в центре Восточной Камчатки и в пределах Центральнокамчатской депрессии. Рассмотрим особенности строения районов развития плиоцен-четвертичных вулканических пород на этих участках.

Центральный участок Восточной Камчатки. Вулканические породы плиоцен-четвертичного возраста здесь образуют обособленное поле, протягивающееся на расстоянии ~250 км (от Авачинской бухты и Авачинской группы вулканов на юге до Кроноцкого вулкана на севере). Поле вытянуто в северо-восточном направлении, имеет клиновидную форму. На юго-западе его ширина составляет до 120 км, на северо-востоке — до 20—30 км. Линия, к которой приурочены современные гидротермальные системы, представляет собой осевую линию этого поля (см. рис. 2). Анализ распространения пород на этом участке по возрастным группам (плиоценовые, нижнечетвертичные, средне-верхнечетвертичные) показывает, что породы плиоценового возраста преобладают на юго-западе, нижнечетвертичные породы занимают наибольшие площади в центре участка, а в северо-восточной его части начинают преобладать породы средне-верхнечетвертичного возраста. При этом лавы базальтового состава, преобладающие на юго-западе участка, сменяются на северо-востоке пирокластическими породами преимущественно дацитового состава.

Это видно на примере Налачевского, Карымского и Узонско-Гейзерного вулканических центров, расположенных в рассматриваемом районе цепочкой, вытянутой с юго-запада на северо-восток. В первом из них объем вулканитов кислого состава среди пород плиоцен-четвертичного возраста составляет первые проценты, достигая 10% в породах позднеплейстоценового возраста [7]. В пределах Карымского центра породы кислого состава, среди которых преобладают игнимбриты, составляют уже 44% [5], а в районе Узонско-Гейзерной депрессии эти породы играют равную роль с породами основного состава [28], т.е. слагают около 50%.

Кроме общего "омоложения" пород в направлении с юго-запада на северо-восток на рассматриваемом участке отмечается также миграция кальдер в пространстве и во времени, возникавших в средне-верхнечетвертичное время. По стратиграфическим взаимоотношениям пирокластических отложений, окружающих кальдеры, установлено, что кальдеры Карымского центра наиболее древние, а расположенные северо-восточнее кальдеры Семьячкская, Узонско-Гейзерная и Крашенинникова становятся последовательно все более молодыми [28].

На рис. 2 показаны также отдельно современные породы голоценового возраста. Необходимо отметить, что хотя для этих пород принят голоценовый возраст [6], по-видимому, они включают частично и породы позднего плейстоцена. По крайней мере, именно позднеплейстоцен-голоценовым возрастом оценивается на Камчатке этап последнего массового поступления на поверхность базальтовой магмы [2]. Анализ распространения этих пород на рассматриваемом участке показывает, что они не подчиняются той закономерности, которая установлена выше для более древних пород. Распространены они более-менее равномерно, небольшими пятнами, тяготея к осевой линии участка. Все это позволяет согласиться с О.А. Брайцевой и др. [2] и рассматривать позднеплейстоцен-голоценовый этап вулканизма на Камчатке отдельно, как имеющий свои особенности и закономерности развития.

Рис. 2. Области распространения вулканических пород плиоцен-четвертичного возраста на Камчатке. 1—5 — области распространения, по [6]: 1 - современных лав базальтового, андезитобазальтового, андезитового состава и их шлаков; 2 - средне-верхнечетвертичных пемз, игнимбритов, туфов, лав риолитового, дацитового, андезиодацитового, андезитового состава; 3 — средне-верхнечетвертичных лав базальтового, андезитобазальтового, андезитового состава; 4 — нижнечетвертичных лав базальтового и андезитобазальтового состава; 5 — плиоценовых, частично верхнемиоцен-штаоценовых лав базальтового, андезитобазальтового, андезитового, дацитового состава, их туфов, туфобрекчий, игнимбритов (алнейская, тумрокская, шапинская, сторожевская свиты); 6 - кальдеры (в), дуговые разломы и зоны трещиноватости (б), ограничивающие крупные вулканические центры (описание конкретных центров см. в тексте); 7 - основные магмоподводящие разломы северо-восточного простирания (выделены с учетом данных [1, 5, 9, 14-16, 25, 26 и др.]); 8 — гидротермальные системы Камчатки и их тепловая энергия (см. рис. 1)

