

М. М. ВАСИЛЕВСКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КЛАССЫ ОРБИТАЛЬНЫХ
ОРТОТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР ТИХООКЕАНСКОГО
РЕГИОНА И ВОПРОСЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ
ТИХООКЕАНСКИХ ОКРАИН

СТРУКТУРНЫЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА
В ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОЯСАХ, ВУЛКАНОГЕННО-РУДНЫХ ЦЕНТРАХ,
РУДНЫХ УЗЛАХ И ПОЛЯХ

Состояние изученности структур, образованных вулcano-плутоническими формациями, и внутреннего строения региональных вулканических поясов позволяет считать установленными их следующие характерные признаки.

1. Широкое развитие в пределах таких поясов долгоживущих положительных (купольно-кольцевых) и отрицательных (депрессий) тектоно—магматических структур с центральной симметрией. Эти крупные (до 100 км в поперечнике) структурные элементы, приуроченные к долгоживущим региональным зонам проницаемости и локализованные нередко (хотя и необязательно) не пересечении этих зон поперечными и диагональными нарушениями, и составляют в своей совокупности протяженные планетарные вулканические пояса. Отмеченная закономерность является всеобщей. В пределах тихоокеанских вулканических поясов она отмечалась для Центрально-Камчатского, Восточно—Камчатского, Курильского и Японского поясов М.М. Василевским, Ю.И. Харченко и др. (1974, 1976), Охотско-Чукотского и Приморского - В.Ф. Белым (1970) и Г.М. Фремдом (1974), Аргентинского и Чилийского - У. Столлом (Stoll, 1964, 1965) и многими другими.

Составляющие вулканический пояс долгоживущие тектоно—магматические структуры, часто увенчанные в пределах верхнего структурного этажа современными вулканами или кальдерами, выделяются как долгоживущие вулканогенно—рудные центры и представляют собою рудные районы. Правда, эти качества присущи главным образом "прерывистым" вулканогенным зонам (Василевский, Яковлев, 1976), в пределах которых четко проявляется вертикальный вектор тектонических движений, свойственных орогенной стадии развития складчатых областей.

2. В свою очередь крупные вулканогенно—рудные центры образованы совокупностью многих кольцевых неоднородностей более низкого порядка и различных размерных классов. Среди них широко известны, например, кольцевые магматические комплексы, образующие структурные элементы до 30—35 км в поперечнике. Самой характерной чертой размещения этих структурных неоднородностей центрального типа являются орбитальные соотношения. Более мелкие кольцевые неоднородности размещаются на окружностях (дуговых и кольцевых элементах) более крупных структур, как на орбитах, образуя в совокупности структуру электронных орбит. Равным образом и крупные сообщества неоднородностей более низких размерных классов размещаются, как на орбитах, на дугах неоднородностей больших радиусов. Соподчиненность подобного рода иллюстрируется структурными схемами различных масштабов для одного из вулканогенно-рудных центров Корякского нагорья в

целом (рис. 1, 2) и для отдельных его рудных узлов и полей (рис. 3, см. вкл.)

На схеме структурных неоднородностей только одной исследованной в 1975 г. Таловской купольно-кольцевой структуры, представляющей собою монтаж из дешифрированных аэрофотоснимков, показано более 4000 элементарных неоднородностей центрального (в идеале кольцевого) типа (рис. 3). Плотность неоднородностей на единицу площади различна для различных участков общей структуры. Методами "скользящего среднего" и прямого подсчета плотности получена количественная картина распределения плотностей центров элементарных неоднородностей по серии произвольно выбранных профилей, которая характеризует с этой точки зрения всю площадь в целом (рис. 4, см. вкл.). На этих схемах видно, что элементарные неоднородности образуют пространственные совокупности или сообщества, характеризующиеся повышенной плотностью и разделенные между собою областями или зонами разрядки этой плотности.

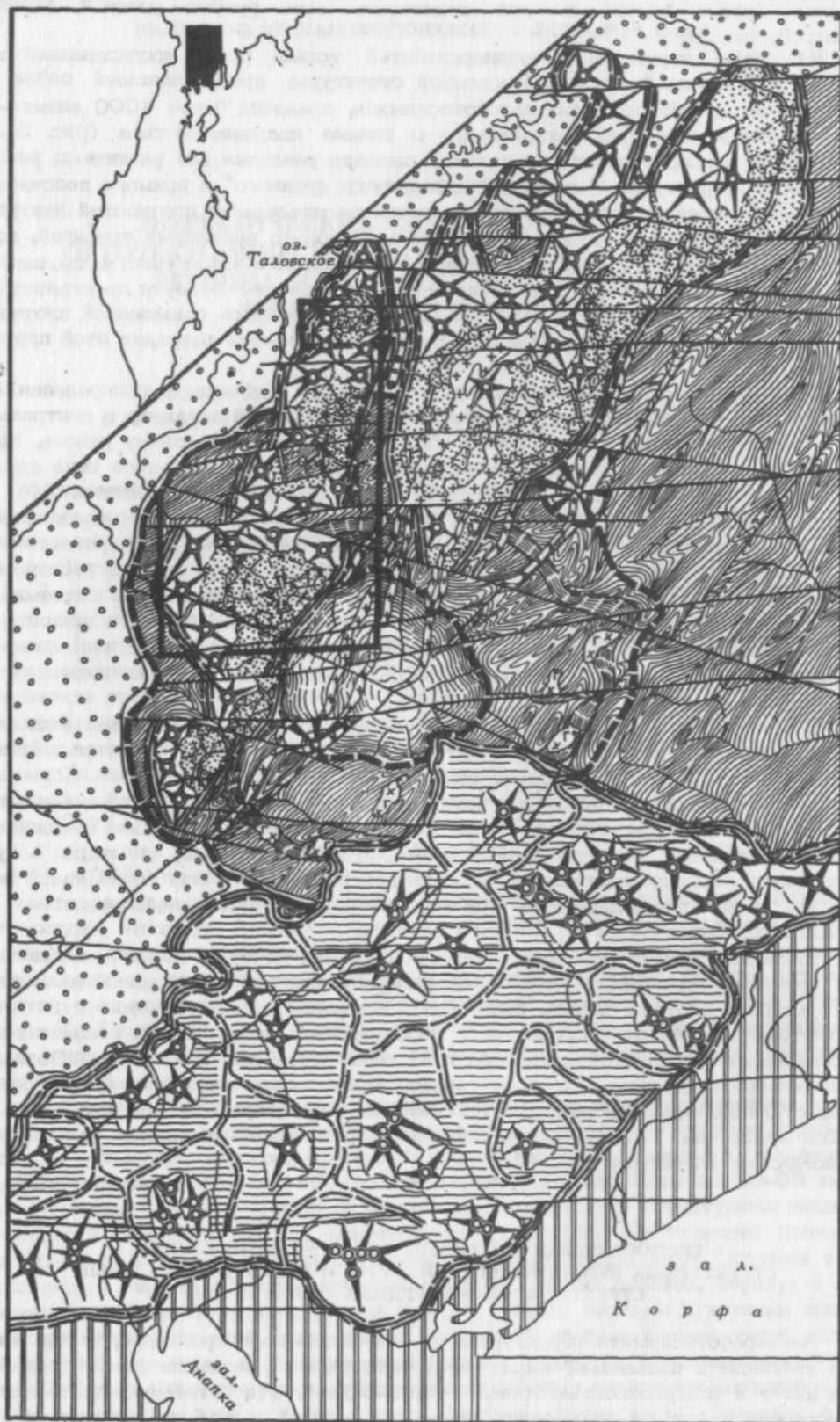
Обращает на себя внимание следующая важная особенность распределения. Пространственные совокупности также имеют кольцевой характер и центральную симметрию. Все это позволило построить структурную схему района, приведенную на рис. 5. Природа границ неоднородностей центрального типа самых различных размерных классов устанавливается достаточно однозначно. Это прежде всего зоны проницаемости (дуговые, кольцевые, концентрические, радиально-концентрические и т.д.). Зоны разрядки плотностей неоднородности характеризуют тектонические элементы (нарушения) определенного геодинамического режима - это зоны растяжения. К этим зонам приурочена система даек и кварцевых жил, подчеркивающих общую концентрическую зональность Таловской структуры в целом. Мы еще столкнемся ниже с аналогичными явлениями при анализе структурных неоднородностей более высоких и высших размерных классов.

