

## Металлогеническое районирование: состояние и перспективы (на примере оловоносности востока России)

Н.П.МИТРОФАНОВ (ВИМС)

После «золотого века геологии» на территории России практически не осталось неизвестных рудоносных площадей. Надеяться на открытие новых металлогенических провинций, областей, рудных районов нет серьезных оснований. Если на минерагенических картах появляются новые названия таксонов, то только благодаря тому, что их площади и ранги каждым исследователем тракуются по-своему. Из-за отсутствия принятой таксономии размеры металлогенического подразделения одного ранга могут различаться на несколько порядков. Площадь Северо-Янского оловорудного района в Якутии превышает 1 млн. км<sup>2</sup>, Певекского района на Чукотке составляет 240 км<sup>2</sup> [3]. В пределах Северо-Янского района якутские геологи выделяют серии металлогенических зон, а в их пределах рудные районы с собственными названиями [17, 21]. Территорию Кавалеровского рудного района на юге Приморского края И.Н.Томсон определяет в 470 км<sup>2</sup> [19], Е.А.Радкевич в 1300 км<sup>2</sup> [2]. Приморские геологи, справедливо причисляя к ней периферические оловорудные узлы, считают площадь района равной не менее 5000 км<sup>2</sup> [10]. В новейшей публикации по Корьякско-Камчатской металлогенической области [6] допускается выделение в ее пределах серии металлогенических провинций, вмещаемых структурно-формационными зонами. В рамках провинций без каких-либо ограничений показываются металлогенические зоны складчатого основания. С ними не увязываются площади рудных районов. Представленная схема и схемы металлогенического районирования предшественников [3, 16], составленные на той же тектонической основе, по рангам и названиям таксонов совершенно несопоставимы.

Рудные узлы и поля в регионах России, как правило, выделяются производственными организациями. Разработанные ими схемы районирования подчиняются единственному канону — мере экстенсивности и интенсивности проявления полезного ископаемого. Эта мера зависит от полноты изученности и знания составителями закономерностей размещения месторождений. Такие схемы являются сугубо авторскими, многочисленными и радикально различающимися между собой.

Существующее в отечественной металлогении «вавилонское столпотворение» — результат использования устаревших металлогенических представлений. Согласно существующим определениям региональных таксонов (провинции, области, зоны), они соотносятся с контурами крупных структур земной коры [12]. Однако давно отмечено, что тектоническое районирование, построенное в рамках геосинклиальной концепции, не всегда совпадает с металлогеническим [3, 5]. Локальные таксоны, к которым И.Н.Томсон относит рудные районы, узлы и поля [19], по тем же определениям рассматриваются как части крупных металлогенических подразделений, и закономерности распределения этих «частей» произвольны. Проблема отяго-

щается тем, что в геологической практике к площадям таких таксонов привязываются количественные оценки потенциальных и прогнозных ресурсов, делая их невоспроизводимыми.

Улучшило положение в региональном металлогеническом районировании использование новых геодинамических карт [1, 15 и др.]. На их основе выполнена «Минерагеническая карта Российской Федерации и прилегающих территорий» масштаба 1:2 500 000 (2000) и «Схема металлогенического районирования России» масштаба 1:5 000 000 (2002). Минерагеническая карта показывает в форме пуансонов положение геолого-промышленных типов месторождений в различных геодинамических обстановках. Использование компьютерных технологий сделало «Схему районирования» даже при меньшем масштабе более содержательной. В ней на основе выделения геодинамических комплексов и их структурно-вещественных особенностей дана интегральная металлогеническая характеристика всего разреза земной коры для всех региональных металлогенических единиц. Контуров провинций, областей и мегазон укладываются в границы геодинамических структур, но из-за мелко-масштабности основы и отсутствия на ней структур равновеликих территориальным (металлогеническим) зонам, контуры их уже проводятся по геологическим и геохимическим данным. Отсутствие крупномасштабных геодинамических реконструкций не позволяет определять контуры локальных металлогенических таксонов. К сожалению, это обстоятельство вызывает необоснованную критику геодинамической концепции, вместо того, чтобы поставить вопрос о необходимости составления соответствующих карт. Уместно напомнить, что геодинамика, изучающая процессы формирования вещественных комплексов, в т.ч. рудных, ближе всего подводит нас к пониманию природы металлогенических подразделений и определению генезиса месторождений [8].

В середине прошлого века Э.Уиссер установил связь эндогенного оруденения с купольными структурами [20]. И.Н.Томсон и М.А.Фаворская (1971) указали на контроль рудных районов, узлов и полей орогенными очаговыми (тектономагматическими) структурами, наложенными на складчатость. В последнее время этот непреложный факт развили Е.В.Плюшев и другие [14, с. 20]. В монографии заявлено, что «рудные таксоны — не произвольные ареалы скопления рудных месторождений, а конкретные геологические тела». «Теоретической моделью таксонов является рудоформирующая система. Она представляет собой взаимосвязанные сочетания областей извлечения, избирательной мобилизации и перемещения исходно рассеянных рудных компонентов в области их концентрирования» [14, с. 14]. При этом не рассматривается вопрос об ограничивающих элементах, констатируя, что «выделение, типизация и уточнение конкретных границ рудоформирующих сис-

тем выполняются в результате специального металлогенического картирования» [14, с. 23]. В большинстве регионов России такие работы по унифицированным схемам не проводились. Поэтому контуры узлов авторы намечали, опираясь в основном на противоречивые данные местных геологов. Фундаментальный монографический труд убедительно показал, что у геологической службы страны отсутствует научно обоснованное металлогеническое районирование на локальном уровне.

Для выполнения металлогенического районирования и решения прогнозных задач, отвечающих современным требованиям, необходимо:

использовать единую таксономию металлогенических подразделений;

конкретизировать определения металлогенических таксонов как объемных объектов;

разработать методологию распознавания таксонов в структурах земной коры;

предложить адаптированные к объемным металлогеническим объектам варианты количественных расчетов их металлогенических потенциалов и прогнозных ресурсов.