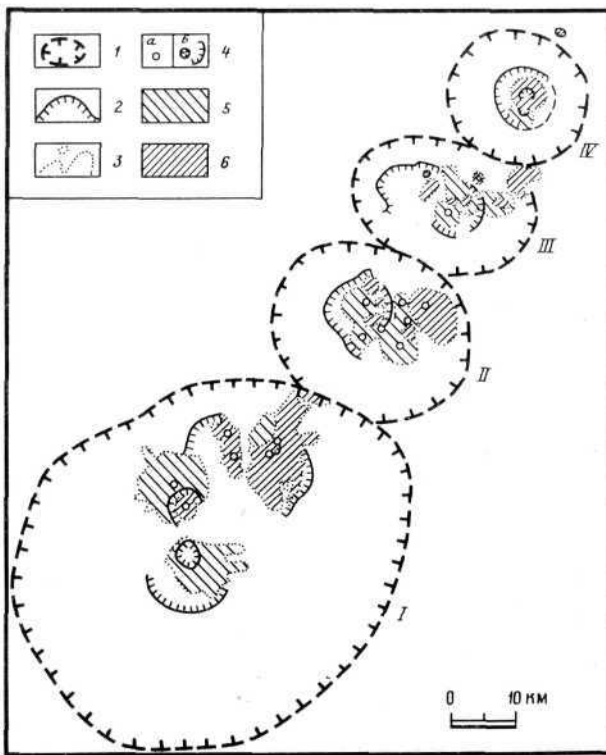


Рис. 3. Вулканические центры центрального участка Восточной Камчатки. I - Карымский, по [5,21], II - Большесемячикский, III - Узонско-Гейзерный, IV - Крашенинникова. } - предполагаемые границы вулканических центров; 2 - кальдеры; 3 - обобщенные контуры развития вулканических пород; 4 - центры вулканических построек (а), кратеры, маары (б); 5, 6 - площади, занятые посткальдерными вулканическими постройками: 5 - ранней фазы, 6 - поздней фазы

В расположении крупнейших изометричных вулканоструктур на рассматриваемом участке также выявляется определенная закономерность — последовательное уменьшение их диаметра в направлении с юго-запада на северо-восток. На рис. 2 показаны основные разломы и зоны трещиноватости, связанные с этими структурами. Крупнейшей из них является хорошо изученный Налачевский купол, диаметром ~ 100 км [7, 16]. Северо-восточнее, на его краю, расположен Карымский вулканический центр диаметром ~ 50 км [5]. Еще далее на северо-восток — вулканические центры: Большесемячикский, Узонско-Гейзерный и Крашенинникова. Диаметр их последовательно уменьшается с юго-запада на северо-восток (рис. 2, 3).

Последовательное смещение вулканической активности к северо-востоку прослеживается и в пределах отдельных вулканических центров рассматриваемого участка (см. рис. 3). На рисунке показаны предполагаемые границы вулканических центров, кальдеры и поля развития вулканических пород двух фаз посткальдерного вулканизма. Отметим, что кальдеры несколько смещены к северо-восточному краю вулканических центров (особенно ярко это проявляется у более древних центров — Карымского и Большесемячикского). Посткальдерный вулканизм, который в основном сосредоточен внутри кальдер, со временем также смещается к северо-востоку, перекрывает границы кальдер и распространяется далее на их северо-восточных склонах. Чем древнее центр в рассматриваемой цепочке, тем ярче проявлены в нем описываемые закономерности.

Остановимся еще на одной особенности строения этого участка — крупной новейшей зоне растяжения северо-восточного простирания, проходящей вдоль его осевой линии. Широко развитые здесь разрывные нарушения неоднократно описывались раз-

ными авторами [10—12, 25]. На рис. 4 показаны разрывные нарушения, откартированные нами в результате детальных работ, проведенных в районе Большесемьячкского и Узонско-Гейзерного вулканических центров. На рисунке видно, что в юго-западной части участка ширина зоны разрывных нарушений достигает 20—22 км, а на северо-востоке — всего 4—5 км. Еще далее на северо-восток известны лишь единичные разломы этого типа [10]. Приведенные данные позволяют заключить, что зона новейших разрывных нарушений на рассматриваемом участке в целом выклинивается к северо-востоку.