Справедливость структурного плана района, полученного из анализа плотностей неоднородностей, подтверждается анализом "линейных" трещинных физических неоднородностей, сводная схема которых показана на рис. 6. Хорошо видно, что трещинные элементы неоднородностей образуют пространственные совокупности, соответствующие тем, которые вытекают из анализа неоднородностей кольцевых. Из приведенных примеров наглядно видно, что линии - суть лишь дуги больших радиусов. С аналогичной ситуацией в еще более яркой форме мы также столкнемся ниже при анализе совокупностей неоднородностей высших классов.

Насколько объективна информация, получаемая методом анализа кольцевых и "линейных" трещинных неоднородностей, и насколько объективной является структурная картина района, вытекающая из такого анализа, можно судить, сравнивая полученные результаты с независимыми результатами геофизических исследований (наземная магнитная и аэромагнитная съемка). По В.А. Волкову, аномальное магнитное поле представлено несколькими концентрическими зонами, отличающимися по знаку, интенсивности и некоторым другим специфическим признакам. Каждая из зон отвечает определенным разностям пород вулканической структуры (рис. 7).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ. ОРТО- И ГИДРОКОНФОКАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ. ФОРМЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И ТЕЛ

На аэрофотоснимках структурные и физические неоднородности, в том числе линейные и кольцевые, выражаются фототонами и интенсивностью проработки цвета и контрастностью границ "черно-белое". Эти интенсивность и контрастность имеют множественную природу - разницу в альbedo граничащих по-



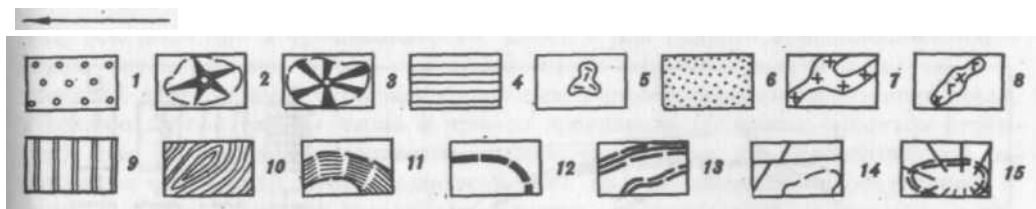


Рис. 1. Схематическая геологическая карта вулканогенно—рудных центров Камчатского перешейка

1 - рыхлые четвертичные отложения; 2 - вулканокупольные структуры верхнего структурного этажа; 3 - ортоконфокальные структуры среднего структурного этажа; 4 - вулканогенно—осадочные образования верхнего структурного этажа; 5 - субвулканические интрузии среднего структурного этажа (P_3); 6 - покровные вулканогенные образования среднего структурного этажа; 7-8 - интрузивы: 7 - среднего этажа; 8 - нижнего этажа (K_2-P_1); 9 - геосинклинальные формации среднего структурного этажа; 10 - геосинклинальные образования нижнего структурного этажа (K_2-P_1); 11 - зоны повышенной проницаемости нижнего структурного этажа; 12 - тектонически ослабленные кольцевые зоны повышенной трещиноватости; 13 - разломы сбросового типа, ограничивающие: а - вулканотектонические депрессии; б - кальдеры вулканов внутри депрессий; 14 - разломы: а - сдвигового типа; б - кольцевые, ограничивающие вулканокупольные структуры; 15 - растяжения, образовавшиеся радиально-концентрические тектоно-магматические каркасы структур

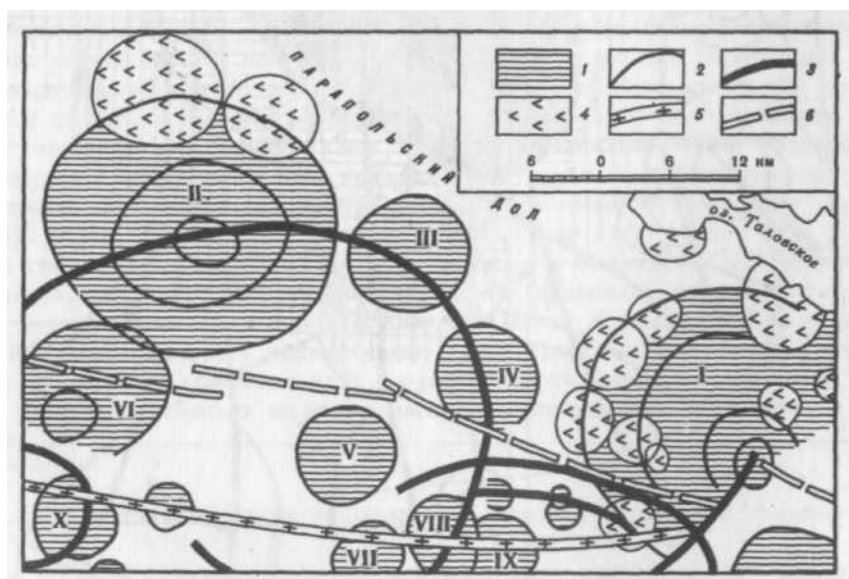
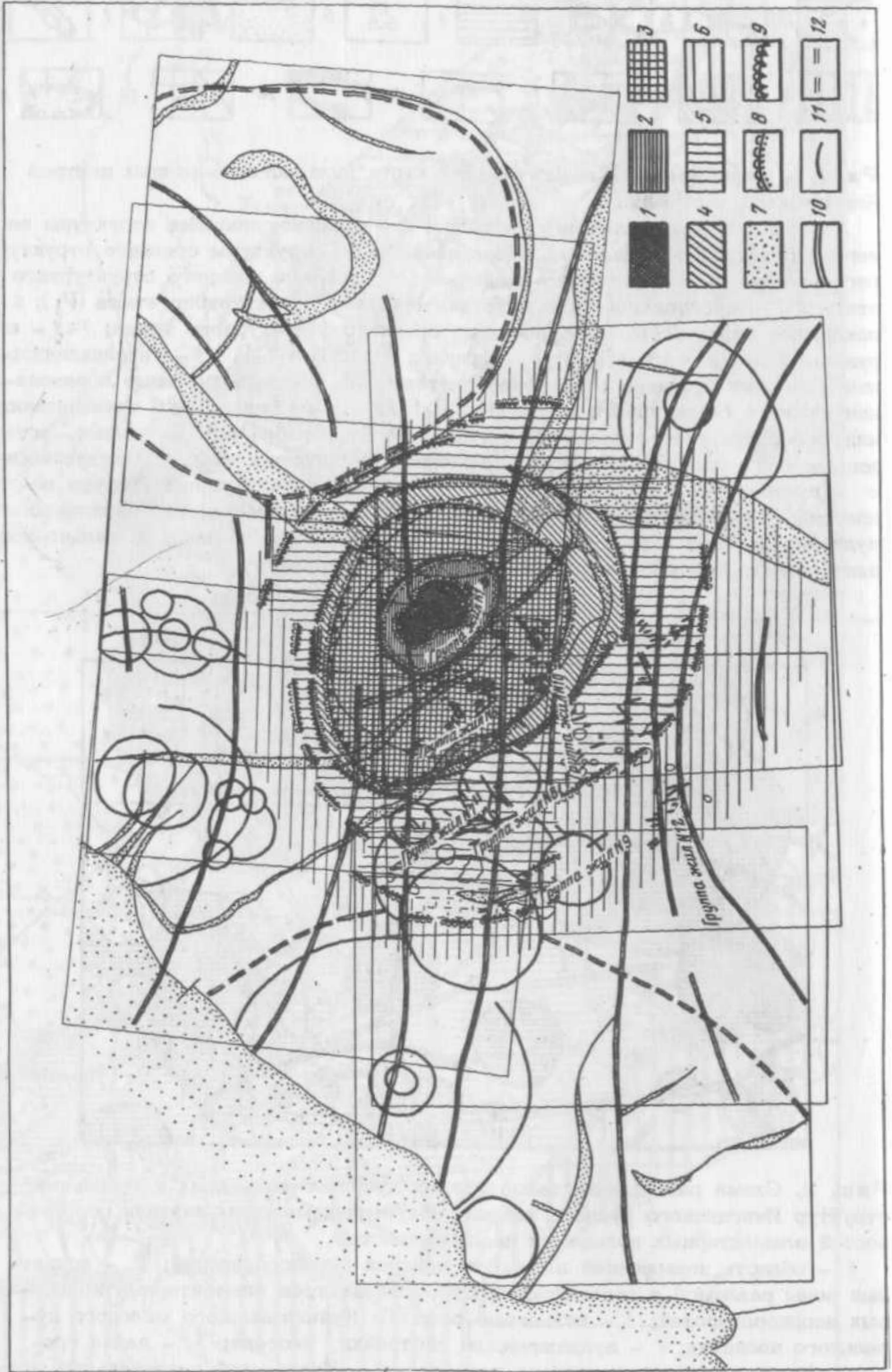


