

УДК 553.078.2

ВАСИЛЕВСКИЙ М. С., СТЕФАНОВ Ю. М., РЫЧАГОВ С. Н.,
НЕКРАСОВА Ж. А.

**СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ
ВУЛКАНОГЕННЫХ РУДНЫХ РАЙОНОВ, УЗЛОВ И ПОЛЕЙ
(К ПРОБЛЕМЕ ПРОГНОЗА)**

Постановка вопроса

Рудный район, рудный узел, рудное поле — наиболее распространенные и устоявшиеся категории рудоносных площадей. Но строгого определения этих категорий до сих пор нет. Подразумевается, что рудный район больше рудного узла, а рудный узел больше рудного поля. Насколько больше, каким образом рудные узлы размещаются в рудном районе, а рудные поля в рудном узле, сколько рудных узлов составляет рудный район и рудных полей — рудный узел? Ответов на эти вопросы нет, поскольку перечисленные категории относятся к разряду геолого-экономических, а не структурно-геологических. Нам представляется, что в настоящее время есть возможность для металлогенического районирования, в котором геолого-экономические и структурно-геологические категории совпадают. Первый опыт такого районирования был проведен в 1977 г. [1]. В его основе было выделение вулканогенных рудных центров, являющихся структурно-геологическими категориями.

Эндогенные процессы — интрузивный магматизм, вулканизм, гидротермальный метаморфизм и рудообразование — являются структурообразующими. Воздействие их сил на земную кору вызывает разрушение последней с образованием определенных и закономерных фигур разрушения; наиболее типичной среди них является опрокинутый конус разрушения. На поверхности Земли наблюдаются проекции этих конусов, представляющие собой кольцевые зоны разрывов и дробления, называемые нами кольцевыми структурными неоднородностями или фактурами (от английского fracture — разрушение).

Кольцевые фактуры с характерными концентрическими, эксцентриковыми и орбитальными соотношениями разноразмерных, а следовательно, и разных энергетических классов очень многочисленны в связи с длительностью эндогенных процессов в истории земной коры и их множественностью. Лишь их частным примером является наиболее изученный класс так называемых кольцевых магматических комплексов и вулканоструктур (Василевский, 1978).

Разработка методов анализа структурных неоднородностей земной коры, и в частности анализа кольцевых фактур, позволит подойти ближе к решению проблемы металлогенического и экономического районирования. Для этого целесообразно ввести такие понятия, как структурно-вещественный ансамбль и структурно-вещественный парагенезис.

Известно много примеров структурно-вещественных парагенезисов, базит-гипербазитовых интрузий и фактур диаметром >200 км. На Камчатке такие парагенезисы наблюдаются в Центрально-Корякской и Во-

сточно-Корякской мегаструктурах. Такие парагенезисы могут быть образованы также глубинными гранитоидами в консолидированных областях активизированных платформ (например, дуговая мегаструктура активизации Охотской платформы). Тем не менее для гранитоидов типичны меньшие размеры структур (50—60 км).

Экструзивные фации независимо от состава входят в кальдерные структурно-вещественные парагенезисы. Размеры таких структур в поперечнике в среднем 5—10 км.

Однако интрузивный процесс может выступать в качестве структурообразующего. При этом формируются структурно-вещественные ансамбли. Для базит-гипербазитовых интрузий такие ансамбли (на Камчатке и в других молодых вулканических поясах) присущи кольцевым структурам диаметром до 30 км. Близкую размерность имеют структурно-вещественные ансамбли, образованные кольцевыми фактурами и субвулканическими гранитоидами. Экструзивные ансамбли имеют размеры до 10 км.

М. М. Василевский и др. [5, 4] ввели понятие о геодинамическом соответствии между возрастом и глубиной плутонических и структурообразующих процессов. Наиболее глубинные интрузии и самые крупные структуры являются наиболее ранними в эволюционном ряду. Таким образом, структурно-вещественные парагенезисы и ансамбли, образованные наиболее крупными фактурами и глубинными интрузиями, являются и наиболее ранними.

Поскольку крупные (>200 км) мегаструктуры на Камчатке начинают развиваться с конца мела (т. е. в раннегеосинклинальный этап) и завершают развитие в неогене (позднеорогенная и посторогенная стадии), мегаструктуры характеризуются полным набором месторождений завершеного металлогенического цикла. Они могут быть отнесены к категории **рудных районов**.

Структурно-вещественные ансамбли раннегеосинклинального этапа—это самые ранние **рудные узлы**. Гранитоидные субвулканические структурно-вещественные парагенезисы также образуют рудные узлы, но уже более поздние сравнительно с базит-гипербазитовыми ансамблями и парагенезисами.

Субвулканические структурно-вещественные парагенезисы составляют **рудные поля** — наиболее поздние образования внутри рудного района. Одновременно с рудными полями формируются интрузивные (субвулканические) структурно-вещественные ансамбли, соответствующие уже отдельным **месторождениям** или жильным системам.

Таким образом, мы пришли к очень важному выводу, что рудные районы, узлы и поля формируются длительно из разновозрастных структурно-вещественных парагенезисов и ансамблей. В этом временном ряду наиболее ранней является структура рудного района, которая последовательно застраивается рудными узлами, внутри которых формируются наиболее поздние структуры — рудные поля. Нам представляется, что слияние геолого-экономических, структурно-геологических и историко-геологических категорий наиболее соответствует современному состоянию наших знаний и требованиям, которые предъявляет к науке геологическая практика.

Методика исследования

Рассмотрим методы выделения рудных районов, узлов и полей с позиции выявления кольцевых фактур и их структурно-вещественных парагенезисов главным образом на материалах Камчатки.

Для построения схемы фактур Камчатского полуострова (Центральная и Южная Камчатка) использовались разномасштабные аэрокосми-

¹ Фации глубинности и размерность нами приводятся для неогеновых рудных полей.