Ответы на некоторые из этих вопросов в современной научной базе уже имеются [5, 11, 13 и др.], над остальными еще надо работать.

**Таксономия металлогенических подразделений.** Иерархический ряд металлогенических подразделений для всех полезных ископаемых был предложен Е.Т.Шаталовым с соавторами в 1964 г. [23]. В.И.Смирнов рудоносные площади в своих трудах разделял на провинции, области (пояса), районы (узлы), поля, месторождения. В дальнейшем эта шкала была конкретизирована Д.В.Рундквистом (1984), и в ней размер таксона каждого ранга отличался на порядок. И.Н.Томсон подчеркнул необходимость отделять региональные металлогенические подразделения от локальных (рудных). Цель региональной металлогении — выяснение условий, определяющих специализацию оруденения; локальной — установление условий концентрации оруденения. Исследования по ранжированию были подытожены В.М.Терентьевым с соавторами. [18]. Они различают планетарные металлогенические пояса, в региональном ряду — металлогенические пояса и провинции с базовыми размерами сотни тысяч квадратных километров, рудоносные области и зоны — десятки тысяч квадратных километров. К локальным (дискретным) подразделениям относят рудные районы — тысячи квадратных километров, рудные узлы — сотни квадратных километров и рудные поля — десятки квадратных километров. Базовые размеры месторождений определены в единицы квадратных километров. Предложенная соподчиненность металлогенических подразделений увязывается с иерархией масштабов и видов геологических исследований, проводимых в России, апробирована в цифровых картах полезных ископаемых ИАС «Госгеолкарт» [4]. Министерству природных ресурсов России остается только утвердить разработанное ранжирование, чтобы оно стало нормой в отрасли.

**Определения металлогенических таксонов.** Определение региональных подразделений как специализированной среды на полезные ископаемые, вмещающей крупными тектоническими структурами следует сохранить. Для снятия вопросов о нестыковке их границ, структуры геосинклинальной геологии необходимо заменить геодинамическими (плиты, островные дуги, пассивные континентальные окраины, рифты и др.). В определениях целесообразно

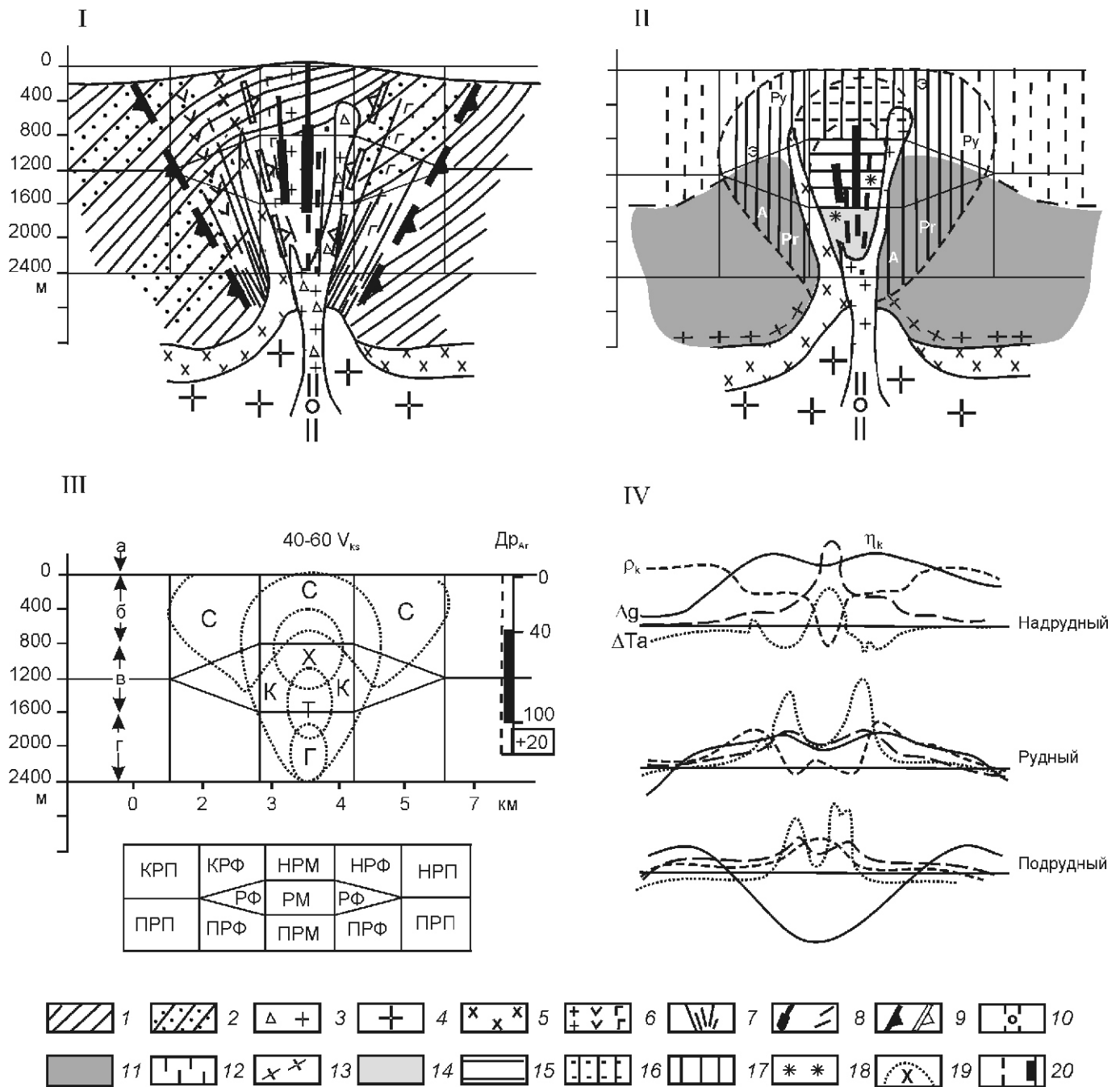
указать на геодинамические процессы, формирующие магматические образования (коллизия, субдукция и др.). Связь литофильных полезных ископаемых с гранитоидами позволяет уже на уровне областей соотносить их с орогенными тектономагматическими структурами.