Рис. 2. Схема размещения палеогеновых купольно—кольцевых и купольных структур Ичигинского рудного района, полученная методом анализа совокупностей элементарных кольцевых неоднородностей

1 - область повышенной плотности центров неоднородностей; 2 - кольцевые зоны разломов с пониженной плотностью центров элементарных кольцевых неоднородностей; 3 - кольцевые разломы Куйвиваямского мелового купольного поднятия; 4 - вулканические постройки неогена; 5 - дайка гранитпорфиров позднепалеогенового возраста; 6 - Ичигинский региональный разлом (Камчатского направления)



род, зон разломов и трещиноватости, полей и зон гидротермально-измененных пород, ингенсивности и типе растительности в зонах нарушений и вне их, в пределах интрузивных, стратифицированных, гидротермально-измененных пород и многое другое (в том числе и прямое проявление объемных эффектов структур). Нас интересует, естественно, именно физическое, т.е. геологическое содержание выявленных неоднородностей. Уже из приведенного сопоставления крупных результирующих кольцевых структур, составляющих, к примеру, в совокупности структуру Таловскую, полученных при анализе структурных неоднородностей и по данным наземной магнитной съемки, можно сделать вывод о вещественной природе этих неоднородностей и тектоническом контроле размещения их совокупностей в пространстве. Сочетания неоднородностей и их совокупностей позволяют выделить в пределах исследованного района четыре типа структур, представляющих одновременно четыре класса по размерности:

1) гидроконфокальные, 2) ортоконфокальные, 3) купольные, 4) купольно-кольцевые.

1. Гидроконфокальные структуры представляют собою конические в разрезах штокверки кварцевых жил и прожилков. Конфокальный характер этих структур, т.е. образованный по внешнему обрамлению направляющими опрокинутого конуса, устанавливается разбуриванием и геофизическими (электроразведка) исследованиями. В плане гидроконфокальные структуры выражены кольцевыми неоднородностями, в пределах которых наблюдается сложная система взаимопересекающихся жил и прожилков, секущих интенсивно гидротермально-измененные породы.

Очень характерным является здесь наличие весьма своеобразных брекчий. Отсутствие следов перемещения обломков исходной породы — главная черта этих брекчий, к какому бы классу крупности ни принадлежали эти обломки. Нередко можно видеть, что форма исходного блока породы может быть как бы "реставрирована" сближением мелких и мельчайших обломков путем удаления жильной кварцевой массы, цементирующей их. Такие брекчии известны в мировой геологической практике как брекчии физико химического гидротермального взрыва, хотя вопрос этот не нашел еще сколько-нибудь полного решения в связи со сложностью физической стороны проблемы (Вруннер, 1961; Иванкин; 1966). Л. Дж.Маффлер, Д.Е. Уайт и А.Х. Трасделл (1974) считают, на примерах гидротермальных взрывных кратеров в Йеллоустонском Национальном парке, что такие взрывы могут быть инициированы резким падением давления в гидротермальной системе. Они описывают весьма сходные структуры брекчий таких взрывов и подчеркивают характерную их особенность, состоящую в цементации обломков этих брекчий гидротермальным кварцем с сульфидами. При исследованиях на эпитептермальных месторождениях Камчатки в 1975 г.

Рис. 5. Структурная схема рудоносной Таловской купольно-кольцевой структуры

1 - область сгущения неоднородностей в ядре структуры; 2 - область (зона) пониженной плотности неоднородностей в ядре структуры; 3 — сгущение неоднородностей в зоне развития гидротермальных рудоконтролирующих и рудовмещающих диатрем; 4 - область пониженной плотности неоднородностей; сгущение неоднородностей в области периферийных рудных полей; 6 - периферия купольнокольцевой структуры с малой плотностью неоднородностей; 7 - зона разломов речных долин; 8 - границы центрального рудного участка; 9 - границы главных металлогенических зон; 10 - разломы раннепалеогеновых купольных поднятий; 11- кольцевые структурные разломные неоднородности неогеновых купольных вулканов; 12— границы отрицательной редкометальной структуры

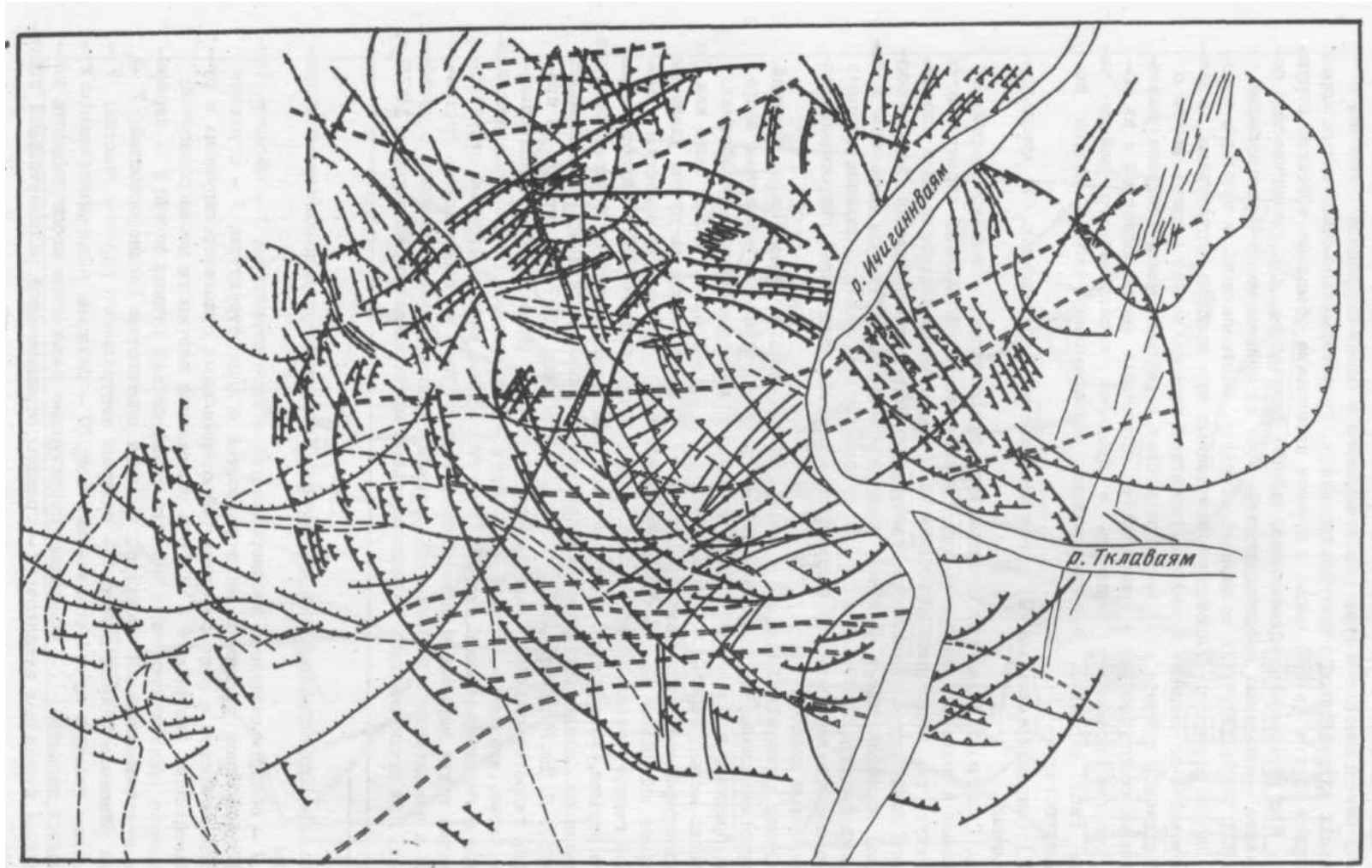
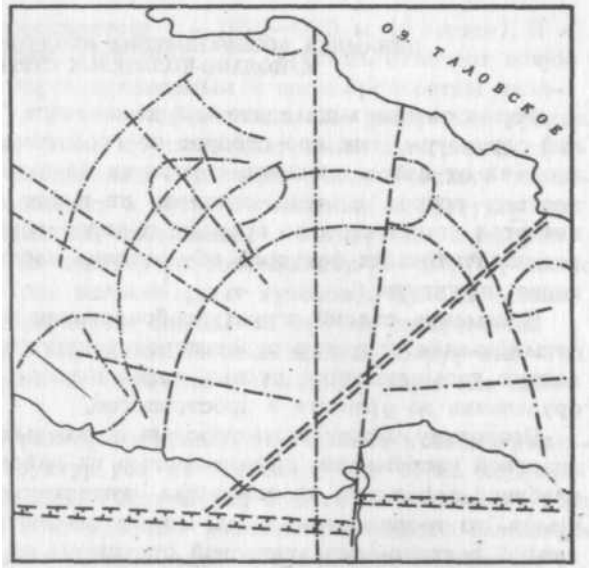


Рис. 6. Генерализованная схема мегатрещиноватости Таловской купольно-кольцевой структуры

Рис. 7. Структурная схема Таловского района по геофизическим данным (по В.А.Волкову)



(Прогнозная оценка ..., 1977) мы впервые выделили структуры, в которых радиально-концентрическая и штокверковая системы трещин и трещиноватости залечены продуктами деятельности гидротермальных растворов, метаморфизовавших вмещающие породы, как гидроконфокальные или структуры гидротермальных диаграмм.