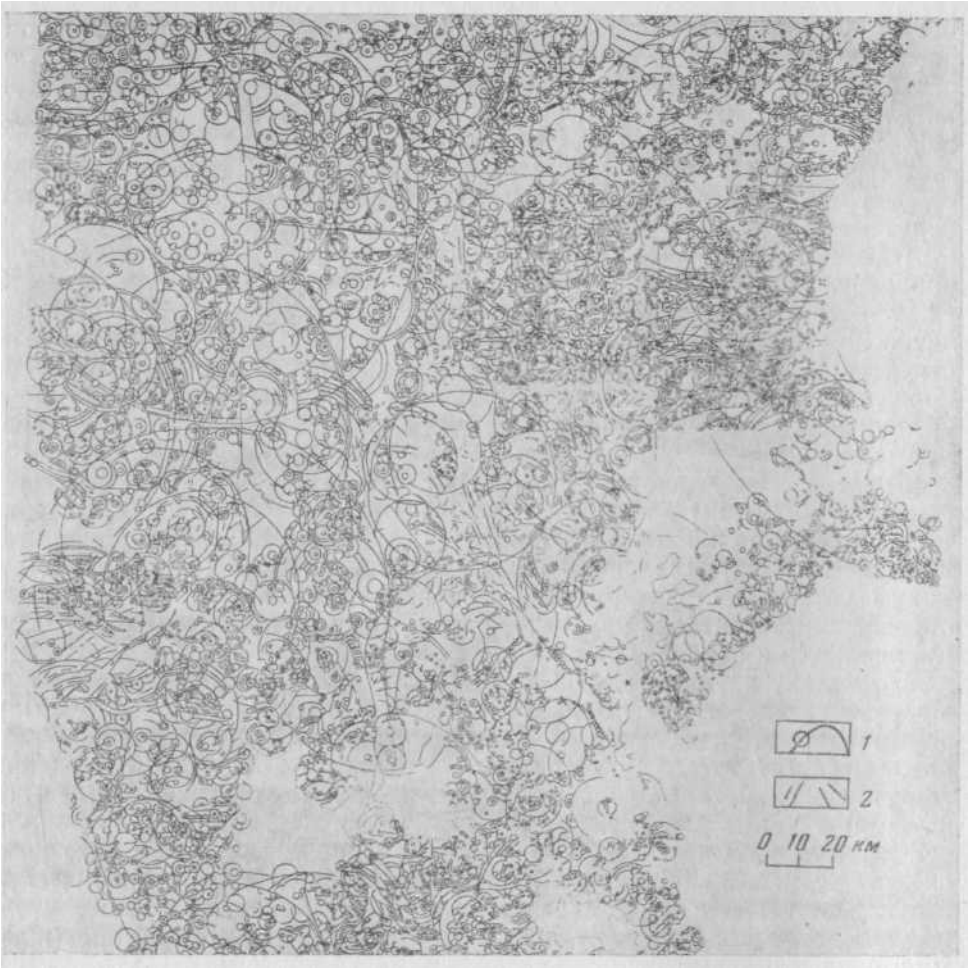


Рис. 1. Наблюдаемое поле фактур Южной Камчатки (фрагмент). По М. М. Василевскому, А. Б. Исакову. 1 — кольцевые и дуговые фактуры; 2 — линейные разломы

ческие фотоснимки. Наблюдаемое поле фактур приведено на рис. 1. Анализ совокупностей «линейных» фактур показал, что наряду с традиционными на Камчатке северо-восточными (камчатскими) и северо-западными (антикамчатскими) направлениями разрывов широко развиты также протяженные разрывы поперечного и меридионального направлений. Одной из самых интересных особенностей линейных фактур является их вертикальное падение и то, что вдоль них не наблюдается сколько-нибудь заметных горизонтальных движений, которые приводили бы к разрыву и смещению кольцевых фактур в плане. Эту особенность взаимоотношений линейных и кольцевых фактур не нарушает и сложная конфигурация восточного побережья. Она объясняется наличием «неразорванных» кольцевых фактур, восточные фрагменты которых испытали вертикальное обрушение. Наблюдаемая картина не определяется только новейшими движениями.

При определении возраста линейных фактур следует иметь в виду особенность процессов разрушения в условиях «радиального стеснения» [6]. Как показано Л. Обертом, при этом имеет место осевое раскалывание и одновременное образование кольцевой и «стягивающей» ее линейной фактур. Последние могут быть датированы по тем эндогенным продуктам, которые образуют совместно с фактурами структурно-вещест-

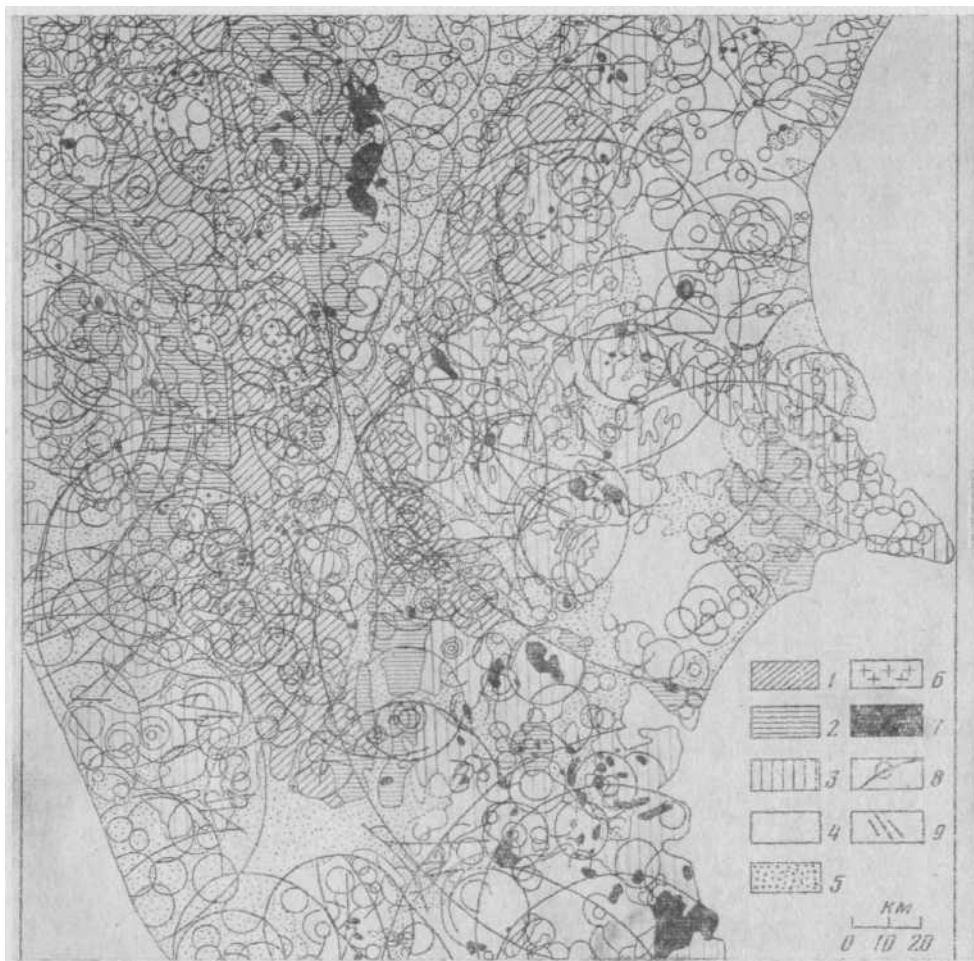


Рис. 2. Структурная схема Южной Камчатки (фрагмент). По М. М. Василевскому, А. Б. Исакову, С. Н. Рычагову. 1 — домезозойский фундамент; 2 — раннегеосинклинальный комплекс (K_2-P); 3 — орогенный комплекс (N_2); 4 — рыхлый чехол; 5 — домезозойские граниты; 6 — интрузии геосинклинального и орогенного комплексов; 7 — интрузии K_2-N_2 ; 8 — фразтуры; 9 — разломы линейные