В советский период вся площадь страны была изучена в масштабе 1:200 000, а рудные районы — 1:50 000. Специализация геологических образований была определена достаточно хорошо. Большинство месторождений, вскрытых эрозией, выявлены. Сейчас актуальна задача обнаружения глубокозалегающих и скрытых рудных объектов. Основные усилия должны быть направлены на разработку локального прогнозирования. Ученые давно изучают локальные рудно-магматические системы (Г.М.Власов, А.И.Кривцов, В.Т.Покалов и др.). Речь идет об объемном определении предмета поисков и прогноза, т.е. о составлении моделей этих систем, что в настоящее время и осуществляется во многих научно-исследовательских институтах.

Модель локального рудного объекта должна включать систему геологических, геохимических, геофизических и других критериев, характеризующих объект и область его развития. Для примера возьмем совмещенную модель рудного поля (область прогноза и поиска) и месторождения олова (объект) полиметалльно-оловянной формации (по классификации А.Б.Павловского). Модель составлена по хорошо изученным рудным полям и месторождениям Кавалеровского рудного района Приморского края. В деталях она освещена в работе [9]. Здесь приведем только основные свойства и характеристики, составляющие критерии и прямые признаки ее распознавания. На рис. 1, I показаны три частных модели. *Структурно-вещественная модель (I)*, в которой наиболее примечательна геометрия рассматриваемых рудных структур. Рудно-магматическая система поля представляет собой конус, перевернутая вершина которого упирается в выступ гранитоидного криптобатолита. Месторождение локализуется в наиболее нарушенной и магнезасыщенной зоне, часто называемой рудной воронкой. Оруденение тесно связано с поздними фазами становления гранитоидных тел. Магматические породы объединяются в габбро-монцодиорит-гранодиорит-гранитную формацию, где преобладают поздние калиевые разновидности кислых пород, подчиненно основные и средние. Есть и еще отличительный признак модели рудного поля — это купольная морфоструктура. Она сформировалась в результате внедрения выступа гранитоидного криптобатолита в осадочную кровлю. Образовавшуюся эндогенную структуру с многофазным внедрением гранитоидных тел И.Н.Томсон определил как очаговую [19].

В *метасоматической модели* (см. рис. 1, II) хорошо заметна наложенность рассматриваемой рудно-магматической системы на купол биотититов и приуроченность продуктивной части месторождения к границе региональных метасоматитов — биотититы и пропилиты. В рудной воронке месторождения четко проявлены фации локального метасоматоза: от грейзеноподобной в подошве, продуктивной березитоподобной в центре, с затухающим оловянным оруденением в пропилитоподобной фации верхней и фланговых частях системы.

В *минералогической модели* (см. рис. 1, III), подчиняясь смене локальных метасоматитов, проявляется зональное положение различных минеральных типов оловянного оруденения: от высокотемпературного грейзенового внизу рудной колонны, через продуктивные турмалиновый и хлори-



**Рис. 1. Модели оловорудного поля и месторождения олова полиметалльно-оловянной формации:**

модели: I — структурно-вещественная, II — метасоматическая, III — минералогическая с элементами геохимии, IV — геофизические графики на срезах; 1 — алевролиты и аргиллиты; 2 — пачки флишеидного переслаивания алевролитов и песчаников; 3 — трубки взрыва кислого состава; 4 — граниты криптобатолита; 5 — гранодиорит-порфиры, кварцевые диоритовые порфиристы; 6 — дайки состава: а — кислого, б — среднего, в — основного; 7 — трещиноватость; 8 — рудные тела: а — жильные, б — прожилково-вкрапленные зоны и штокверки; 9 — контуры: а — купольной рудно-магматической системы (рудного поля), б — рудной воронки (месторождения); 10 — глубинные зоны проницаемости; зоны региональных метасоматитов: 11 — биотититовая, 12 — пропилитовая; 13 — зона контактовых роговиков; фации локальных метасоматитов: 14 — грейзеноподобная, 15 — березитоподобная, 16 — переходная березито-пропилитоподобная, 17 — пропилитоподобная; 18 — турмалинизация; области преобладающего распространения: Э — эпидот, Py — пирит, А — актинолит, Pr — пирротин; 19 — границы распространения минеральных типов оруденения: С — сульфидно-сульфосольного, К — колчеданного, X — хлоритового, Т — турмалинового, Г — грейзенового; положение определяющих эрозийный срез геохимических ассоциаций: а — Au-Ag, б — Pb-Zn-Ag, в — Sn-Cu-As, г — W-Mo; 20 — вертикальный размах и благоприятные интервалы локализации оловянного оруденения по количеству арсенипирита дырочного типа проводимости,  $Dr_{Ar}$ , %;  $V_{ks}$  — термоЭДС касситерита, мВ; зоны геологического пространства [по 5]: РМ — месторождения, РФ — его фланги; надрудные: НРМ — месторождения, НРФ — фланговые, НРП — периферические; подрудные: ПРМ — месторождения, ПРФ — фланговые, ПРП — периферические; на графиках IV:  $g$  — поле силы тяжести,  $T_a$  — магнитное поле,  $\rho$  — удельное сопротивление,  $\eta$  — поляризуемость

товый типы к среднетемпературному сульфидно-сульфосольному (полиметаллическому) вверху. Внизу продуктивные типы окружает колчеданный тип, вверху он объединяется с сульфидно-сульфосольным. За пределами рудного поля зональность продолжается в низкотемпературных типах золотосеребряного, а затем сурьмяно-ртутного оруденения [3, 9]. По геохимической зональности подрудные горизонты фиксируются вольфрам-молибденовыми аномалиями; продуктивная часть — оловянными, совпадающими с аномалиями меди и мышьяка. Надрудную часть отличают серебро-полиметаллические геохимические аномалии.. Здесь же показана возможность определения эрозионного среза и продуктивности другими методами, в частности, по типам проводимости и значениям термоЭДС рудных минералов [9].