2. Ортоконфокальные структуры подобны гидроконфокальным, однако кольцевые, концентрические и радиальные нарушения в них залечены магматическим материалом. Это структуры с магматическим каркасом, сплошным или прерывистым. Наиболее типичными представителями структур подобного рода являются системы конических даек, многие интрузивные кольцевые комплексы. В исследованном районе (см. рис.1) наблюдались структуры как с прерывистым каркасом, образованным штоками субвулканических дацитов, так и с непрерывным радиально-концентрическим из гранитпорфировых кольцевых и радиальных даек (Прогнозная оценка..., 1977). Размеры ортоконфокальных структур в плане колеблются от 1500 м до нескольких десятков километров.

3. Купольные структуры, как правило, хорошо выраженные в рельефе, выделяются как пространственные совокупности неоднородностей 1-го и 2-го классов, т.е. гидроконфокальных и ортоконфокальных структур, также характеризующихся центральной симметрией. В ядрах куполов обычно обнажаются штоки интрузий (дацитов) субвулканической фации глубинности, также фиксируемые на поверхности кольцевыми неоднородностями. Сам рельеф куполов во многом определяется, по-видимому, значительным разуплотнением блоков пород в областях интенсивного трещинообразования при формировании неоднородностей 1-го и 2-го классов. Наиболее распространенный поперечный размер элементарных куполов в исследованном районе ~5 км (см. рис. 1, 2).

4. Купольно-кольцевые структуры являются наиболее крупными структурными элементами вулканогенно-рудного центра. Типичным примером является сама Таловская тектоно-магматическая структура в целом. Как видно из приведенных выше элементарных схем, они представляют собою совокупность концентрически расположенных купольных структур, насаженных на кольцевые концентрические орбиты - зоны проницаемости, разломы. Ядерная часть купольно-кольцевой структуры представлена наиболее древним и глубоко эродированным куполом, в котором обнажаются наиболее основные и глубинные интрузивные образования — кварцевые диориты района.

Внешние кольца образованы последовательно все более молбдыми куполами, вплоть до системы купольных андезитовых вулканов неогенового возраста на самой внешней орбите. Поперечник купольно-кольцевых структур достигает 25-60 км.

ДИНАМИКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ И РАЗВИТИЯ КУПОЛЬНО-КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР В ЦЕЛОМ

Формирование магматических комплексов Таловской тектоно—магматической структуры, как это следует из геологического анализа, развернуто во времени от низов среднего, олигоцена до нижнего неогена включительно. Естественен вопрос о том, меняется ли и как структурный контроль размещения этих комплексов во времени и действием каких и в какое время действо-вавших глубинных факторов обусловлена наблюдаемая конечная купольно-кольцевая структура.

Понимание стадий структурообразования и определение места и времени формирования структур рудоконтролирующих и рудоносных определяет естественную геометризацию рудных полей и узлов и закономерности проявления оруденения во времени и пространстве.

Поскольку между размерностью кольцевых физических неоднородностей, энергией напряжений, длительностью их действия до времени релаксации и глубиной заложения их источника существуют зависимости, известные, например, из теории взрыва, мы можем рассчитывать получить картину развития каждой тектоно—магматической структуры во времени путем анализа совокупностей неоднородностей по их размерным классам.

Выше было отмечено, что всего в пределах исследованной части Таловской структуры выделено более 4000 неоднородностей. Эта совокупность заключает в себе шесть классов размерности (разбивка на классы произвольная):

I в ср. - 50 м; II в ср. - 100 м; III в ср. - 200 м; IV в ср. - 400 м; V в ср. - 650 м; VI в ср. - 1500 м.

При этом I класс насчитывает 1437 неоднородностей, II - 1300, III - 797, IV - 303, V - 207, VI - 93. Распределение наиболее мелких кольцевых неоднородностей не показывает каких-либо закономерностей. Их небольшие размеры, свидетельствующие о малой глубине заложения причин, вызвавших их формирование, не позволяют отличать эндогенные структуры (несомненно присутствующие среди них) от экзогенных, ландшафтных.

При объединении неоднородностей I и II классов намечается тенденция к группировке неоднородностей в некоторые изометрические сообщества, фиксирующие более глубинные и ранние причины возникновения этих сообществ (совокупностей). Уже как бы "просвечивают" крупные купольные структуры. Это свидетельствует в пользу частичной, по крайней мере, эндогенности неоднородностей II класса.

Неоднородности III класса обнаруживают заметное гнездово—концентрическое распределение. Резко выражено лишь северо-восточное направление, отвечающее глубинным разломам Камчатской линеаментной системы. Совокупности неоднородностей отражают эндогенные процессы достаточно глубинного характера, присущие, по-видимому, в значительной своей части кровле крупных купольных структур. Многие из неоднородностей отвечают срезам гидро-конфокальных структур или гидротермальным диатремам рудных полей.

В еще большей мере все перечисленные выше признаки характерны для распределения неоднородностей IV класса. Нужно заметить, что этот класс неоднородностей является переходным. Был построен график распределения неоднородностей различных классов с учетом количества неоднородностей в классе (по средним размерам) в координатах - $\lg P - r^2$, где P-вероятность вхождения центров определенного радиуса в данный класс, $P = n/m$, n - количество неоднородностей в одном классе, m - суммарное количество центров, r - средний радиус неоднородности в классе. График (выпуклая ломаная линия) показывает, что показатели распределения неоднородностей I—IV классов лежат на одной прямой, равно как и IV—V и V—VI классов. Подобный характер распределения свидетельствует о наличии по крайней мере трех уровней глубинно-

сти генерации структурных неоднородностей: I - 350-400 м (и менее), II - 400-600 м и III - 600 м и глубже. При этом I уровень отвечает мало-глубинным, мелким эндогенным гидроконфокальным и неоднородностям экзогенного характера (ландшафтным), II - гидротермальным диаграммам рудных полей района и III — тем же, но более крупным диаграммам и глубоким средам ортоконфокальных структур. Сходимость с данными геологического анализа весьма удовлетворительная, поскольку к ортоконфокальным структурам при этом относятся крупные неоднородности, сравнимые по масштабам с масштабам куполов. Их "корни", исходя из известного соотношения $H=2R-3R$, можно определить глубиной 10 км (для элементарных куполов). Купольно-кольцевые структуры с гранитоидным каркасом исходя из тех же соображений имеют "корни" на глубинах 15—20 км, а андезитовые кольца вокруг них — на глубинах 35—50 км, что соответствует строению и мощности коры для данного района.

По преимуществу купольный характер распределения присущ и неоднородностям V и VI классов. Масштаб структур уже не позволяет для столь незначительной площади, как площадь Таловской структуры, судить о "линейном" контроле в размещении куполов, хотя долгоживущие разломы глубинного заложения северо-восточного и северо-западного направлений все-таки "просвечивают".

Таким образом, развитие Таловской тектоно-магматической купольно-кольцевой структуры представляется как прерывистая последовательность возникновения и развития купольных, ортоконфокальных, а затем и гидроконфокальных структур. Глубины генерации этих структур во времени последовательно (и также прерывисто) к концу олигоцена уменьшаются, равно как и размеры структур. К началу неогена проявляется уже определенная консолидированность Ичигин—Уннэйваемского геоблока. Неогеновый магматизм снова контролируется разломами глубинного заложения питания.