венные парагенезисы или ансамбли. Таким же образом могут быть датированы и линейные фразтуры (рис. 2—6).

На рис. 2 кроме кольцевых фразтур даны структурные этажи Камчатки — догеосинклинальный (до K_2), геосинклинальный (K_2-P), орогенный (N_1-N_2) и новейший (N_2-Q). Показаны также интрузивные образования — догеосинклинальные (гранитоиды этапа мезозойской активизации Охотской платформы), геосинклинальные (базит-гипербазитовые) и орогенные (нерасчлененные). Из рис. 2 видно, что Камчатская складчатая область может быть представлена совокупностью разновеликих интерферирующих структур, выраженных на поверхности кольцевыми фразтурами, которые являются результатом дифференцированных вертикальных движений. Наиболее крупные из структур закладываются на склонах позднемезозойского поднятия в стадию активизации Охотской платформы.

Исходная схема наблюдаемого поля фразтур обработана методом «скользящего окна» (скользящего среднего), и получена цифрограмма (рис. 3). На ее основе построена плоская схема эндогенной активности Центральной и Южной Камчатки (рис. 4). Области максимумов актив-

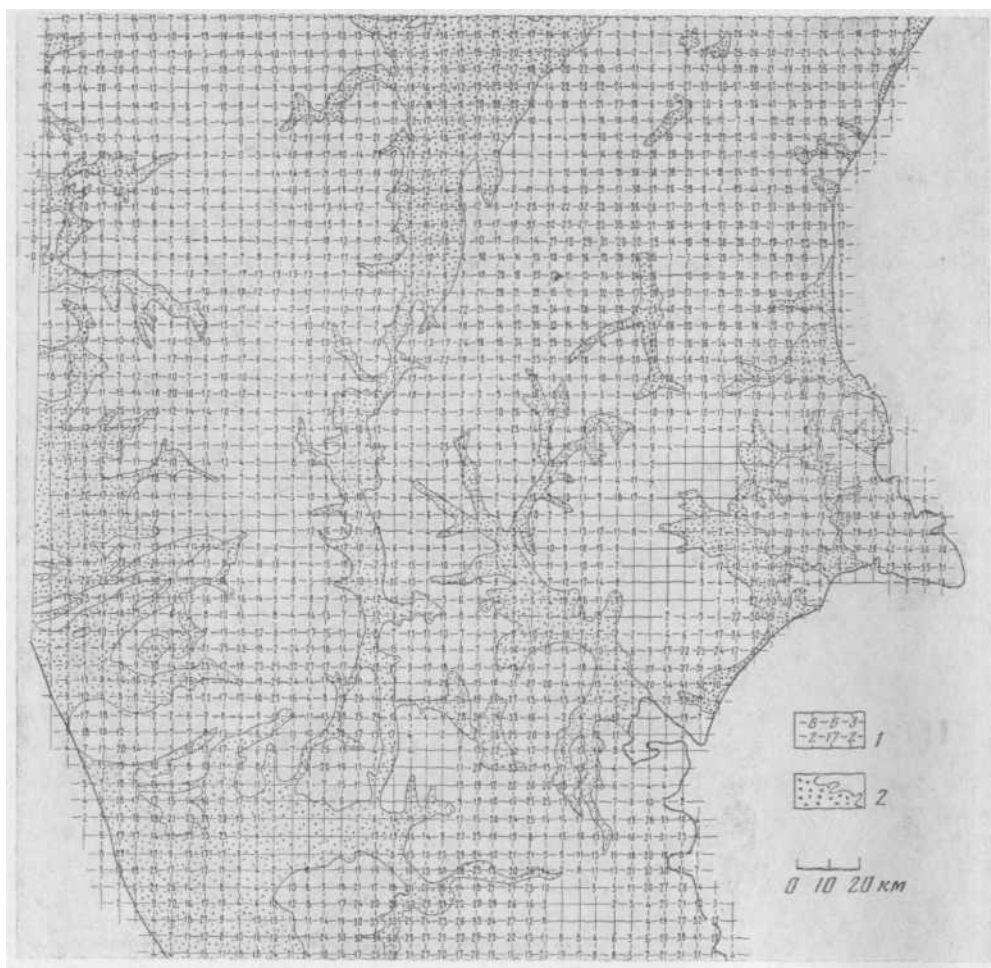


Рис 3. Цифрограмма плотностей кольцевых фразтур Южной Камчатки (фрагмент). 1 — плотность центров фразтур на единицу площади; 2 — контуры четвертичных отложения

ности соответствуют главным образом областям новейшего и современного вулканизма. Однако такие же максимумы характерны для областей, занятых крупными раннетретичными интрузиями (например, Ахотенская и Шипунская). Это свидетельствует о том, что сам механизм внедрения интрузивов представляется исследователями несколько упрощенно. В действительности он является пульсирующим и многоактным. При этом число пульсаций не обязательно совпадает с числом фаз интрузивов.