По геофизическим графикам (см. рис. 1, IV) отчетливо видно изменение величин плотности  $\rho$ , магнитности  $T_a$ , удельного сопротивления и поляризуемости пород рудно-магматической системы, имеющих различную величину над рудным полем и месторождением в зависимости от уровня эрозионного среза.

Из модельного образа нетрудно вывести определение оловорудного поля, вмещающего месторождения полиметалльно-оловянной формации. Это локальная структура в форме перевернутого конуса, наложенная на осадочное (возможно, вулканогенное) основание, выполненная магматическими, метасоматическими, рудными образованиями, опирающаяся на выступ гранитоидного криптобатолита и контролируемая коровым разломом, на поверхности проявленная купольной морфоструктурой размером  $n 10 \text{ км}^2$ , характеризующаяся аномальными рудными и геохимическими концентрациями олова и сопутствующих ему компонентов. Подобное определение может быть распространено на рудные поля других полезных ископаемых гранитофильного профиля [13]. Через аналогичное построение моделей рудных узлов и районов, являющихся более крупными конформными полю построениями, вырабатываются определения рудно-магматических систем, отражающих их объем, размер, вещественное наполнение и особенности раскрытия оруденения.

**Методология выделения металлогенических подразделений гранитоидного профиля в земной коре.** Месторождения олова формируются только в пределах континентальной коры. В Северо-Западном секторе Тихоокеанского рудного пояса [1], занимающего восточные территории страны, расположены древние Сибирская (AR), Чукотская (AR-PR) и Амурская (AR-PZ) континентальные плиты (рис. 2). В процессе позднемезозойской орогении края плит преобразовались в складчатые и скученные хаотические аккреционные сооружения, сопровождаемые широким развитием гранитоидного магматизма [1], обусловившего появление в нарушенном обрамлении плит многочисленных, в т.ч. крупных, месторождений олова. На краях каждой из плит выделяются соответственно Яно-Колымская, Чукотская и Дальневосточная оловоносные провинции, занимающие площади порядка  $n 10^5 \text{ км}^2$ . Плиты в конце мезозоя объединились в Евразийский материк. На формирующейся континентальной коре Корякско-нагорья, зародилась Корякская провинция, по размерам отвечающая области. На ее незрелой коре образовались мелкие месторождения олова [3].

Коренные месторождения олова, непосредственно связанные с гранитными телами, локализуются в их выступах или

надынтрузивных зонах. Небольшие поздние тела ультракислых гранитов, с которыми наиболее тесно ассоциируют месторождения, занимают апикальные части интрузий главных фаз, которые в основании, как правило, сливаются в криптобатолиты, т.е. все они находятся в определенной иерархической соподчиненности. Гранитоиды в осадочном слое коры по отношению к окружающим и перекрывающим отложениям являются разуплотненными изостатически неуравновешенными образованиями и во всей своей истории после становления испытывают непрерывное воздымание, чему во многом способствуют процессы денудации, непрерывно облегчающие их кровлю. В результате гранитоидные массы, в т.ч. не выходящие на поверхность, в рельефе образуют положительные формы. В иерархии форм рельефа оловоносных провинций достаточно определенно выделяются орогенные мегасводовые поднятия, сформированные разросшимся гранито-метаморфическим слоем. По размерам ( $n 10^4 \text{ км}^2$ ) они сопоставимы с оловоносными областями. В их пределах различают морфоструктуры, имеющие округлые формы, радиально-концентрическое строение, т.е. отвечающие характеристикам морфоструктур центрального типа (МЦТ). В иерархической соподчиненности таких морфоструктур выделяются своды, занимающие площади  $n 10^3 \text{ км}^2$ , купола размерами  $n 10^2$  и  $n 10 \text{ км}^2$ . Используя принцип геолого-геоморфологической конформности [22], перечисленные морфоструктуры позволяют выявить иерархию и размеры породивших их гранитоидных рудно-магматических систем, другими словами, параметры локальных металлогенических подразделений в рангах рудного района, узла и поля. При этом решается насущная задача — определение границ металлогенических таксонов.

**Оловоносные области.** В рельефе Чукотской оловоносной провинции выделяются три мегасводовые морфоструктуры (см. рис. 2): Анюйская ( $7 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ), Чаунская ( $13 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ) и Восточно-Чукотская ( $8 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ), в рамках которых выделяются одноименные оловоносные области. Анюйская и Чаунская обладают горным рельефом, присущим складчатым областям, Восточно-Чукотская — сглаженным рельефом, характерным для древнего кристаллического основания. Имея разное геологическое наполнение, они характеризуются разными перспективами открытия месторождений олова [3, 8].

В пределах Яно-Колымской провинции В.С.Кравцов [7] выделяет три орогенных мегасвода: Верхнеянский (см. рис. 2), Верхнеиндигирский и Верхнеколымский. Несмотря на свои внушительные размеры и несоподчиненность складчатым структурам, они достаточно четко проявляются в рельефе. С ними сопоставимы Полоусный и Южно-Верхоянский мегасводы. Все они обладают разной оловоносностью. Наиболее перспективен на открытие крупных природных скоплений олова Полоусный мегасвод. Весьма экстенсивным оруденением отличается Южно-Колымский мегасвод, но интенсивность его оловянных объектов не превышает средних масштабов.