МЕСТО ТАЛОВСКОЙ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ СТРУКТУР КОРЯКСКОГО ВУЛКАНОГЕННО-РУДНОГО ЦЕНТРА

Методом выделения и анализа распределения структурных неоднородностей различных классов крупности был проведен анализ пространственного размещения совокупностей этих неоднородностей для площади ~1600 км² (-47000 неоднородностей) (см. рис.2). На этой схеме отчетливо выделяется крупная, аналогичная Таловской, Кулюльская купольно-кольцевая структура [см. рис. 2, II). Крупная купольная структура выделяется к северу от Кулюльской (см. рис. 2, III). На той же орбите (кольцевой зоне разломов) размещается и сравнимая по типу и масштабам купольная структура IV. В равном структурном положении находятся также участки IV, V, VI, VII, VIII, IX, X. Для них также характерна повышенная плотность кольцевых и линейных неоднородностей — диаграмм и трещиноватости.

МЕСТО ВУЛКАНОГЕННО-РУДНЫХ ЦЕНТРОВ В СИСТЕМЕ СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ТИХОГО ОКЕАНА И ПРИТИХООКЕАНСКИХ ОКРАИН

Мы рассмотрели шесть размерных классов структурных неоднородностей образуемые ими сообщества, соответствующие гидротермальным диаграммам (гидроконфокальные структуры), кольцевым магматическим комплексам (ортоконфокальные структуры), куполам и купольно-кольцевым структурам. При этом сами купольно-кольцевые структуры - это уже структуры VII класса, а объединяющая их совокупность - вулканогенно-рудный центр - структура VIII класса.

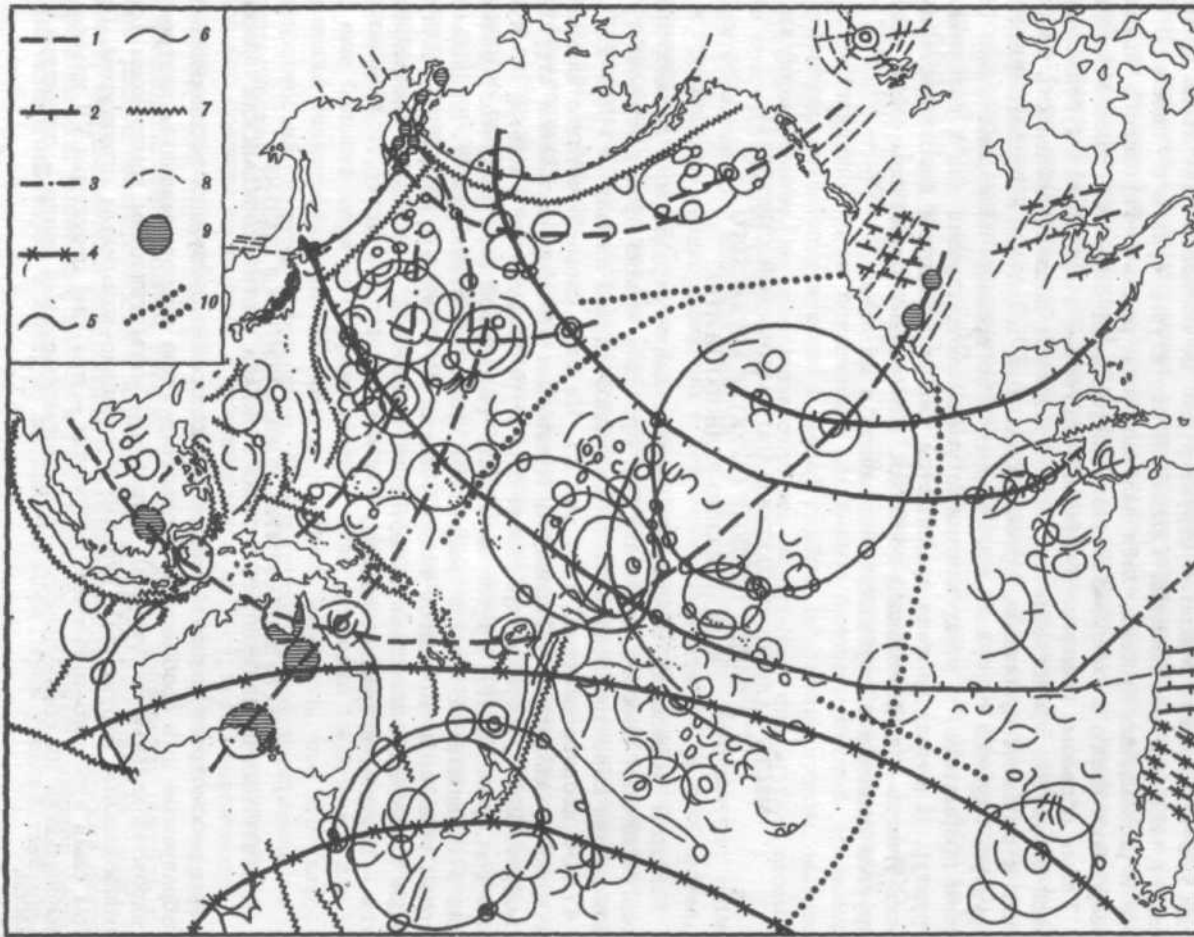


Рис. 8. Структурная схема Тихого океана и Тихоокеанских окраин (структуры VIII, IX, X классов)

Структуры X класса: 1 - дуговые линеаменты (зоны проницаемости) арктического радиуса; 2 - дуговые линеаменты канадского радиуса; 3 - дуговые линеаменты сибирского радиуса; 4 - дуговые линеаменты антарктического радиуса; структуры IX класса: 5 - внешние зоны проницаемости, объединяющие сообщества структур VIII класса или являющиеся для них орбитами; структуры VIII класса: 6 - кольцевые структуры ложа океана; 7 - некоторые глубоководные желоба; 8 - область пересечения Восточно-Тихоокеанского поднятия подводным вулканическим хребтом (в этой части подводных вулканов не обнаружено); 9 - вулканогенно-рудные центры и крупные купольные структуры или депрессии; 10 - области (зоны) пониженной плотности центров кольцевых оротектонических структур

Система Камчатских вулканогенно-рудных центров, т.е. система структур VIII класса, размещается, как на орбитах, на дуговых Камчатских линейментах (Василевский и др., 1975, 1976), которые в этом случае выступают как часть структур еще более высокого, IX класса.

Рассмотрим закономерности размещения в пространстве структур подобного рода и их возможную природу. С этой целью мы воспользовались схемой рельефа дна Тихого океана (Pacific Ocean Floor) the National Geogr. Magazin, October, 1969). В отличие от многих других (цифровых) батиметрических схем этот объемный вариант позволяет увидеть сходство структурных мотивов более крупных океанских структур и описанных выше орбитальных и кольцевых орто-тектонических структур I—VIII классов.

Во-первых, кроме линейных хребтов или подводных вулканических кордильер, образованных подводными горами—вулканами, очень четко устанавливаются "кольцевые хребты" или, пользуясь терминологией, применяемой выше, кольцевые структурные неоднородности (кольцевые зоны проницаемости), "овеществленные" вулканами. На схеме (рис. 8) структурных неоднородностей дна Тихого океана и его окраинных морей показаны наиболее яркие "кольца" и дуговые структурные элементы.

Обращает на себя внимание тот факт, что структуры VIII размерного класса (вулканогенно—рудные центры) представляют собою лишь элементарную структурную единицу в общей структуре дна Тихого океана. Структуры IX класса при этом, в качестве орбит для структур VIII класса, оказываются характерными не только для Камчатки. Подобное соотношение отражает самую общую закономерность структурообразования и иерархической соподчиненности структур для всего тихоокеанского региона. Структурные элементы IX размерного класса, являясь зонами тектоно-магматической активности и проницаемости, ограничивают крупные изометрические, а в предельном случае кольцевые области, ядро которых либо консолидировано (Охотия, Берингия, Австралия, Новая Зеландия) и представляет собою достаточно древние платформы, либо несет следы той или иной степени консолидации (разной - для разных структур). Консолидация выражается прежде всего в насыщенности структуры IX класса центральными неоднородностями более низких порядков и состоит в активном проявлении в пределах структур из глубинного энерго- и массопотока.