На основании той же исходной цифрограммы активности (рис. 3) обработана схема наблюдаемого поля кольцевых фразтур, приведенная на рис. 1. Среди фразтур выделены такие, которые характеризуются максимальной концентрацией напряжений. Последние мы отождествляли с плотностью центров элементарных фразтур. Это позволило построить генерализованную схему фразтур разной активности, а также выделить области повышенной активности и так называемые особые зоны, которые представляют собой бисекторы, возникающие при интерференции фразтур (рис. 5). Причем в бисекторах нередко как «горошины в стручке» располагаются мелкие кольцевые фразтуры. Бисекторы, таким образом, являются зонами повышенной проницаемости, что следует иметь в виду при анализе закономерностей размещения вещества структурно-

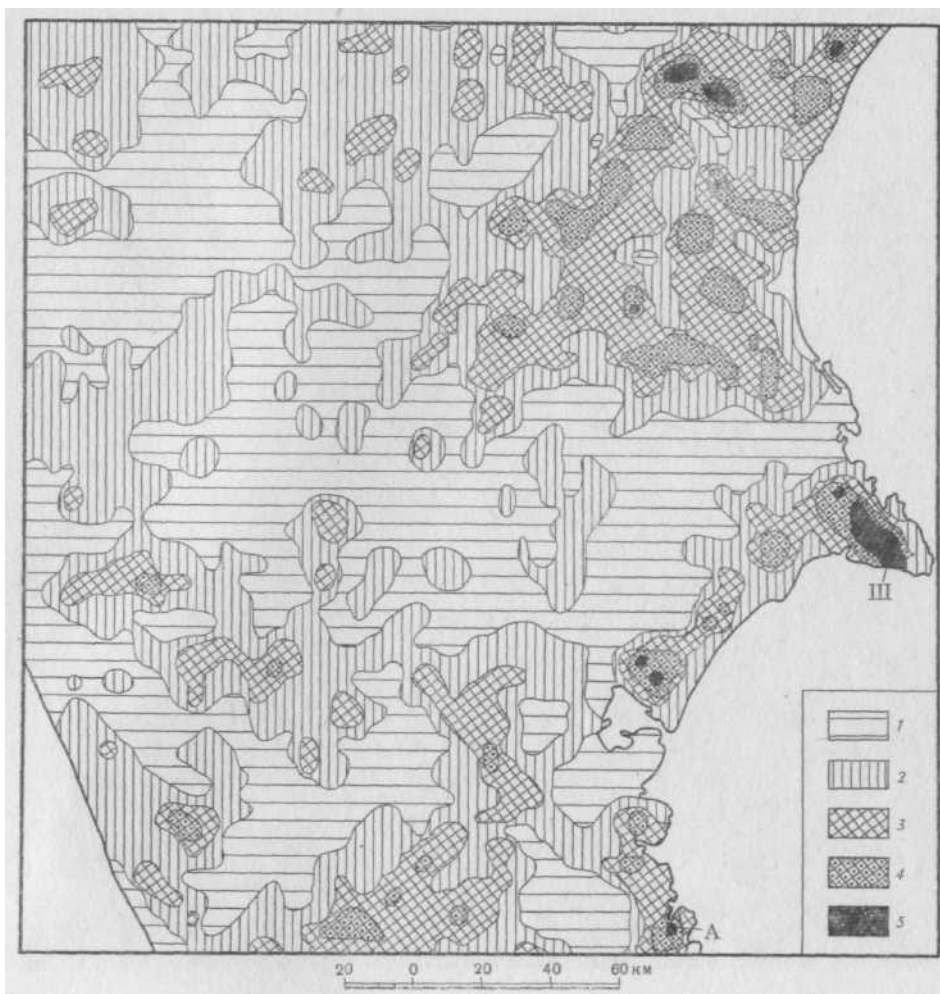


Рис. 4. Схема эндогенной активности (плотностей центров кольцевых фразтур) Южной Камчатки (фрагмент). По М.М. Василевскому, А. Б. Исакову, С. Н. Рычагову. Значение плотности неоднородностей, ед.: 1—0—10; 2—10—20; 3—20—30; 4—30—40; 5 — более 40; А — Ахомтенская, III — Шипунская интрузии

вещественного парагенезиса. Очень важной чертой бисекторов является их сферичность, а также конечность по простиранию и падению. Эту особенность редко учитывают при металлогеническом районировании.

Особой является площадь сферического треугольника (интерференция трех кольцевых фразтур). Его сферичность указывает на ограниченность возможных свойств по глубине (чем больше сферичность — тем меньше глубина).

Генерализованная схема кольцевых фразтур, приведенная на рис. 5. может служить основанием для выделения структурно-вещественных парагенезисов и ансамблей с учетом их металлогенической специализации. Если фразтуры датированы, то в конечном счете можно построить структурно-металлогеническую карту нового типа, которая одновременно является и картой прогноза.

С учетом описанных выше принципов построена схема металлогенического районирования Южной и Центральной Камчатки (рис. 6). На ней показано, что рудные районы и узлы являются долгоживущими. Ограничивающие их кольцевые фразтуры, как правило, активизируются