В южной части Дальневосточной провинции четко различаются Ханкайская и Сихотэ-Алинская оловоносные области (см. рис. 2). Ханкайская ( $6 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ) находится в границах выравненного древнего Ханкайского мегасвода, Сихотэ-Алинская — в рамках вытянутой мегасводовой морфоструктуры ( $19 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ), которую образует Сихотэ-Алинская горная гряда. Отличие в их ландшафтах соотносится с отличием в геологическом строении и продуктивности оруденения. Ханкайская из-за сильной эродированности не имеет шан-

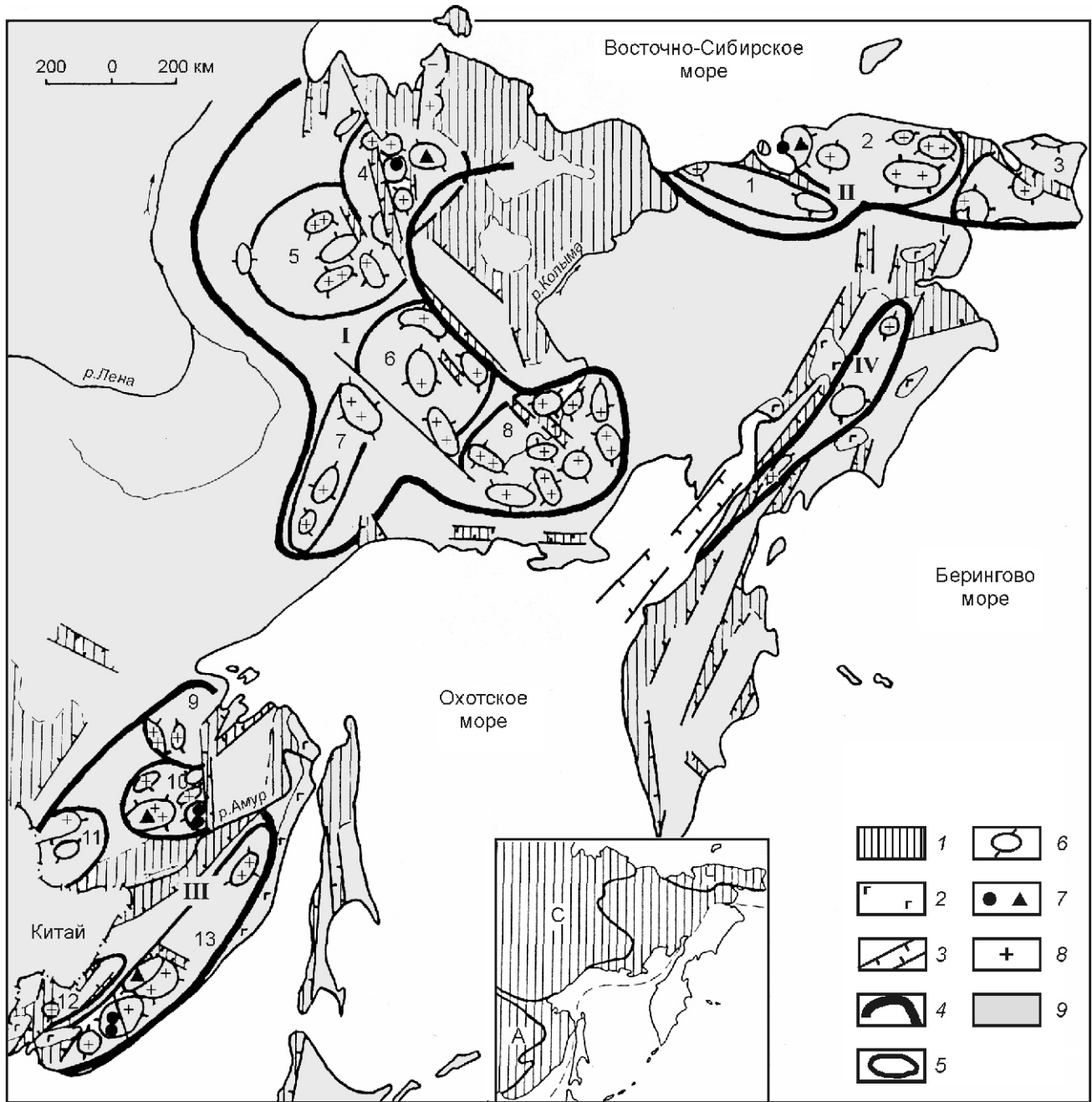


Рис. 2. Оловоносные провинции и морфоструктуры Северо-Западного сектора Тихоокеанского рудного пояса:

континентальные рифтовые комплексы: 1 — грабеновые, 2 — вулканогенные; границы: 3 — грабенов; 4 — оловоносные провинции: I — Яно-Колымская, II — Чукотская, III — Дальневосточная и IV — формирующаяся Корьякская; 5 — мегасводы размерами  $n 10^4 \text{ км}^2$  (1 — Анойский, 2 — Чаунский, 3 — Восточно-Чукотский, 4 — Полоусненский, 5 — Верхнеянский, 6 — Верхнеиндигирский, 7 — Южно-Верхоянский, 8 — Верхнеколымский, 9 — Приохотский, 10 — Буреино-Баджалский, 11 — Биро-Хинганский, 12 — Ханкайский, 13 — Сихотэ-Алинский); 6 — оловоносных сводов размерами  $n 10^3 \text{ км}^2$ ; 7 — крупные месторождения формаций: а — олова полиметалльно-оловянной и б — редкометалльно-оловянной; 8 — средние и мелкие месторождения; 9 — породы основания; на врезке: древние континентальные плиты: С — Сибирская, Ч — Чукотская, А — Амурская, заштриховано — объединяющая Евразийская; пунктир — граница между Внешней и Внутренней мегазонами Тихоокеанского подвижного пояса

сов на открытие крупных месторождений олова, хотя обнаружение здесь погребенных россыпей тектонических уступов промышленных масштабов вполне реально. Сихотэ-Алинская содержит крупные коренные месторождения и является перспективной на открытие новых. В северной части провинции выделяются три мегасвода (см. рис. 2): Приохотский ( $5 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ), Буреино-Баджалский ( $6 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ) и

Биро-Хинганский ( $3 \cdot 10^4 \text{ км}^2$ ). В их рамках находятся Приохотская, Баджало-Горинская и Биро-Хинганская оловоносные области. Они, как и все предыдущие, имеют разную оловоносность. Приведенные практические соображения диктуют необходимость выделения мегасводов в самостоятельные оловоносные области, которые при этом приобретают вполне осязаемые границы.