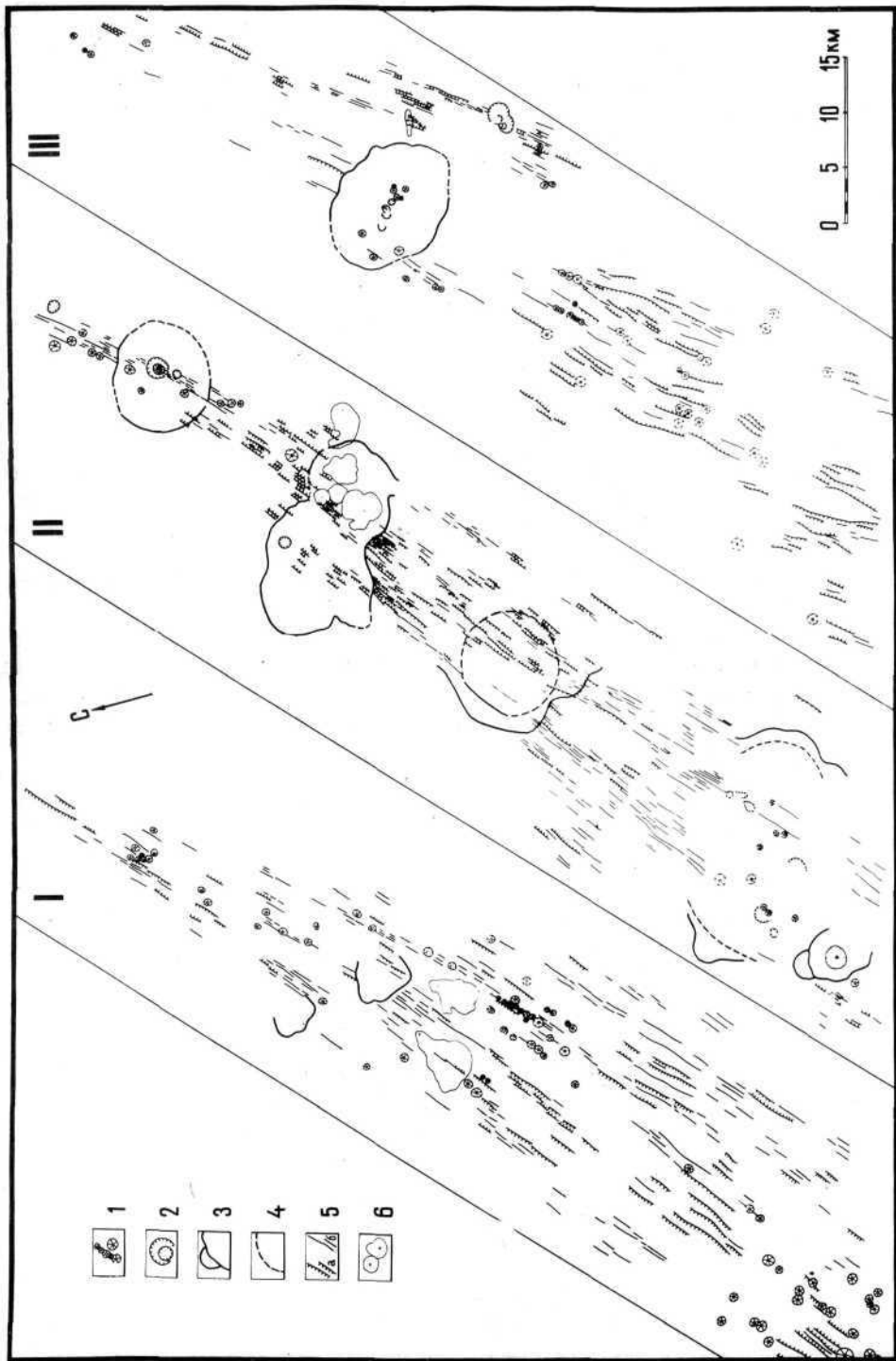
Заканчивая описание особенностей строения района развития плиоцен-четвертичных вулканических пород на центральном участке Восточной Камчатки, отметим основные выявленные здесь закономерности. Они отражают общую продольную асимметрию участка и проявляются в том, что здесь в направлении с юго-запада на северо-восток происходит, во-первых, сужение поля плиоцен-четвертичных вулканитов; во-вторых, общее "омоложение" пород от преимущественно плиоценовых до средне-верхнечетвертичных; в-третьих, уменьшение диаметра купольно-кольцевых структур; в-четвертых, выклинивание зоны новейших разрывных нарушений.

Кроме того, как отмечалось в начале работы, здесь с юго-запада на северо-восток наблюдается последовательный рост естественных ресурсов тепла, аккумулированного горными породами известных гидротермальных систем.

Перечисленные особенности, по-видимому, связаны с какими-то общими процессами, протекающими здесь направленно, с последовательным смещением к северо-востоку. Подробнее на анализе этих процессов мы остановимся ниже, после рассмотрения особенностей строения других участков.

Срединный хребет Камчатки. Рассматриваемый участок протягивается полосой северо-восточного простирания от вулкана Ича на юго-западе до вулкана Алией на северо-востоке на расстоянии около 250 км. От остальной области распространения плиоцен-четвертичных вулканитов Срединного хребта он отличается более сложным строением. Здесь сосредоточены наиболее крупные, длительно развивавшиеся вулканы: Ича, Уксичан, Чашаконджа, Алией, а вблизи них — наиболее крупные термопроявления — гидротермальные системы, показанные на рис. 1, 2. Поле развития плиоцен-четвертичных вулканических пород здесь сливается со смежными полями развития подобных пород (Западный и Козыревский вулканические районы [18]). В целом здесь прослеживаются те же закономерности, что были выявлены в строении Восточной Камчатки (см. рис. 2). Во-первых, это последовательная смена вулканических пород по возрасту от преимущественно плиоценовых на юго-западе, к нижнечетвертичным в центре (в районе вулкана Уксичан) и к преимущественно средне-верхнечетвертичным на северо-востоке (в районе Анаунского нагорья и вулканов Чашаконджа и Алией). Вулканические породы голоценового возраста распространены здесь так же, как и на Восточной Камчатке, и выводы о них, сделанные выше, сохраняются и здесь. Во-вторых, как и на Восточной Камчатке, в юго-западной части участка здесь восстанавливается очень крупная, диаметром ~100 км, кольцевая структура (Верхнеичинский центр длительной эндогенной активности) [9, 27]. К северо-востоку от нее расположена Уксичанская вулканотектоническая структура диаметром ~50 км [22], а далее — Анаунское нагорье диаметром ~30 км [18]. Наконец, еще далее на северо-востоке залегают вулканический массив Алней-Чашаконджа диаметром ~25—30 км [18]. Все эти структуры изучены еще слабо, но последовательное уменьшение их диаметра с юго-запада на северо-восток прослеживается отчетливо.