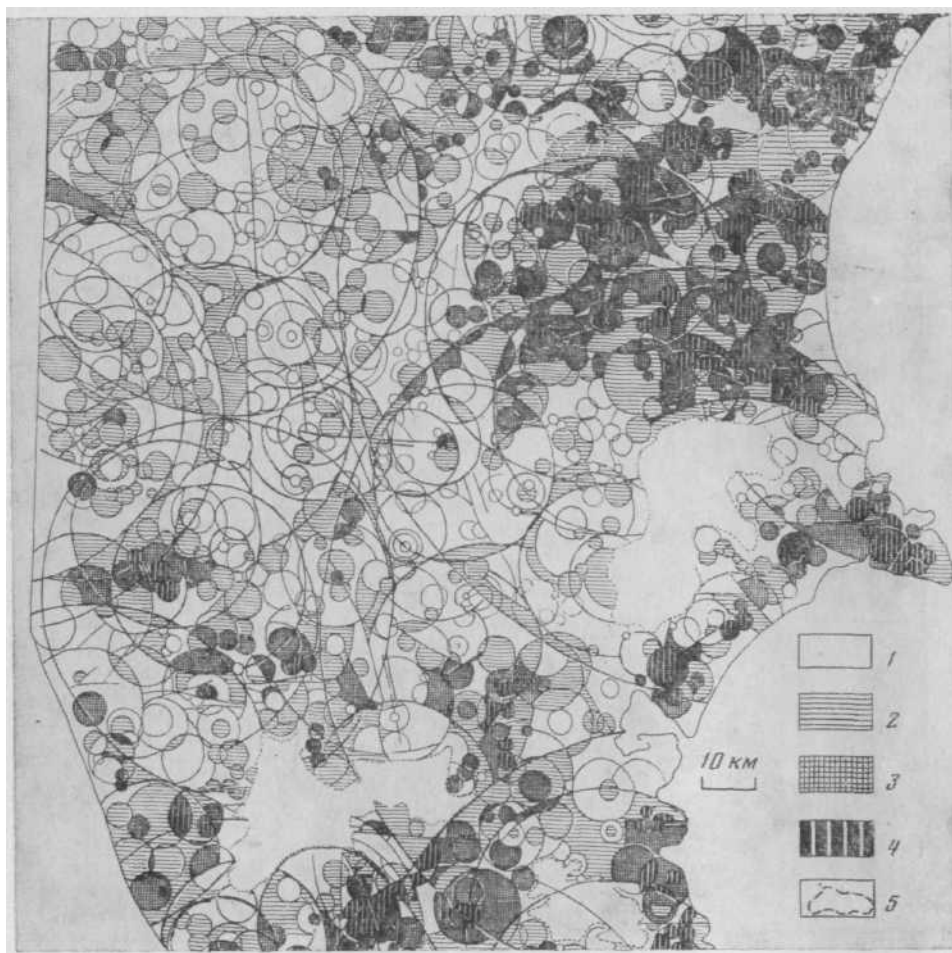


Рис 5 Схема концентрации напряжений по фактурам Южной Камчатки (фрагмент). По М. М. Василевскому, А. Б. Исакову. 1—0—10 ед.; 2—10—20; 3—20—30; 4—30—40 ед.; 5—границы облачности при космической съемке

в каждый новый этап дифференцированных вертикальных движений. Нередко в новейший и современный этапы активизируются даже отдельные миоценовые рудные поля.

Рудные районы

В качестве примера рудного района более подробно рассмотрим Центрально-Корякскую мегаструктуру (рис. 7). Это тектоническое сооружение центрального типа имеет почти округлые очертания в плане. Длинная ось мегаструктуры вытянута в северо-восточном направлении на 278 км, короткая ось (северо-западная)—на 256 км. Мегаструктура имеет сложное обрамление, состоящее из двух concentрических фактур — внешней и внутренней.

Внутренняя кольцевая фактура (диаметром 200 км) выявляется на космических снимках. На севере она контролирует размещение дугообразных базит-гипербазитовых интрузий (Куюльский массив и др.). Такие же интрузии характерны и для региональных линеаментов — разломов, раскалывающих мегаструктуру по диаметру (Вывенский и Центрально-Корякский разломы). Наличие гипербазитов в обрамлении Центрально-Корякской мегаструктуры указывает на типичный структурно-



Рис. 6. Прогнозно-металлогеническая схема рудных районов, узлов и полей Южной Камчатки (фрагмент). По М. М. Василевскому, А. Б. Исакову, С. Н. Рычагову. 1—рыхлый чехол; 2—новейшие фразтуры областей современного вулканизма; 3—неогеновые фразтуры; 4—меловые фразтуры; 5—домеловые фразтуры; 6—интрузии геосинклинального и орогенного этапов; 7—домеловые граниты; 8—линейные разломы; 9—14 — полезные ископаемые: 9 — эпитеpмальные проявления, 10 — полиметаллические, 11 — медные, 12 — молибденовые, 13 — ртутные, 14 — серные; 15 — прогнозируемые, 16 — известные рудные узлы

вещественный парагенезис мегафразтур и базит-гипербазитовых интрузий. Наличие таких интрузий в разломах по диаметру мегаструктуры свидетельствует, видимо, о том, что закономерности одновременного образования конуса разрушения и раскола по диаметру выдерживаются даже для глобальных структур. Для базит-гипербазитовых интрузий Центрально-Корякской мегаструктуры характерно никелевое рудопроявление. Возраст этого структурно-вещественного парагенезиса «ранне-геосинклинальный» — K_{1-2}

Внутреннее строение Центрально-Корякской мегаструктуры I порядка определяется наличием в ядре и по его периферии многочисленных крупных и мелких кольцевых фразтур.

Центральное ядро мегаструктуры представляет собой субконформную макроструктуру II порядка диаметром — 130 км. Это Ичигин-Уннейваямский рудный узел. В его пределах развиты породы гранит-липарит-игнимбритовой формации.