**Оловорудные районы.** Сихотэ-Алинская область состоит из непрерывной цепочки морфоструктурных сводов, размерами в тысячи квадратных километров. Среди них с севера на юг В.В.Середин (1987) выделяет Северо-Сихотэ-Алинский, Бикинский, Средне- и Южно-Сихотэ-Алинские и Лазовско-Павловский своды. В конформной связи с ними находятся одноименные орогенные структуры. По гравиметрическим данным в центре каждой из них устанавливается область разуплотнения, т.е. все они связаны с обособленными внутрикоровыми гранитоидными очагами. В пределах морфоструктур, за исключением слабоизученной Бикинской, размещаются известные в Сихотэ-Алине оловорудные районы.

Наиболее крупный Южно-Сихотэ-Алинский свод (рис. 3, I). В рельефе его морфоструктура с четким ядром хорошо читается по вершинным поверхностям и радиально-концентрическому рисунку речной сети. Она, занимая территорию более  $16 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ , полностью перекрывает Журавлевскую турбидитовую зону, а по краям захватывает площади Самаркинской и Таухинской зон, отделенных от первой, Центрально-Сихотэ-Алинским и Прибрежным разломами. В поле силы тяжести максимальное разуплотнение фиксируется в ее ядре, которое полностью расположено в пределах Журавлевской зоны, являющейся наиболее рудонасыщенной и благоприятной для рудоконцентрации. Поэтому, именно ее и целесообразно рассматривать как рудоносную площадь свода. В средней части зона разделена Дорожным разломом северо-западного направления. К юго-востоку от него традиционно выделяется Кавалеровский, а к северо-востоку — Верхнеуссурский рудные районы [3]. В очерченных границах площадь Кавалеровского района определяется не более чем в  $5 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ , Верхнеуссурского около  $7 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ .

Широко известна кольцевая Мяо-Чанская очагово-купольная структура, вмещающая Комсомольский оловорудный район [3, 19]. Ее центральная рудонасыщенная часть по контуру криптобатолита, выделяемого геофизическими методами, занимает площадь около  $2 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ . В границах же конформной ей сводовой морфоструктуры размер района определяется в  $4 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ .

В Полоусной оловоносной области геологи Якутии выделяют Западно-, Центрально-Полоусные и другие рудные районы с неясными границами [17, 21]. В Западно-Полоусной области, по геологическим данным, выделяется Депутатская очагово-купольная структура, контуры которой фиксируются конформной морфоструктурой центрального типа (см. рис. 3, II). В рамках этой морфоструктуры, размер которой  $6 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ , предлагается выделять Депутатский оловорудный район. К северо-западу от него, по морфоструктурным данным, нетрудно установить контуры Верхнеселеняхской и Куйгинской оловорудных площадей. К югу от Депутатского района четко прописываются границы морфоструктуры центрального типа Томмотского (Сячанского) рудного района с Чибалахским апоскарновым боро-оловянным месторождением и т.д. Известный Омсукчанский оловорудный район в Верхнеколымской области занимает территорию одноименного хребта размером  $19 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ . В основании его северной части залегают юрские отложения окраинных морей, тогда как в основании южной находятся триасовые отложения пассивной континентальной окраины (Н.А.Богданов, С.М.Тильман, 1992). В морфологическом плане они отличаются разными

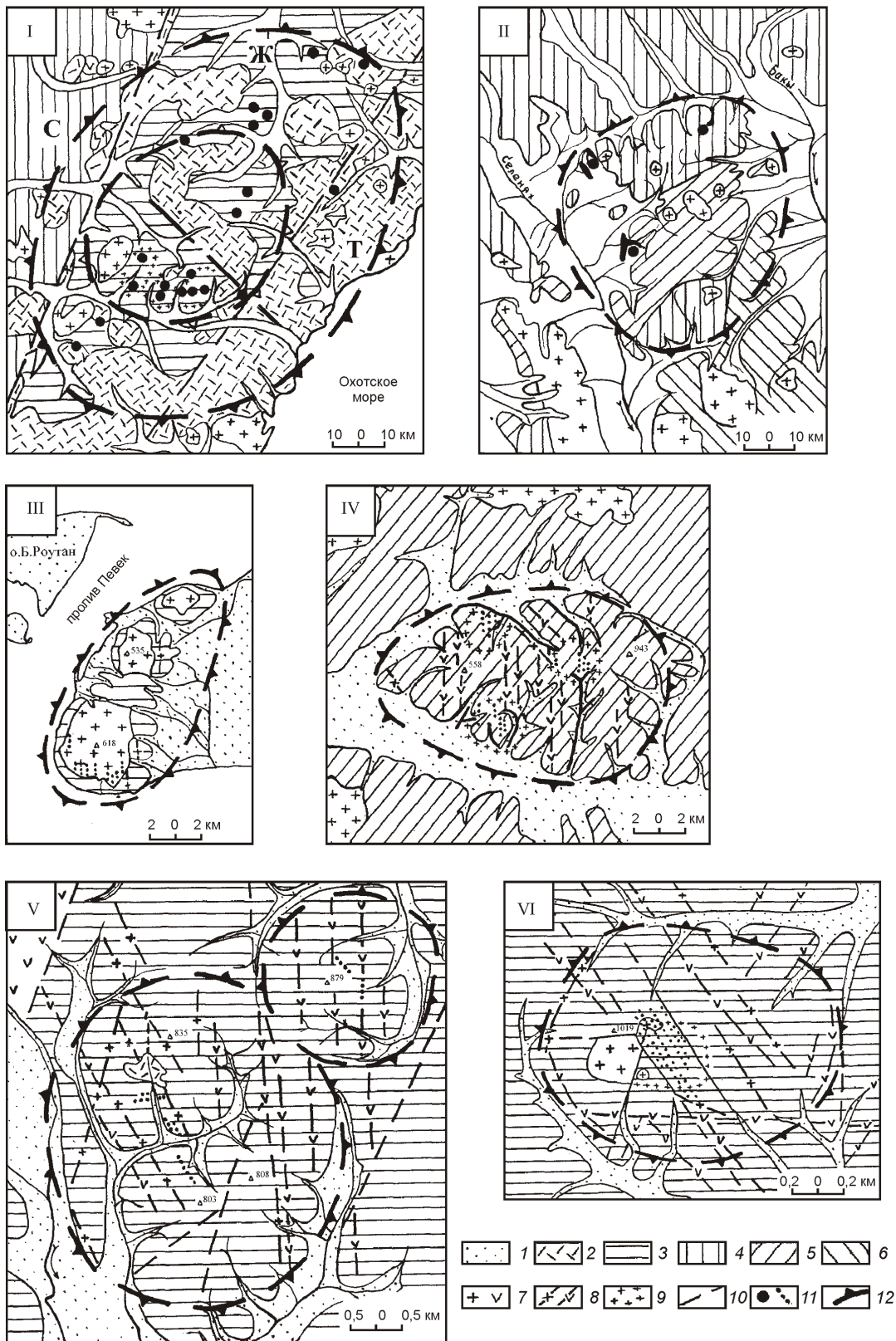
уровнями вершинных поверхностей и обособленным радиально-структурным внутренним строением. По этим признакам целесообразно выделять Северо-Омсукчанский малоперспективный и Южно-Омсукчанский высокопродуктивный на олово районы, занимающие площади соответственно  $8 \cdot 10^3$  и  $10 \cdot 10^3 \text{ км}^2$ .