Мы не случайно не употребляем по отношению к структурным совокупностям, включающим множество неоднородностей центрального типа более низких классов, термина "плиты", хотя легко видеть, что эти сообщества пространственно совмещаются с так называемыми плитами (плато и нагорьями) на геолого-структурной схеме Л.И. Красного (геол. карта Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана, 1970). Учитывая сходство структурных мотивов океанских структур IX и более низких классов с орбитальными комбинациями структур внутри отдельного вулканогенно-рудного центра, можно говорить, скорее всего, не о жестких плитах, а наоборот, об областях повышенной проницаемости и тектоно-магматической активности, в пределах которых протекает процесс "плитизации", наблюдаемый в настоящее время в разных стадиях в пределах разных "плит". По существу к категории жестких "завершенных" плит могут быть отнесены лишь Австралийская, Охотская, Беринговская.

На генерализованной структурной схеме Тихого океана и тихоокеанских окраин (рис. 9) показаны только крупные структурные неоднородности IX класса. Учитывая, что это прежде всего области повышенной проницаемости и тектоно-магматической активности, мы можем надеяться, что и для них, как и для совокупностей более низких классов, окажутся характерными орбитные

¹Если уж сохранять столь привившийся в литературе термин.

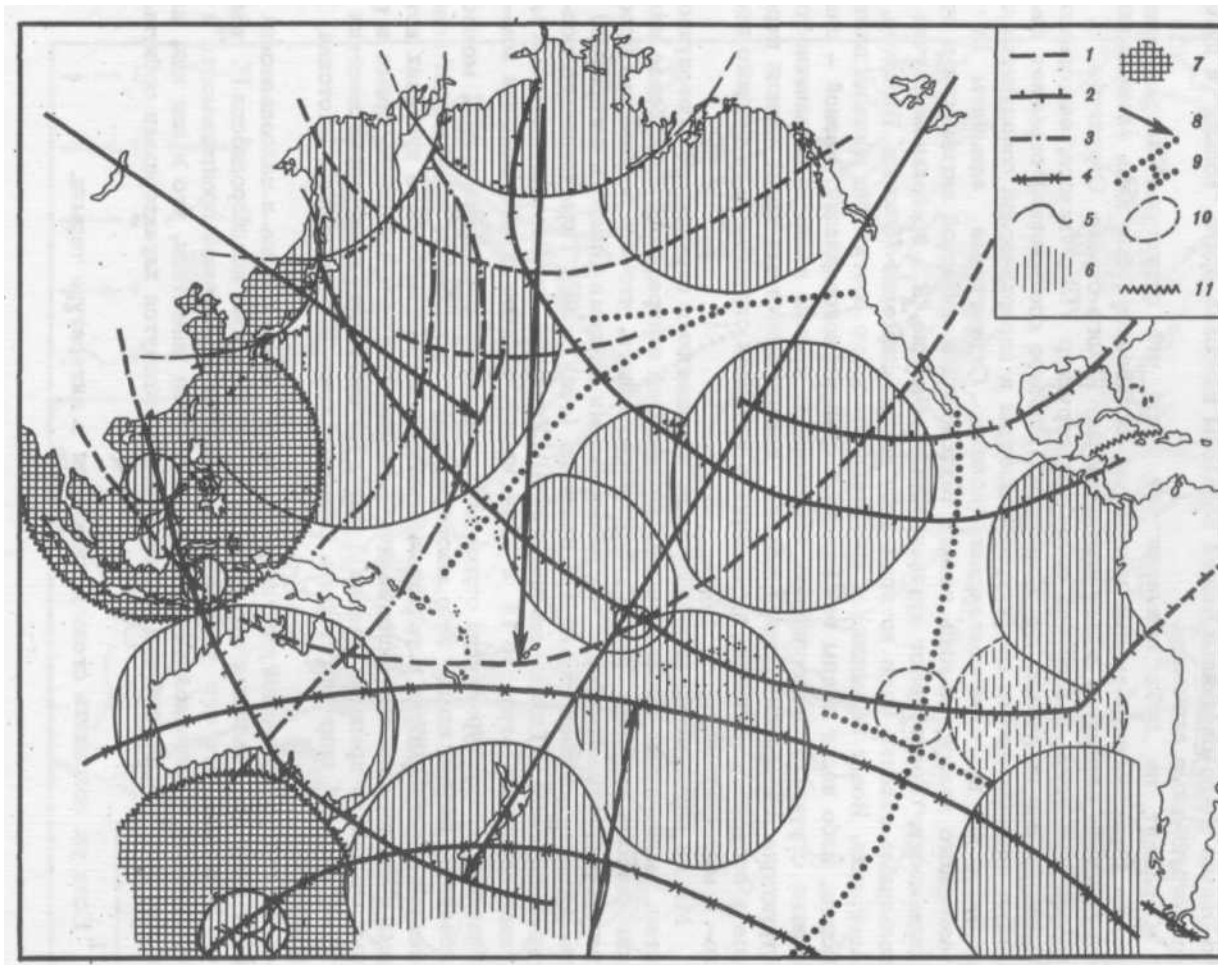


Рис. 9. Схема областей "плитизации" тихоокеанского региона

1—4 - дуговые линейменты (зоны проницаемости): 1 - арктического радиуса; 2 - канадского радиуса; 3 - сибирского радиуса; 4 - антарктического радиуса; 5 - внешние зоны проницаемости, объединяющие сообщества структур VIII класса или являющиеся для них орбитами; 6 - области "плитизации"; 7 - глубоководные котловины; 8 - радиусы дуговых зон проницаемости X энергетического класса (арктического, канадского, сибирского и антарктического); 9 - зоны растяжения; 10-11 — области (зоны) пониженной плотности центров кольцевых ортотектонических структур

взаимоотношения с элементами структур еще более высокого класса. Действительно, как показано на последней схеме, возможно выделить дугообразные элементы четырех концентрических кольцевых структур, образованных совокупностью областей плитизации и имеющих центрами симметрии самые древние области устойчивого поднятия — щиты Канадский, Сибирский, Антарктический. Дуговые элементы четвертой структуры можно определить как Арктический, связанные, по-видимому, с гипотетической ранее Борейской платформой. Ее конфигурация и даже наличие выходов Арктического допалеозойского щита в хребтах Ломоносова и Менделеева хорошо показаны Ю.М. Пушаровским (Пушаровский, 1976).

Весьма интересна проблема продолжения крупных дуговых зон проницаемости на материках. Они воспринимаются здесь как трансформные разломы. Такковы, например, наиболее крупные разломы северо-западного направления на Камчатке (рис. 8), прослеживающиеся на материке в виде "прогибов", поперечных Охотско-Чукотскому вулканическому поясу (Балыгычано—Сугойский и др.). Такие же поперечные прогибы к Охотско—Чукотскому вулканическому поясу наблюдаются и южнее (Куйдусунская зона).

Весьма отчетливо прослеживаются на материке в западном секторе Тихоокеанского подвижного пояса трансформные разломы Индокитайский (арктического радиуса) по долине р.Меконг, меридиональный Западно—Китайский и широтный Центрально-Китайский (Сианьский). Кавалеровская система на юге Приморья и другие отмечались М.А.Фаворской (Глобальные закономерности..., 1974). Западно—Китайский трансформный разлом отчетливо прослеживается и в Австралии. Он отделяет щиты Мэгрейв и Западно—Австралийский (область пустынь — Большой Песчаной и Гибсона) от Восточной Австралии и выражается на юге Австралии большим грабеном озер Эйр и Торренс.

Заканчивая разбор трансформных разломов на суше в западном секторе Тихоокеанского кольца, укажем, что дуговые элементы антарктического радиуса проявляются в Австралии достаточно четко. Это прежде всего авлакоген Амадес. Структуры сибирского радиуса фиксируются кольцевыми структурами, показанными на рис. 8, и выражены областями эндогенной интрузивной активности к западу от аделаидид Южной Австралии и вдоль линейных тектонических направлений к востоку от п-ова Кейп-Йорк.

Еще более закономерной и четкой является система трансформных разломов восточного сектора тихоокеанских окраин. Граница плиты Берингии прослеживается в Аляскинском хребте; кулисы зоны Чинук в Береговом хребте — системой разломов, простирающейся в северо-восточном направлении (система Большого Невольничьего озера). То же простираение имеет и целая зона трансформных разломов Колорадо (пояса Вашингтон, Кер-д'Ален, Монтана, Юта, Колорадо, Глоб, Бисби-Моренси, по Ландверу, 1967; 1968), прослеживающаяся по системе положительных купольных и отрицательных (так называемых "кальдер") структур. Разлом Кларин (канадского радиуса) в качестве орбитального элемента устанавливается тоже отчетливо и имеет очень древнее заложение, судя по палеозойским гранитоидам мыса Корриентес и метаморфическим и магматическим комплексам Аппалачей.