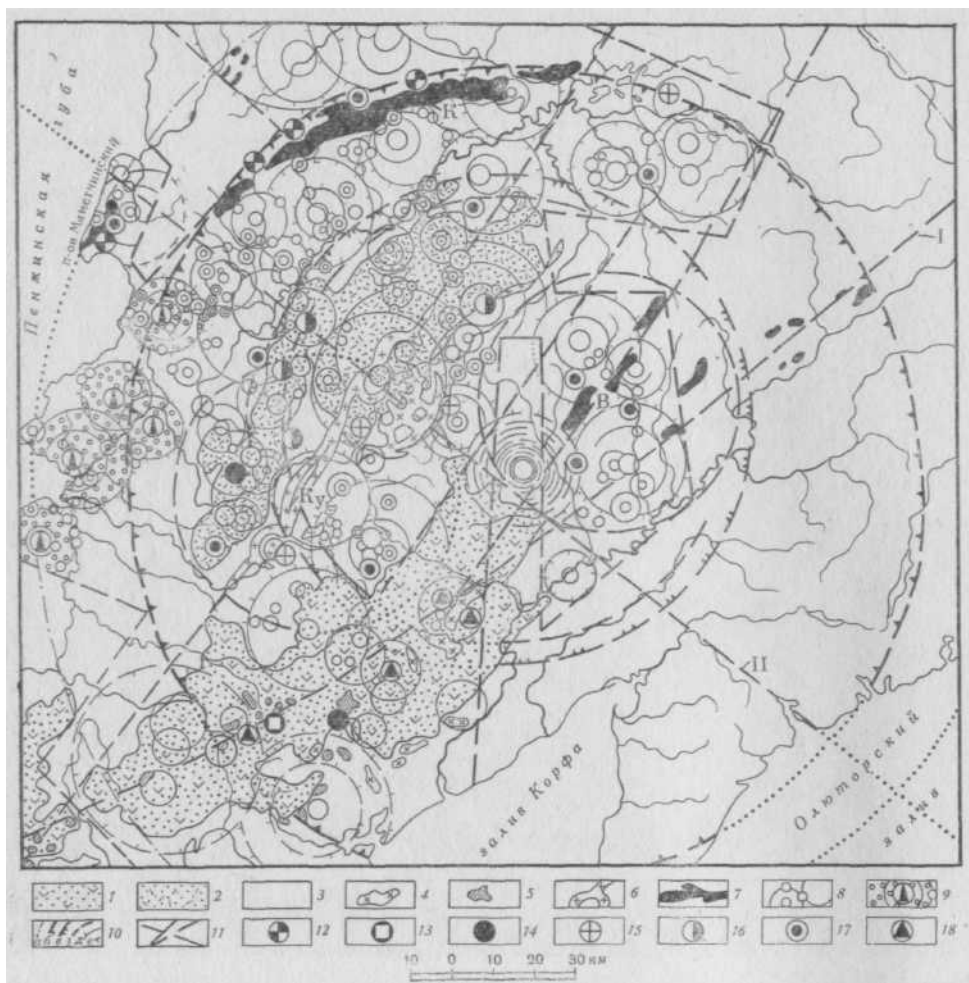


Рис. 7. Структурно-металлогенетическая схема Центрально-Корякской мегаструктуры (рудного района). По М. М. Василевскому, А. Б. Исакову. 1 — андезиты корфского структурно-формационного комплекса; 2 — дациты и липариты велолныкского комплекса; 3 — допалеогеновый фундамент; 4 — диориты-гранодиориты; 5 — экструзии дацитов; 6 — граниты; 7 — базиты-гипербазиты (К—Куюльский массив и др.); 8 — кольцевые фразтуры; 9 — кольцевые фразтуры в рыхлом чехле с проявлениями битумов; 10 — дуговые структуры: а — внешняя граница Центрально-Корякской мегаструктуры, б — внутренняя граница внешнего обрамления Центрально-Корякской мегаструктуры, в — граница Ичигин-Уннейваямского рудного узла, г — границы крупных купольно-кольцевых структур — аркогенных сводов (В — Вывенского, Ку — Куйвиваямского), д — положительные, е — отрицательные структурные элементы; 11 — тектонические линеаменты (I — Вывенский, II — Центрально-Корякский разломы); 12—18 — проявления полезных ископаемых: 12 — никель, 13 — мышьяк, 14 — медь, 15 — олово, 16 — эпитермальные руды, 17 — ртуть, 18 — сера самородная

Ичигин-Уннейваямский рудный узел имеет длительную и весьма сложную историю. Отдельные его части разбиты разломами глубокого заложения и осложнены крупными тектоническими формами центрального типа — Куйвиваямский и Вывенский аркогенные своды (рис. 7). Их внешние диаметры—соответственно 72 и 64 км. Куйвиваямский свод размещается в качестве «электрона» на орбите Ичигин-Уннейваямской макроструктуры, Вывенский свод является ее «эксцентриком». Оба свода относятся по иерархической шкале к структурам III порядка.

Тектоно-магматические комплексы и вулканотектонические структуры относятся к постройкам IV порядка (средний диаметр 32 км).

V порядок размерности представлен рудными полями диаметром в среднем 16 км.

Рудная специализация Центрально-Корякского района является комплексной (см. рис. 7) и характеризуется наличием рудопоявлений, присущих всем стадиям орогенного этапа тектоно-магматического цикла.

Рудные узлы

Примером рудного узла в пределах Южной Камчатки может служить Малкинская структура, выявленная при анализе космических снимков (рис. 8) и имеющая в плане кольцевую форму с диаметром 35 км.

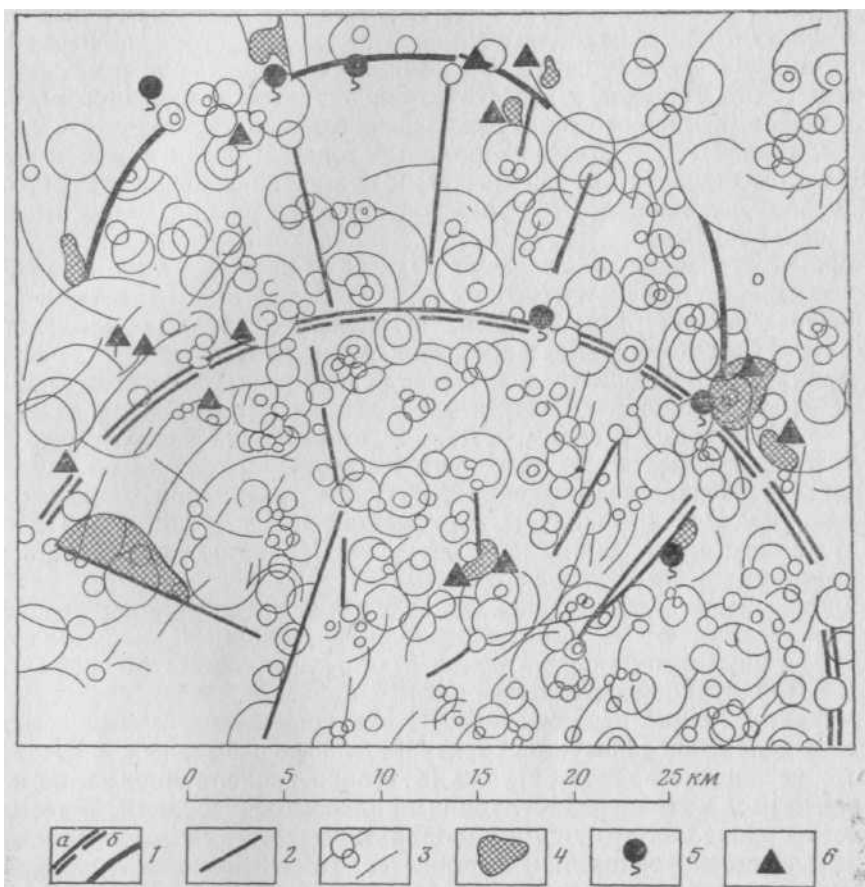


Рис. 8. Схема размещения продуктов эндогенной деятельности на площади Малкинской структуры (рудного узла). По Ю. М. Стефанову. 1 — кольцевые структуроограничивающие зоны разрывных нарушений Халзанской вулканотектонической (а) и Малкинской тектоно-магматической (б) структур; 2 — радиально-концентрические разломы Халзанской и Малкинской структур; 3 — прочие кольцевые и линейные структурные неоднородности; 4 — миоценовые интрузии диоритогранодиоритов; 5 — термоминеральные проявления и месторождения; 6 — коренные проявления металлов

Ограничивающие Малкинскую структуру кольцевые разрывные нарушения контролируют долины крупных рек. Радиально-концентрический рисунок, обусловленный внутренним строением структуры, определяет положение более мелких водотоков. Линейные и кольцевые структурные формы более низких порядков располагаются радиально или субконцентрически по отношению к центральной части Малкинской структуры. Важной особенностью последней является ее дискордантность по отно-

шению к вмещающей гетерогенной геологической среде. Кольцевая форма структуры сохраняется и при пересечении ею границ блоков, сложенных разными по возрасту и литологии породами, и изоклинально складчатых флишевых и метаморфических комплексов.