Проведенные нами в последние годы детальные работы в районе массива Алней-Чашаконджа позволили выделить здесь протяженную зону новейших разрывных нарушений общего северо-восточного простирания, очень похожую по своим характеристикам на зону новейших разрывных нарушений Восточной Камчатки (см. рис. 4). В северо-восточном направлении эта зона резко сужается. На юго-западе она продолжается в сторону Анаунского нагорья и вулкана Уксичан. Как и на Восточной Камчатке, большую часть разрывных нарушений в этой зоне представляют сбросы и трещины, вдоль которых часто группируются шлаковые конусы и небольшие вулканы позднечетвертичных



ного и голоценового возраста, т.е. здесь эта зона также представляет собой новейшую зону растяжения северо-восточного простирания, постепенно сужающуюся и, по-видимому, выклинивающуюся к северо-востоку.

Анализ строения отдельных вулканических центров, расположенных на этом участке, показывает, что для них, как и для вулканических центров Восточной Камчатки, характерна асимметрия, выражающаяся в последовательном смещении их вулканической активности со временем к северо-востоку. Это характерно для Ичинского, Уксиханского, Алнейского центров, а также для Анаунского нагорья (см. рис. 2 [18]).

Южная Камчатка. Участок, на котором намечается последовательный рост естественных ресурсов тепла известных гидротермальных систем, протягивается здесь от р. Голыгиной на юго-западе до вулкана Вилючик на северо-востоке на расстояние ~ 150 км. Как и рассмотренный выше участок Срединного хребта, этот участок на северо-западе и на юге смыкается с другими участками. На северо-западе — это район вулканов Опала и Большая Ипелька ("западная ветвь" вулканов Южной Камчатки), на юге — обширная, изометричная в плане Паужетская вулканотектоническая структура (см. рис. 2). Проследим, как изменяется строение рассматриваемого участка при движении с юго-запада на северо-восток. Во-первых, необходимо отметить, что область распространения плиоцен-четвертичных пород здесь в целом сужается. Во-вторых, как и на описанных выше участках, в юго-западной части здесь расположено обширное поле развития пород преимущественно плиоценового возраста. В центре участка значительные площади покрыты голоценовыми базальтами, которые не позволяют достоверно оценить распространение здесь более древних пород. Однако далее к северо-востоку из-под них проявляются нижнечетвертичные базальты, которые в районе вулкана Асача сменяются породами преимущественно средне-верхнечетвертичного возраста. Таким образом, общая направленность смены пород от преимущественно плиоценовых на юго-западе к преимущественно средне-верхнечетвертичным на северо-востоке, установленная на рассмотренных выше участках, по-видимому, сохраняется и здесь. Намечается и смена состава пород: на северо-востоке в районе вулканов Мутновский и Горелый значительное место занимает пирокластика, отвечающая по составу андезитодацитам; на юго-западе преобладают лавы базальтового состава.

Среди купольно-кольцевых структур (вулканических центров) на рассматриваемом участке прежде всего необходимо отметить крупнейший Ксудачский центр [7]. К северо-востоку от него расположен Асачинский центр (Асачинская группа вулканов по [9]), а еще далее на северо-восток — вулканические центры Горелый и Мутновский (рис. 2, 5). Упомянутые структуры (Ксудачская и Асачинская) выделяются с известной долей вероятности, так как подробного описания их в литературе в настоящее время нет; они лишь намечены авторами перечисленных выше работ.

На рис. 5 показано распространение вулканических пород разного возраста в пределах некоторых вулканических центров рассматриваемого участка. Видно, что в четвертичное время происходит последовательное смещение вулканической активности в пределах этих центров в северо-восточном направлении. Так, например, в пределах Асачинской группы вулканов, состоящей из нескольких разновозрастных вулканических образований, остатки наиболее древней щитообразной постройки расположены в юго-западной части, а более молодые вулканы Желтый, Асача и конус Туманов — на ее северо-восточных склонах. Наиболее молодые верхнечетвертичные и голоценовые постройки распространены широко у подножия вулкана, но наиболее крупное обособленное поле размером 7X11 км лежит у его северо-восточного подножия (см. рис. 5, [9]).

Рис. 4. Разрывные нарушения: I - в районе вулканического массива Алней-Чашаконджа (Срединный Хребет), II - на центральном участке Восточной Камчатки, III - в районе вулканов Асача, Горелый, Мутновский на Южной Камчатке. 1 - шлаковые конусы, небольшие вулканические постройки; 2 — кратеры вулканов, маары; 3 - морфологические границы кальдер; 4 — предполагаемые структурные границы кальдер; 5 - разрывные нарушения: а - сбросы, б - трещины; б - экструзии лав риолитового состава