Внутри сводов всегда можно различить морфоструктуры центрального типа размерами на порядок ниже, в пределах которых выделяются *рудные узлы* ( $n \cdot 10^2$ ). Металлогеническое районирование Чаунской оловоносной области началось с выделения оловорудных узлов (С.Ф.Лугов, 1965). Это произошло потому, что их эндогенные структуры четко проявлены в рельефе положительными морфоструктурами. Певекский оловорудный узел ( $240 \text{ км}^2$ ), вмещающий крупное Валькумейское месторождение, занимает купол одноименного полуострова (см. рис. 3, III). На материке в не менее четком куполе находится Пыркакайский узел (около  $400 \text{ км}^2$ ). В его пределах расположены не только месторождения крупных оловянных штокверков, но и сформированные за счет их разрушения аллювиальные россыпи (см. рис. 3, IV), в совокупности образующие крупный рудно-россыпной узел и др.

В центральной части Кавалеровского рудного района различают Арсеньевский, Партизанский и Силинский оловорудные узлы, выделенные по контурам скрытых гранитоидных тел. Партизанский и Силинский совпадают с границами Центрального ( $200 \text{ км}^2$ ) и Восточного ( $190 \text{ км}^2$ ) купольных морфоструктур центрального типа. Северная часть Арсеньевского узла входит в состав такой Северной морфоструктуры ( $140 \text{ км}^2$ ), а южная — Западной ( $130 \text{ км}^2$ ). Месторождения (Арсеньевское, Новогорское и др.) встречены именно там, где территории узлов, выделенные по разным критериям, совпадают.

Месторождения олова Кавалеровского рудного района, все без исключения, находятся в пределах купольных морфоструктур центрального типа, размеры которых отвечают порядку  $n \cdot 10 \text{ км}$ , т.е. размерам *рудного поля* [2]. Положительные формы и радиально-концентрическое строение хорошо заметны на местности. Морфоструктуры центрального типа крупных размеров, с усредненным радиусом 3—6 км, к которым относятся Арсеньевская (см. рис. 3, V), Верхняя, Партизанская, Хрустальная, вмещают крупные и близкие к ним по масштабу месторождения; радиусом 3 км — Ивановская (см. рис. 3, V), Темногорская и другие вмещают мелкие месторождения и рудопроявления. Рудоносные морфоструктуры района сложены в основном терригенными отложениями. Положительные морфоструктуры, выполненные интрузивными (Березовская, Араратская), вулканоплутоническими (Якутинская, Васильевская и др.) и вулканогенными (Угловская) образованиями, имеющие, как правило, крупные размеры, неоловоносны или слабооловоносны. Пустыми являются и терригенные морфоструктуры центрального типа, на площади которых не отмечено признаков магматической, метасоматической и гидротермальной деятельности. Перечисленные относятся к рудоносным морфоструктурам не только Кавалеровского, но и других рудных районов Востока России, их разнопорядковым рудно-магматическим системам, порожденных субдукционным магматизмом с оруденением полиметалльно-оловянной формации [8].

Границы рудно-магматических систем в ранге рудного района, обусловленных коллизионным магматизмом в древних кристаллических массивах (Восточно-Чукотский,



**Рис. 3. Строение морфоструктур центрального типа локальных таксонов:**

рудные районы: I — Кавалеровский и Верхнеуссурский (зоны: С — Самаркинская, Ж — Журавлевская, Т — Таухинская), II — Депутатский; рудные узлы: III — Певекский, IV — Пыркакайский; рудные поля: V — Арсеньевское и Ивановское, VI — Тигриное; 1 — четвертичные осадки; 2 — меловые вулканогенные образования; осадочные отложения: 3 — меловые, 4 — юрские, 5 — триасовые, 6 — палеозойские; 7 — интрузии кислого и средне-основного составов; 8 — дайки кислого и средне-основного составов; 9 — контуры скрытых интрузий; 10 — разрывные нарушения; 11 — месторождения и рудные тела; 12 — контуры положительных морфоструктур центрального типа

Ханкайский и др.), где процессы изостатического выравнивания приближаются к завершению, обычно расплывчатые, но это не распространяется на границы рудных узлов и, тем более, рудных полей, связанных с внедрениями коллизионных интрузий в осадочные отложения складчатых областей. Примером этого могут служить четкие купольные морфоструктуры рудных полей Иульгинского, Одинокого, Тигриного (см. рис. 3, VI) и других месторождений редкометалльно-оловянной формации.