Частая приуроченность к внешнему обрамлению Малкинской структуры интрузивных и субвулканических пород единого возраста и петрохимии позволяет рассматривать их как единый магматический комплекс, а саму Малкинскую структуру как структуру тектоно-магматическую.

Рудоконтролирующее значение данной структуры хорошо иллюстрируется приведенной выше схемой размещения интрузивных пород и рудопоявлений (рис. 8): подавляющее большинство известных в районе проявлений цветных и других металлов, а также современных термоминеральных вод локализовано в зоне кольцевых структуроограничивающих разрывных нарушений и в ассоциации с интрузивными образованиями. Таким образом, и эта структура является долгоживущей. Кроме того, в формировании структурно-вещественного парагенезиса, как мы видим, участвуют и термоминеральные воды. Участки с максимальной эндогенной активностью приурочены к местам сочленения и пересечения кольцевых Халзанской и Малкинской структур или их кольцевых и радиальных разломов.

Общей особенностью структур рудных районов и узлов является то, что их каркас сложен магматическими продуктами. В отличие от этого структуры многих рудных полей, в пределах которых наблюдаются фразтуры гидротермального происхождения, сформированы в результате структурообразующего воздействия гидротермального рудоносного флюида. Их каркасом являются продукты гидротермальной деятельности — рудные жилы и системы жил. Рудовмещающие структуры, жильное и рудное вещество, а также метасоматиты рудных полей находятся в парагенетических соотношениях. В таком же парагенетическом соотношении находятся фразтуры и размещающиеся в них магматические образования (субвулканические интрузии и экструзии), связанные с глубинным магматическим очагом.

Однако в пределах рудных полей в качестве структурообразующего фактора выступают и сами производные глубинного магматического очага—субвулканические интрузии и экструзии. При этом формируются уже структурно-вещественные ансамбли.

В общем случае перечисленные структурно-вещественные парагенезисы и ансамбли образуют структуры разных размерных классов. Однако, как показано ранее [1], это не только разноразмерные, но и разновременные, а также разноглубинные классы образований. В этом триединстве проявляется принцип геодинамического соответствия возраста и глубинности эндогенного процесса, который включает в себя и эндогенное структурообразование [2, 4].

Рудные поля

Рассмотрим первый из типов структурно-вещественных парагенезисов — гидроконфокальные структуры (гидротермальные диатремы), гидротермально-эксплозивные кратеры, трубки взрыва и т. д., чтобы проследить взаимосвязь структурных и вещественных признаков рудных полей и типичных для них жильных систем. Рассмотрим эту проблему на примере так называемых эпитеpmальных и генетически связанных с ними месторождений.

По изменению структурно-морфологических особенностей парагенезисов устанавливается четыре глубинных интервала, в пределах каждого из которых парагенезис представлен своими структурно-морфологическими модификациями или фациями. С другой стороны, определенным

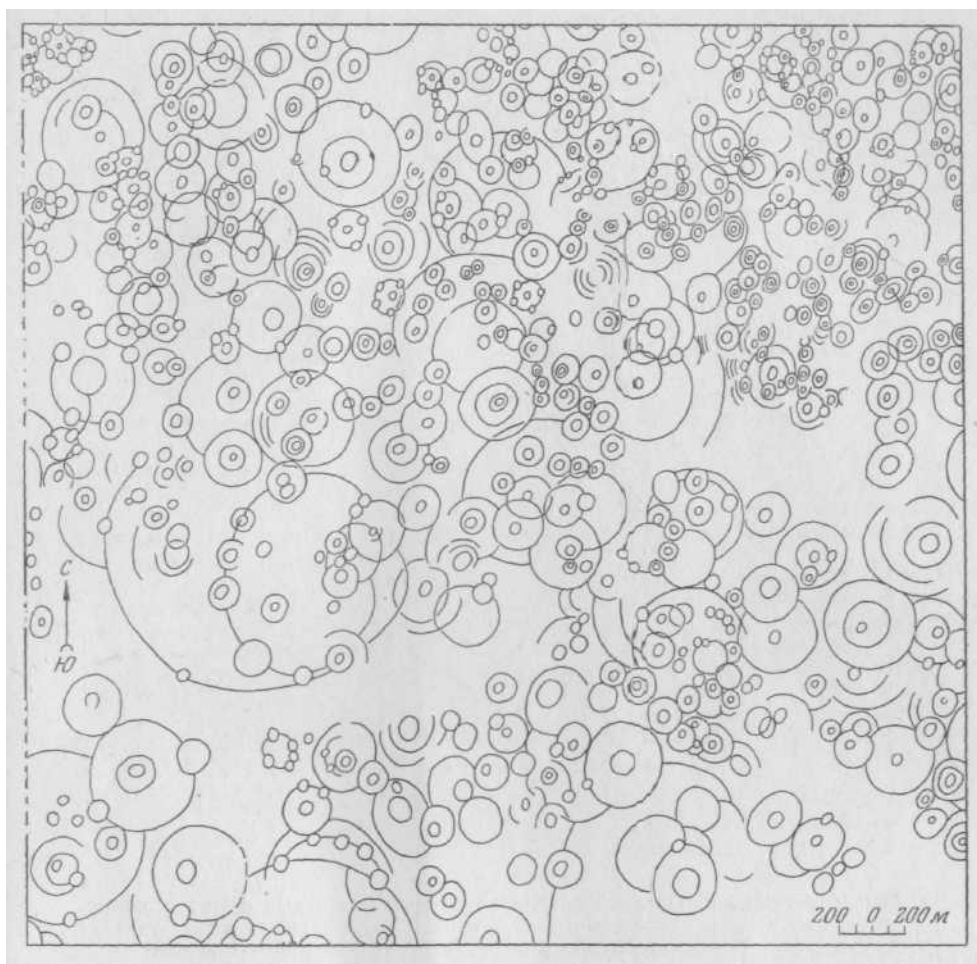


Рис. 9. Наблюдаемое поле фразтур Таловского рудного поля. По М. М. Василевскому, И. Ф. Делемню.

вертикальным интервалам жильных систем соответствуют определенные ассоциации минералов и элементов-примесей.

Различные фации глубинности гидроконфокальных структур отличаются закономерным уменьшением с глубиной диаметра фразтур и сложности их строения на каждом эрозионном срезе. Большая сложность выражается в многочисленности концентрических фразтур и структур «электронных орбит» и свидетельствует о малом эрозионном срезе.

Таким образом, структурно-вещественные парагенезисы рудных полей по материалам изучения гидроконфокальных структур это прежде всего структурно-вещественные фации глубинности рудных полей.