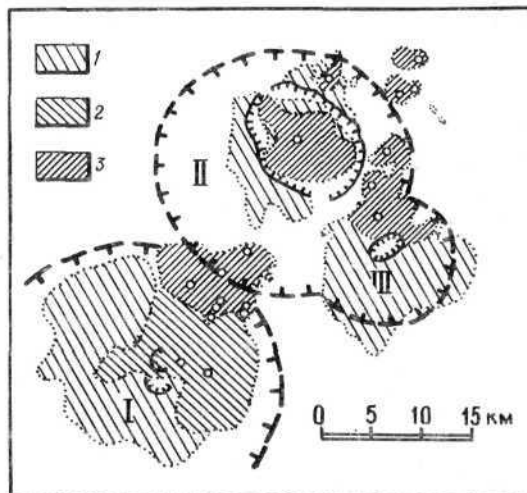


Рис. 5. Вулканические центры Южной Камчатки. I — Асача, II — Горельый, III — Мутновский. 1—3 — площади, занятые четвертичными вулканическими породами: 1 - ранней фазы, 2 ~ промежуточного возраста, 3 — поздней фазы (по данным [9,13, 14]). Остальные условия обозначения см. на рис.3

Подобные закономерности прослеживаются и в районе вулканов Горельый и Мутновский. Так, расстояние от края кальдеры вулкана Горельый до края его докальдерной постройки на юго-западе — 10 км, а на северо-востоке — меньше 5 км. Расстояние от кратера Мутновского вулкана до его юго-западных подножий ~7 км, а до северо-восточных — 4 км. Таким образом, и здесь можно сделать вывод о смещении вулканической активности со временем к северо-востоку. Не случайно, по-видимому, и то, что ряд небольших побочных средне-верхнечетвертичных вулканов на склоне вулкана Мутновский приурочен именно к его северо-восточным склонам (см. рис. 5).

На рис. 4, III показаны разрывные нарушения, распространенные на рассматриваемом участке. Они составляют несколько обособленных групп, кулисообразно смещенных одна относительно другой. Так же, как на описанных выше участках, они представлены в основном сбросами и трещинами позднеплейстоцен-голоценового возраста [13]. Формируя широкие грабенообразные структуры, эти нарушения отражают, по-видимому, существование здесь крупной зоны растяжения, протягивающейся вдоль оси участка. Сужение области развития разрывных нарушений к северо-востоку свидетельствует, вероятно, о выклинивании зоны растяжения в этом направлении.

Природа выявленных закономерностей. На описанных участках плиоцен-четвертичных вулканических поясов Камчатки вдоль линий северо-восточного простирания мы обнаруживаем закономерное изменение возраста пород, размеров вулканотектонических структур, новейших зон растяжения, что совпадает с последовательным изменением вдоль этих же линий естественных ресурсов тепла известных гидротермальных систем. Эти закономерности нельзя рассматривать как случайные. Они отражают действие какого-то общего механизма, связанного, по-видимому, со значительными горизонтальными перемещениями. Для объяснения подобных явлений в настоящее время чаще всего привлекается представление о горячих точках [29—31, и др.]. Если рассмотреть с этих позиций описанные выше явления, то мы должны предположить, что Камчатка как часть Охотоморской плиты последние 5 млн.лет движется над серией горячих точек к юго-западу. Причем скорость такого движения достигает 4 см/год, а для отдельных участков даже 10 см/год. В то же время, по существующим мобилистским построениям, Камчатка последние 10 млн.лет смещается к северу со скоростью около 1 см/год [8]. Выход из этого противоречия можно искать в представлениях о значительных горизонтальных перемещениях самих горячих точек, как это обычно сейчас делается [32]. Однако нам это кажется маловероятным.

Можно, по-видимому, объяснить описанные выше явления и с других позиций. В частности, с точки зрения о тектонической расслоенности литосферы Камчатки [10, 25]. А.И. Кожурин [10], основываясь на сейсмологических данных, считает возможным разделить земную кору Камчатки на "хрупкий" и "пластичный" этажи, предполагая, что в нижних горизонтах литосферы здесь происходит горизонтальное перемещение, течение вещества, находящегося в близком к пластическому состоянию. При этом верхнекоровая хрупко деформирующаяся пластина отстает в своем движении от нижних слоев. Такие дифференцированные перемещения могут, по-видимому, объяснить не только миграцию центров вулканизма в вулканических зонах, но и уменьшение размеров изометричных структур, отражающих их на поверхности, обусловленное подъемом очагов в коре. Находит объяснение и то, почему голоценовый базальтовый вулканизм не испытывает, как правило, подобной миграции - он связан непосредственно с мантийными источниками магмы в областях ее генерации. В то же время, по данным А.И. Кожурина [10], перемещение вещества мантии в недрах Камчатки осуществляется главным образом в западном направлении, что не согласуется с приведенными выше данными. Затруднительно с этих позиций также объяснить миграцию вулканизма, связанного с активностью коровых магматических очагов (экстрезий, мелких вулканов, имеющих "кислый" состав продуктов).