Очень убедительно по многим крупным кольцевым структурам (см. рис. 8) прослеживается и "канадская" орбита Клиппертон. Ее восточное продолжение прослеживается в Гондурасе вдоль долин Амапала - Катука и геологически выражено западной границей неоген—четвертичной известково—щелочной андезитовой депрессии.

И, наконец, Меланезийско-Полинезийская орбита того же канадского радиуса отчетливо прослеживается в Южной Америке как зона Мадейра, контролирующая крупные узлы палеоген-неогенового кислого вулканизма и разделяющая Гвианский и Бразильский щиты. Большое количество аналогичных поперечных к андийскому направлению разломов может быть намечено и в южных районах Южной Америки (Stoll, 1964, 1965) На их пересечении с главными андий-

ским направлением размещаются крупные металлогенические узлы и проявления щелочно-известкового вулканизма палеогена - неогена.

Обращает на себя внимание сочетание в пределах Северной Америки дуговых линейментов арктического и канадского радиусов (см. рис. 9). Структура ядра симметрии канадских "линейментов" Канадского щита хорошо показана Т. Вильсоном (Wilson, 1948). Именно эта особенность, видимо, дает основание некоторым исследователям переоценивать широтные линейменты в металлогении США, поскольку именно эти широтные части цуг канадского радиуса наблюдаются в Западных Штатах.

Общим следствием проявления зон трансформных разломов в пределах суши является своеобразная инверсия геологического пространства - в консолидированных блоках они проявляются синеклизами, в прогибах - системами куполов, в областях купольных структур - развитием отрицательных "кальдерных" форм. Таким образом, границы зон плитизации (IX класс) и дуговые элементы X класса прослеживаются на континентах в виде зон трансформных разломов. В отдельных случаях продолжение этих зон совпадает с простираем складчатых областей, природа которых в этих случаях получает отличное от существующих толкование.

На схеме структурных неоднородностей IX и X классов Тихоокеанского бассейна (см. рис. 9) могут быть намечены протяженные области "разрядки напряжений". Одна из них известна как Восточно-Тихоокеанское поднятие. Подобно тому, как в элементарных купольно-кольцевых структурах, для этой области разрядки плотностей неоднородностей центрального типа между участками "плитизации" также характерен режим растяжения. По-видимому, аналогичную зону растяжения мы наблюдаем в центральной части Тихого океана; северной кулисой этой зоны, скорее всего, и являются разломы Мюррей, Пайонир и Мендосино.

Приуроченность областей плитизации к долгоживущим (по крайней мере, со среднего докембрия) планетарным зонам проницаемости, каковыми являются кольцевые структуры X класса (Сибирские, Арктические, Канадские, Антарктические), возникшие в результате релаксации напряжений в связи с поднятиями древних ядер-щитов, свидетельствует, с нашей точки зрения, против дрейфа так называемых плит. Более того, сам процесс плитизации может осуществляться только при условии постоянства, фиксированности в пространстве эндогенного потока энергии и вещества. Наша оценка совокупностей неоднородностей высших классов с точки зрения геодинамики их развития не может быть иной, чем при анализе элементарных купольно-кольцевых структур, хотя бы уже в силу сходимости их структурных мотивов и наличия общих черт геологического строения - наличия древних поднимающихся ядер и постепенного обрастания этих ядер кольцевыми структурными неоднородностями, в которых локализованы все более молодые продукты магматизма. Правда, последняя особенность не может быть установлена достаточно однозначно для планетарных трансформных разломов X класса, ибо эти структуры все имеют, как отмечалось, очень древнее заложение. Однако отчетливо устанавливаются неоднократные периоды их палеозойской, мезозойской, мезозойско-кайнозойской активизации (K_2 -P), что может свидетельствовать как в пользу прерывистости поднятий в ядрах симметрии, так и, скорее всего, о релаксационном характере реализаций постоянного по вектору и силе напряжения. Интересно отметить две характерные черты этого планетарного процесса. Одна из них - акселерация релаксаций от докембрия к кайнозойю, связанная, видимо, с ростом общей консолидации коры. Вторая - возможность проявления "кальдерообразования" планетарного масштаба. Такое планетарное "проседание" мы наблюдаем, видимо, в полярных областях Арктического (погруженного) и Антарктического щитов.

Различная размерность неоднородностей центрального типа, независимо от

класса, имеет, таким образом, энергетическую природу и связана с силой, глубиной генерации и временем действия энергетического импульса.

Учитывая накопленный "материковыми" геологами опыт, можно утверждать, что по крайней мере три горизонта или, точнее, горизонтальные области в земной коре являются генераторами кольцевых неоднородностей, овеществленных магматическими продуктами и слагающих так называемые ортоконфокальные структуры с магматическим (сплошным или прерывистым) каркасом. Это поверхность М (50-60 км), генерирующая базит-гипербазитовые ортоконфокальные магматические комплексы, поверхность Конрада (25—35 км) - гранитоидные кольцевые комплексы и уровень существования множественных периферических магматических очагов под вулканами (4—8 км), обуславливающих формирование пестрых по составу экструзивных комплексов в кольцевых вулcano-тектонических структурах (в том числе и кальдерах).

Менее глубинными являются геоболоочечные уровни, образованные вершинами конусов гидротермальных диатрем. С учетом изложенного в начале статьи о трех классах этих структур можно подразделить вертикальную область в коре, в которой протекают гидротермальные процессы, т.е. "рудосферу", на три зоны — гипо-, мезо- и эпизоны, с новых позиций придя к концепциям основателей учения о рудных месторождениях (Линдгрэн, 1928).

Однако, как было показано, на земном шаре имеются и структуры тысячекилометровых радиусов. Вершины конусов таких неоднородностей нужно предполагать, видимо, на глубинах ядра. Тем не менее магматический каркас этих структур по преимуществу базальтовый, что свидетельствует в пользу "того, что образующие конусов являются зонами проницаемости для энергии в форме так называемого интрателлурического потока, а не расплавленного материала мантии. Возможный механизм передачи энергии и вещества с подобных "околядерных" глубин, состоящий в гравитационной (а не тепловой) конвекции в мантии Земли, начиная от границы "верхнего ядра" предложен Е.В. Артюшковым (1968).

Отмеченные орбитальные соотношения структур различных размерных и энергетических классов заставляют делать вывод о вертикальном падении "старших" зон проницаемости, служащих орбитами. Однако их формирование само определяется симметрией опрокинутого конуса. Это в свою очередь позволяет предполагать, что направляющие конуса симметрии образованы кулисообразной, эшелонированной системой вертикально падающих зон (поверхностей) проницаемости. Принцип эшелонирования нарушений является, видимо, всеобщим, общим для структур всех размерных и энергетических классов, поскольку кольцевой мотив многих, даже мелких, структур сохраняется и в районах с сильно пересеченным рельефом.

В идеальном случае, когда менее глубинные энергетические импульсы генерируются близко к усредняющей поверхности конуса, характерной является некоторая внутренняя эксцентричность соподчиненных структур друг относительно друга (рис. 10, 11,а). При этом, как мы видим, диаметр подчиненной структуры на орбите (рис. 11,б) определяет мощность системы кулисообразных зон трансформного разлома. Мощность зон IX класса — от десятков до 100-150 км, мощность зон X класса - первые тысячи километров.

Эксцентрические соотношения оротектонических структур также являются характерными для Тихоокеанского региона. Эти соотношения позволяют, например, несколько иначе, сравнительно с привычными представлениями, оценить положение энергогенерирующих очагов для таких мощных групп вулканов, как Ключевская, Шивелуч и другие структуры центрального типа Восточной Камчатки. На рис. 11, представляющем собою структурно-тектоническую схему Восточной Камчатки, составленную по результатам дешифрирования телевизионных снимков системы "Метеор" (Гусев, 1976), эксцентрическое поло-