Рудные тела (штокверки кварцевых жил, кварц-монокварцитовые столбы, гидротермальные трубки взрыва, отдельные рудные жилы) подчинены радиально-концентрическому структурному каркасу фразтур рудных полей, располагаясь в местах пересечения элементов дугового и радиального направлений. Центральные части рудных полей и известные рудоносные участки характеризуются повышенной плотностью структурных неоднородностей диаметром 100—500 м, контролирующих распределение основного оруденения (рис. 9, 10). Рудоносные структуры сформированы под влиянием структурообразующего воздействия само-

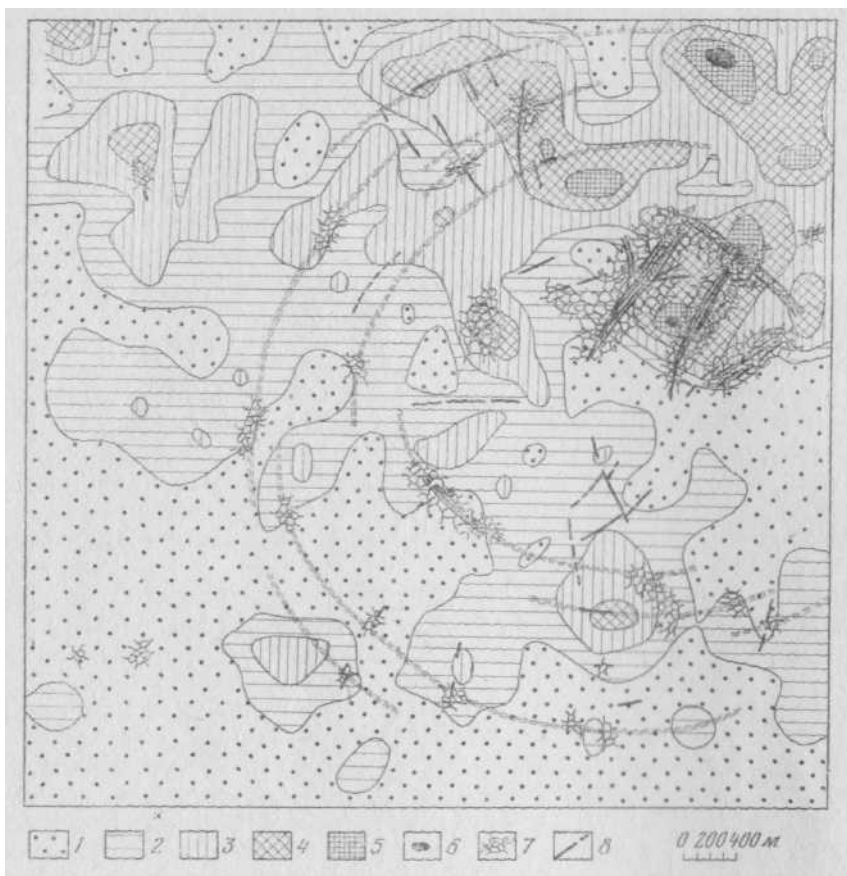


Рис 10. Схема наблюдаемой плотности центров кольцевых фразтур, совмещенная со схемой размещения систем жил и рудных штоков участка Аметистовый Таловского рудного поля. По С. Н. Рычагову. Значения плотности центров фразтур, ед.: 1 — 0—5; 2—5—20; 3— 10— 15; 4—15—20; 5—20—25; 6—более 25; 7— штоковки маломощных жил и прожилков в кольцевых зонах трещиноватости; 8 — кварцевые рудные жилы

го рудоносного флюида, который обусловил минерализацию сформированных им структурных неоднородностей и гидротермальное преобразование пород.

Заключение

Анализ изображений земной поверхности разных масштабов в областях развития вулканизма приводит к выявлению структур центрального типа различных классов размерности — от крупных мегаструктур размером 100 км и более с магматическим каркасом, соответствующих рудным районам, до элементарных гидротермальных диатрем с брекчиями гидротермальных взрывов и рудами в них.

Выявление областей с повышенной плотностью кольцевых фразтур с учетом индивидуальных особенностей их распределения внутри сообщества имеет большое практическое значение.

Рудные образования приурочены к кольцевым структурным формам диаметром чаще от 100 до 300 м (до 500—1000 м). Детальными геолого-разведочными работами установлена приуроченность участков пересечений нескольких рудоносных жил, раздувов отдельных рудных тел, характеризующихся брекчиевыми текстурами, к центральным частям структур. Зачастую такие участки заключены в «свои» кольцевые формы

малого диаметра и выделяются по наличию специфических брекчий взрыва. Такие структурные неоднородности представляют собой кварцево-рудные штокверки размером от первых метров до 400—500 м.

В общем случае структурно-вещественные парагенезисы как кообразования структур и вмещаемых ими продуктов представляют собой совокупность структурных неоднородностей центрального типа разных размерных классов с характерным вещественным наполнением. Однако эти неоднородности не только разноразмерны, но и разноглубинны и разновозрастны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Василевский М. М.* Основы прогнозной оценки рудоносности вулканогенных формаций.— В кн.: Прогнозная оценка рудоносности вулканогенных формаций. М.: Недра, 1977, с. 247—284.
2. *Василевский М. М.* Принципы геодинамического соответствия возраста и глубинности в плутонических, метаморфических и рудообразующих процессах.— В кн.: Прогнозная оценка рудоносности вулканогенных формаций. М.: Недра, 1977.
3. *Василевский М. М.* Энергетические классы орбитальных оротектонических структур Тихоокеанского региона.— Бюл. вулканол. ст., 1978, № 55, с. 112—130.
4. *Василевский М. М., Зимин В. М.* Физические неоднородности и тектоно-магматические структуры Юго-Восточной Камчатки.— В кн.: Гидротермальный процесс в области тектоно-магматической активности. М., 1977, с. 211—215.
5. *Василевский М. М., Тарасенко Т. В., Харченко Ю. И., Кутыев Ф. Ш.* Вулканы как индикаторы долгоживущих магматических и металлогенических центров (принципы металлогенического анализа и районирования).— В сб.: Геодинамика, магнообразование и вулканизм. Петропавловск-Камчатский, 1974, с. 167—174.
6. *Оберт Л.* Хрупкое разрушение горных пород.— В кн.: Разрушение, т. 7. М.: Мир, 197, с. 57—128.

Институт вулканологии
ДВНЦ АН СССР

Поступила в редакцию
20.III.1980