Эти факты заставляют нас рассмотреть еще одну возможную причину описанных выше закономерностей — горизонтальное перемещение магмы, происходящее в зонах глубинных разломов. И.В. Мелекесцев [17] в рамках предложенной им вихревой вулканической гипотезы показал, что в условиях вращающейся Земли подъем вещества к поверхности должен происходить, в соответствии с законом Кориолиса, по восходящей, расширяющейся кверху спирали и в северном полушарии образовывать "вихри", закручивающиеся против часовой стрелки, т.е. в пределах Курило-Камчатской вулканической дуги магма должна при подъеме отклоняться к северо-востоку. Согласно [24], выплавление магмы в недрах Камчатки происходит на глубинах 100—200 км, откуда она под действием гидростатических сил поднимается к поверхности. Подъем магмы происходит в основном в эпохи тектономагматических активизаций [26]. Неоднородности строения земной коры приводят к тому, что магма, поднимаясь из области магмогенерации, которая в общем, по-видимому, параллельна Курило-Камчатской островной дуге, в условиях коры разбивается на отдельные линзы и колонны, отчего вулканическая деятельность на поверхности проявляется неравномерно, на отдельных, часто обособленных, участках. Большую роль в поверхностном контроле вулканизма в связи с этим играют разломы, пересекающие земную кору. На Камчатке выделяется множество таких разломов, образующих в целом сеть, близкую к сети планетарной трещиноватости [1]. Наиболее близкими к простиранию Курило-Камчатской островной дуги (а значит, и к простиранию области магмогенерации) являются разломы северо-восточного простирания. Они же в силу этого служат наиболее благоприятными каналами для поднимающихся магм. Ясно, что такие разломы используются магмой лишь на отрезках, расположенных над областями магмогенеза. С удалением от них разломы теряют магмоконтролирующую роль. В то же время она переходит к соседним разломам, расположенным далее вдоль простирания этих областей. Разломы других направлений (северо-западные, широтные, меридиональные), в силу того что их простирание сильнее отличается от вероятного простирания областей магмогенерации, используются меньше, на более коротких отрезках. Таким образом, основное отличие разломов, вдоль которых концентрируются гидротермальные системы, заключается в том, что они выступают как магмоконтролирующие на наиболее протяженных участках.

Изложенные представления позволяют рассматривать закономерности, описанные в предыдущих главах, как особенность, присущую главным образом таким зонам разломов северо-восточного простирания. По-видимому, в этих зонах создаются наиболее благоприятные условия для подъема и вследствие указанных выше причин постепенного горизонтального смещения магмы. В то же время, как отмечалось, смещение магмы со временем к северо-востоку характерно не только для зон разломов

в целом, но и для отдельных вулканических центров или вулканических построек (см. рис. 3, 5). Его также можно предполагать на основании постепенного омоложения и выклинивания к северо-востоку зон новейших разрывных нарушений (зон растяжения) (см. рис. 4). Все это склоняет нас к выводу, что причину описанных выше явлений надо искать в силах, действующих непосредственно на магму, независимо от того, на каком уровне и в каких условиях она находится. Такие структуры, как крупные зоны разломов северо-восточного простирания, способствуют, по-видимому, перемещению магмы в горизонтальном направлении, и поэтому признаки такого перемещения на поверхности над этими зонами разломов мы видим наиболее ярко.

Заключение

Рассматривая расположение современных гидротермальных систем в пределах выделенных зон разломов, мы видим, что они тяготеют к отдельным вулканическим центрам и мощность их находится в прямой зависимости от возраста этих центров. Самые мощные высокотемпературные гидротермальные системы Камчатки связаны