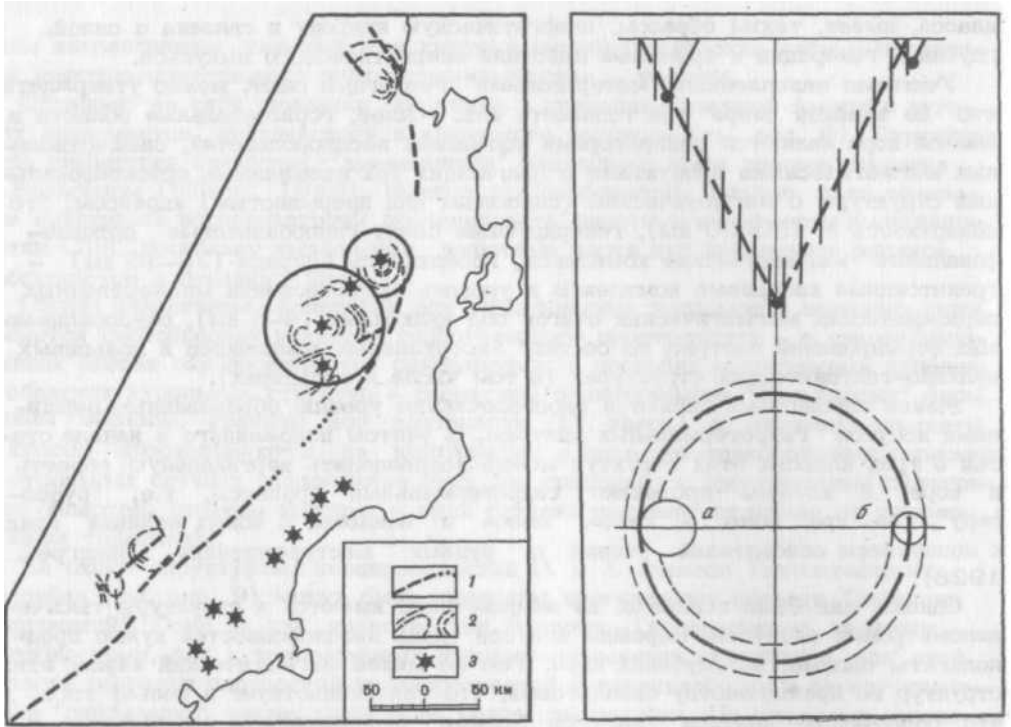


Рис. 10. Схема эшелонирования нарушений в ортоконфокальных структурах
 Радиус эксцентрических структур позволяет судить о глубине заложения, а радиус орбитальных структур - о мощности системы зон проницаемости

Рис. 11. Эксцентрическое соотношение крупного дугового линейamenta IX класса Восточной Камчатки и кольцевых структур VIII класса (по материалам Н.А. Гусева)

жение этих структур VIII класса относительно древнего дугового элемента IX класса — Восточно-Камчатского - свидетельствует скорее всего об отсутствии прямой связи современного вулканизма этих групп вулканов с современной сейсмофокальной зоной. Роль последней, возможно, сводится к активизации энергогенерирующих глубинных источников, залегающих именно в этой древней Восточно-Камчатской зоне, что в значительной мере объясняет тогда и своеобразие состава разургентного материала в продуктах некоторых вулканов Восточной Камчатки, представленного в изобилии базит—гипербазитовыми ксенолитами и ксенолитами метаморфид, комплексы которых являются характерными для Восточной Камчатки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заканчивая рассмотрение орбитальных ортотектонических структур Тихого океана и притихоокеанских окраин, нельзя не остановиться на проблемах металлогении Тихого океана. Существующие сегодня представления о ней исходят прежде всего из представлений о выносе вулканами, рифтовыми зонами рудных компонентов в океан и формировании ими своеобразных осадочных и вулканогенно-осадочных месторождений. Под таким углом зрения современные богатства океана рассматривают Д.Меро (1969), В.И.Смирнов (1975),

К.К. Зеленов (1972) и др. Однако, как оказывается, это, возможно, далеко не все богатства океана, и даже трудно сказать, какая это часть всего. Дело в том, что, рассматривая крупные планетарные сообщества неоднородностей, образующих в совокупности области "плитизации", размещающиеся в свою очередь на долгоживущих трансформных разломах высшего X класса, мы должны, следуя логике иерархизации и по аналогии с вулканогенно-рудными центрами и составляющими их рудоносными купольно-кольцевыми структурами, рассматривать области плитизации прежде всего как металлогенические области. Внутри этих последних мы вправе ожидать наличия металлогенических структур более низкого размерного класса и элементарных вулканогенно-рудных центров, уж по крайней мере развивающихся с мела по современность включительно. Причинно—следственные связи остаются одинаковыми независимо от энергетической размерности рудоносных оротектонических структур и их сообществ. В связи с этим мы еще раз можем подтвердить тезис о том, что современные вулканы не только на суше, но и в океане могут служить индикаторами наличия долгоживущих центров магматической и металлогенической активности.

Правда, следует считаться, видимо, и с тем, что некоторые из выделенных областей максимальных энергопроявлений, выраженные котловинами (абиссальными равнинами) и не содержащие поднятий океанического дна, представляют собою просто области наиболее активной океанизации коры, по крайней мере до находок продуктов обратного процесса (метаморфид, гранитоидов, руд), вполне вероятных в областях поднятий дна океана.

В последнее время успехи океанической геологии, хотя бы и несомненные, и большие, как представляется автору, значительно переоцениваются. Изучение суши, как мы видим, во многом может обусловить комплекс вопросов, с точки зрения которых изученность океана крайне мала. Правда, имеется и обратная связь. Выявление и изучение планетарных долгоживущих зон проницаемости типа зон трансформных разломов может, видимо, внести много нового не только в геометрию древних подвижных областей современной суши, но и в понимание их сущности.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюшков Е.В. Гравитационная конвекция в недрах Земли. - Изв. АН СССР, Физика Земли, 1968, № 9.
- Белый В.Ф. Вулканоструктуры, вулкано-тектонические структуры и связанные с ними вопросы теоретической палеовулканологии. - В сб.; Глубинное строение, магматизм и металлогения тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976.
- Василевский М.М., Харченко Ю.И., Тарасенко Т.В. Вулканы как индикаторы долгоживущих магматических и металлогенических центров (принципы металлогенического анализа и районирования). - В кн.: Геодинамика, магмообразование и вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974.
- Василевский М.М., Округин В.М., Харченко Ю.И., Яковлев Г.Ф. Кайнозойские и палеозойские вулканогенно-рудные центры (Камчатка, Рудный Алтай, Южный Урал). - В кн.: Глубинное строение, магматизм, металлогения тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976.
- Василевский М.М., Яковлев Г.Ф. Прерывистые и непрерывные вулканогенные золы эвгеосинклиналей. - В сб.: Глубинное строение, магматизм и металлогения тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976.
- Гусев Н.А. Изучение районов современного вулканизма и его связи с глубинной геологией по снимкам из космоса. - В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. Геология и геоморфология. АН СССР, Комиссия по исследованию природных ресурсов... т. V. М., 1976. с. 80-94.

- Геологическая карта Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана. Под ред. Л.И. Красного, 1970.
- Глобальные закономерности размещения крупных рудных месторождений, М., "Недра", 1974.
- Зеленое К.К. Вулканы как источники рудообразующих компонентов осадочных толщ. М., "Наука", 1972.
- Иванкин П.Ф. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роль при формировании рудных месторождений. - В сб.: Вулканические и вулканоплутонические формации. М., "Наука", 1966.
- Линдгрэн В. Минеральные месторождения, вып. 3. М.-Л., ОНТИ, 1935.
- Меро Дж. Минеральные богатства океана. М., "Прогресс", 1969.
- Прогнозная оценка рудоносности вулканогенных формаций. М., "Недра" 1977.
- Пушаровский Ю.М. Тектоника Северного Ледовитого океана. - Геотектоника, 1976, № 2.
- Смирнов В.И. Металлогения океана. — Геология . рудн. местор., 1975, № 1.
- Фремд Г.М. Вулкано-тектонические структуры и вулкане—тектонические системы. - В кн.: Геодинамика, магнообразование и вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974.
- Brunner L. Breccia and pebble columns associated with epigenetic ore deposits. — Econ. Geology, 1961, v. 56, N 3.
- Wilson T. Some aspects of geophysics in Canada with special reference to structural research in the Canadian Shield. — Am. Geol. Union. Trans., 1948. v. 29, N 5.
- Landwehr W. R. Belts of major mineralization in western United States. — Econ. Geology , 1967, v. 62, N 4.
- Landwehr W.R. The genesis and distribution of major mineralization in Western United States. - Econ. Geology, 1968, v. 63, N 8.
- Muffler L.D., White D.E., Trusdell A. H. Hydrothermal explosion craters in Yellowstone National Park. - Geol. Soc. of Am. Bull., 1971, v. 52.
- Stoll W.C. Metallogenic belts, centers and epochs in Argentina and Chile. — Econ. Geology, 1964, v. 59, N 1.
- Stoll W.C. Metallogenic provinces of South America. Mining Magazine, 1965, v. 112, N 1, p.22-23, 25, 27, 29, 31, 33; N 2, pp. 90-91. 93-95, 97. 99.