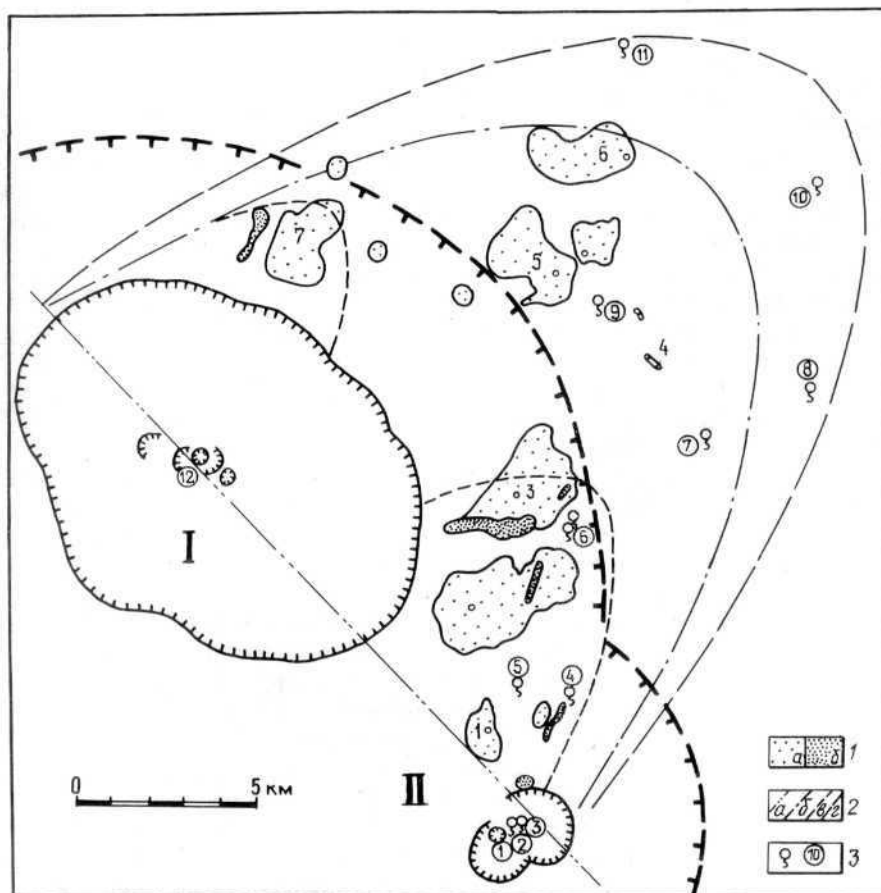


Рис. 6. Схема расположения средне-верхнечетвертичных экструзий и термопроявлений Мутновского геотермального района. I — вулкан Горелый, II — вулкан Мутновский. 1 — комплекс средне-верхнечетвертичных экструзий: а - ранней фазы, б - поздней фазы (1 - Пальчик, 2 - Двугорбая, 3 - Скалистая, 4 - Длинная, 5 - Каменная, 6 - Вилочка, 7 - Плоская); 2 - осевая линия вулканических построек (а), границы сектора, в пределах которого развиты: средне-верхнечетвертичные экструзии (б), позднечетвертичные экструзии (в), современные термальные поля и источники (г); 3 - термальные поля и источники (1 - Активная воронка, 2 - Донное поле, 3 - Верхнее поле, 4, 5 - Северо-Мутновское поле (Западная и Восточная группы), 6 - Дачные, 7 - Перевальные, 8 - Войновские, 9 - Верхнежировские, 10 - Нижнежировские, 11 - Вилочикские, 12 - активный кратер и фумаролы вулкана Горелый)

с центрами, заложившимися или проявившимися наибольшую активность в средне-верхнечетвертичное время (см. рис. 2 [14]). Это такие системы, как Семячикская, Кальдеры Узон и Долины Гейзеров на Восточной Камчатке, Киреунская и Двухьюрточная в Срединном хребте, Северо-Мутновская и Жировская на Южной Камчатке. Все эти системы расположены в северо-восточной части рассмотренных выше участков, т.е. тяготеют к северо-восточным окончаниям описанных зон разломов.

В расположении термопроявлений в пределах перечисленных гидротермальных систем также можно заметить некоторые закономерности. Подобно тому как средне-верхнечетвертичные вулканические образования тяготеют к северо-восточным склонам более древних построек, так и области распространения термопроявлений приурочены обычно к северо-восточным склонам вулканических центров, с которыми они связаны. Это отчетливо видно на рис. 6, на примере Мутновского геотермального района. Средне-верхнечетвертичные экструзии и современные термопроявления распространены здесь на довольно большой площади, но исключительно к северо-востоку от вулканов Горелый и Мутновский. На юго-западных склонах этих вулканов ни те ни другие не известны. Аналогично этому на Срединном хребте термопроявления Киреунской и Двухьюрточной гидротермальных систем расположены к северо-востоку от вулканического массива Алней-Чашаконджа. В районе других гидротермальных систем (Долины Гейзеров, Кальдеры Узон, Семячикской) в расположении современных термопроявлений существенная роль принадлежит крупным поперечным разломам [14]. Но и здесь мы обнаружим, что термопроявления несколько смещены к востоку и северо-востоку относительно центра вмещающих их структур. Эти закономерности, по-видимому, могут быть использованы при планировании разведочных и буровых работ на конкретных геотермальных месторождениях Камчатки.

В заключение сформулируем основные выводы.

1. Подтверждая высказываемое со времен А.Н. Заварицкого положение о приуроченности вулканов и современных гидротерм на Камчатке к разломам северо-восточного простирания, мы считаем, что в структурном контроле современных гидротермальных систем основную роль играют три разлома, расположенные на Южной Камчатке, на Восточной Камчатке и в центральной части Срединного хребта Камчатки.

2. Вдоль выделенных разломов с юго-запада на северо-восток прослеживаются общее "омоложение" пород, уменьшение диаметра купольно-кольцевых структур, выклинивание зон новейших разрывных нарушений, возрастание естественных ресурсов тепла, аккумулированного горными породами известных гидротермальных систем.

3. В пределах вулканических центров, расположенных в зонах разломов северо-восточного простирания, в плиоцен-четвертичное время прослеживается последовательное смещение проявлений вулканической деятельности в северо-восточном направлении. С этим согласуется и распределение современных термопроявлений, обычно приуроченных к северо-восточным склонам таких структур.

4. В настоящее время нет удовлетворительного объяснения выявленным и описанным выше закономерностям. Наиболее вероятным кажется последовательное смещение к северо-востоку поднимающейся магмы. Разломы северо-восточного простирания при этом играют роль наиболее удобных магмо- и флюидопроводников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андиева Т.А., Супруненко О.И. Разломная тектоника Камчатки и сопредельных акваторий // Строение, история развития и проблемы нефтегазоносности акваторий: Тр. ВНИГРИ. Ленинград, 1975. Вып. 367. С. 100-114.
2. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Эрлих Э.Н. Новейшая вулканическая деятельность // Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Наука, 1974. С. 369-394.
3. Власов Г.М. Типы минеральных вод вулканических районов и их генезис // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. 31. С. 352-358.
4. Власов Г.М., Святловский А.Е. Молодые наложенные вулканические пояса // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. 31. С. 443-448.
5. Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). М.: Недра, 1980. 300 с.

6. Геологическая карта Камчатской области. Масштаб 1 :1500 000 / Под ред. Г.М. Власова, 1976.
7. *Егоров О.Н.* Центры эндогенной активности (вулканические системы). М.: Наука, 1984. 166 с.
8. *Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А.* Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311с.
9. *Кожмяка Н.Н., Литасов Н.Е., Важеевская А.А.* Асачинская группа вулканов на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1984. № 3. С. 14-24.
10. *Кожурин А.И.* Тектоническая расслоенность литосферы Центральной Камчатки // Неотектоника и современная геодинамика подвижных поясов. М.: Наука, 1988. С. 107-115.
11. *Леглер В.А.* Новейшие разломы и горизонтальные тектонические движения Восточной Камчатки: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Хабаровск, 1978. 16 с.
12. *Леонов В.Л.* Разрывные нарушения района Узонско-Гейзерной депрессии // Вулканология и сейсмология. 1982. № 4. С. 78-83.
13. *Леонов В.Л.* Методика и результаты крупномасштабного геокартирования // Геотермические и геохимические исследования высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1986. С. 41-62.
14. *Леонов В.Л.* Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М.: Наука, 1989. 104 с.
15. *Лонищак Е.А.* Ряды вулканотектонических структур и структурно-вещественные парагенезисы Южно-Камчатского района // Бюл. вулканол. станций. 1979. № 57. С. 79-91.
16. *Масуренков Ю.П., Комкова Л.А.* Геодинамика и рудообразование в купольно-кольцевой структуре. М.: Наука, 1978. 280 с.
17. *Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы ее применения // Проблемы глубинного магматизма. М.: Наука, 1979. С. 125-155.
18. *Огородов Н.В.* Каталог вулканов // Вулканы и четвертичный вулканизм Срединного хребта Камчатки. М.:Наука, 1972. С. 119-185.
19. *Оточкин В.В.* Анализ структуры Верхнеинчинского узла длительной эндогенной активности на основе дистанционных методов // Вулканические пояса Камчатки: Тез. докл. Петропавловск-Камчатский, 1979. С. 69-72.
20. Очерки тектонического развития Камчатки. М.: Наука, 1987. 248 с.
21. *Селянин О.Б.* Петрогенезис базальт-дацитової серии в связи с эволюцией вулканоструктур. М.: Наука, 1987. 148 с.
22. *Стефанов Ю.М., Широкий Б.И.* Металлогения верхнего структурного этажа Камчатки. М.: Наука, 1980. 104 с.
23. *Сугробов В.М.* Геотермальные ресурсы Камчатки, классификация и прогнозная оценка // Изучение и использование геотермальных ресурсов в вулканических областях. М.: Наука, 1979. С. 26-35.
24. *Федоте С.А.* О связи вулканов с тихоокеанским фокальным слоем, механизме подъема магм и возможном положении мантийных областей питания вулканов // Геодинамика, магмообразование и вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974. С. 9-20.
25. *Флоренский И.В., Трифонов В.Г.* Новейшая тектоника и вулканизм Восточной вулканической зоны Камчатки // Геотектоника. 1985. № 4. С. 78-87.
26. *Шанцер А.Е., Краевая Т.С.* Формационные ряды наземного вулканического пояса (на примере позднего кайнозоя Камчатки) . М.: Наука, 1980. 164 с.
27. *Эрлих Э.Н.* Новые данные о вулканотектонических структурах Камчатки и вопросы развития четвертичного вулканизма // Геотектоника. 1966. № 6. С. 48-63.
28. *Эрлих Э.Н., Брайцева О.А., Богоявленская Г.Е.* Геологическая история и вулканизм Узонско-Гейзерной депрессии и сравнение ее со смежными вулканотектоническими депрессиями Восточной Камчатки // Вулканизм, гидротермальный процесс и рудообразование. М.: Недра, 1974. С. 60-69.
29. *Clague DA., Darymple CB.* The Hawaiian-Emperoi volcanic hain. Part 1. Geologic Evolution // Volcanism in Hawaii. Chapter 1. U.S. Geological Survey prof, paper. 1350. U.S. Government printing office, Wash., 1987. P. 5-54.
30. *McLaughlin R.J.* Tectonic setting of pre-Tertiary rocks and its relation to geothermal resources in the Geysers-Clear Lake area // Research in the Geysers-Clear Lake geothermal area, Northern California. U.S. Geological Survey prof, paper 1141, U.S. Government printing office, Wash., 1981.
- ZX. *Newhall C.C.* Geology of the Lake Atitlan region, western Guatemala // J. Volcanol. Geotherm. Res. 1987. No. 33. P. 23-25.
32. *Smith R.L., Luedke R.G.* Potentially active volcanic Lineaments and Locs in Western Conterminous United States //• Explosive volcanism: Inception, Evolution and Hazards. Wash.: D.C. National Academy Press, 1984. P. 47-66.