**Параметры и металлогенические потенциалы морфоструктуры центрального типа.** Данные морфоструктуры центрального типа, являясь отображением на поверхности эндогенных рудно-магматических структур, в объеме представляют собой конус, обращенный вершиной вниз. Такая форма определяется законом симметрии [24]. В.В.Соловьев [15], Г.И.Худяков с соавторами [22], проводившие изучение подобных морфоструктур, пришли к выводу о близости величины их радиуса глубине заложения. Глубина может корректироваться расстояниями до геофизических разделов слоев земной коры, где предполагается зарождение очагов-инициаторов гранитоидного магматизма. Глобальная статистика распределения морфоструктур центрального типа по радиусам в сопоставлении с глубинами геофизических разделов подтвердила близость величины радиуса глубине заложения (Б.В.Ежов, Г.И.Худяков, 1984). Исходя из порядка площадных размеров морфоструктур, радиусы и, соответственно, глубины рудно-магматических систем района определяются в интервале  $R_1$  18—60 км ( $S_1 \approx 1000$  км), узла —  $R_2$  6—18 км ( $S_2 \approx 100$  км), поля —  $R_3$  1,8—6 км ( $S_3 \approx 10$  км). Это показывает, что глубины зарождения систем районов должны находиться на разделе Мохоровичича и выше в базальтовом слое. Действительно, в оловорудных районах Востока России граница Мохо устанавливается на глубинах 36—42 км (Н.А.Беляевский, 1974), т.е. площади должны занимать  $4—6 \cdot 10^3$  км<sup>2</sup>, что и подтверждается размерами Кавалеровского, Комсомольского, Депутатского и других районов. Глубины заложения структур рудных узлов расположены на границе Конрада и выше на разделах в гранито-метаморфическом слое, а глубины зарождения рудных полей не ниже границы Форша на разделах в осадочном слое. Изложенное отображено в принципиальной модели положения и соподчиненности рудно-магматических структур в земной коре (рис. 4). Более крупная структура, питает находящуюся внутри нее более мелкую [19]. Структуры руд-

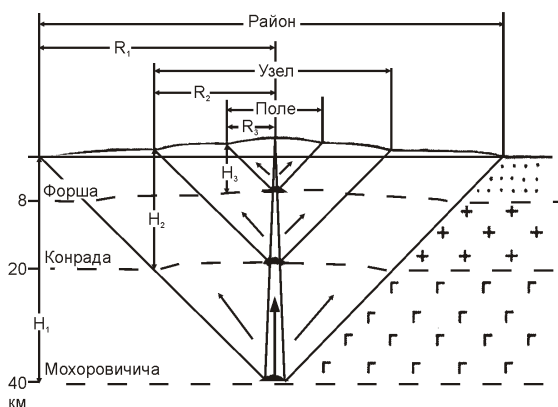


Рис. 4. Принципиальная модель иерархической соподчиненности рудно-магматических структур в земной коре

ных полей, находящиеся в последовательной связи с более крупными рудными структурами, — более перспективны, нежели такие же структуры, в которых подобная связь отсутствует.

Рудно-магматическая структура — это та масса геологических образований, из которых при магматической переработке было мобилизовано, экстрагировано олово и перенесено в область рудоотложения [8, 14]. Для рудно-магматической структуры, порожденной субдукционным магматизмом, зная площадь и определив через ее размеры радиус морфоструктуры центрального типа, можно рассчитать объем ее конической фигуры, а через него и металлогенический потенциал по следующим формулам:

потенциальный ресурс рудного района	$P_n = 1/3 R_1^3 c_1 k_1;$
прогнозный ресурс:	
узла категории	$P_3 = 1/3 R_2^3 c_2 k_2;$
поля категории	$P_2 = 1/3 R_3^3 c_3 k_3;$

где  $R$  — радиус структуры, равный  $H$ ;  $\rho$  — плотность пород;  $c$  — содержание олова;  $k$  — коэффициент продуктивности.

Для рудных районов в предлагаемой формуле плотность выполняющих их пород может быть принята равной значениям плотности слоев земной коры. Содержания олова — по распространенности элемента (кларку) в породах земной коры, для пород осадочного слоя — по геохимической специализации региональной структуры. Эти же параметры для объема рудного узла становятся более определенными, так как могут быть откорректированы по выходящим на поверхность интрузивным телам и осадочным отложениям, вскрытых в складчатых областях на большую мощность. Для структуры рудного поля используются фактически зафиксированные в слагающих ее образованиях значения указанных параметров. Коэффициент продуктивности показывает количество олова, способного переходить в рудные концентрации. Он рассчитывается в эталонных рудных районах, узлах, полях как отношение разведанных запасов к общему количеству олова в объеме рудно-магматической системы. Коэффициент определен для Кавалеровского района в  $6 \cdot 10^{-6}$ , Комсомольского —  $13 \cdot 10^{-6}$ , Депутатского —  $7 \cdot 10^{-6}$ . В Кавалеровском районе коэффициент продуктивности для рудных полей с силикатно-сульфидным типом оруденения составляет 0,19, с сульфидным — 0,06. Различия в значениях коэффициента зависят от различий в геологическом глубинном строении эталона, интенсивности оруденения и др. Поэтому коэффициент несет и качественную нагрузку, от меры тождества которой оцениваемому объекту будет зависеть достоверность расчета. Так как полная аналогия в природе встречается редко, то не исключается введение в формулу коэффициента подобия. Из-за приближенности параметров рудного района расчетный металлогенический потенциал его следует относить к категории потенциальных ресурсов. Более высокая надежность параметров рудного узла позволяет расчетную оценку соотнести с прогнозными ресурсами категории  $P_3$ , а расчетная оценка рудного поля по фиксированным параметрам удовлетворит требования прогнозных ресурсов категории  $P_2$ . Таким образом, к каждому локальному таксону привязывается своя про-



гнозная оценка, полностью вписывающаяся в требования информационно-аналитической системы «Госгеолкарта» в качестве оценочных показателей результативности геологических исследований [4].

В заключение отметим, что если на региональном уровне разработано научно обоснованное металлогеническое районирование, хотя оно и требует корректировки, то на локальном уровне, наиболее важном для выявления месторождений, оно практически отсутствует.

Изучение геодинамических процессов, включая изостазию, дает реальную возможность улучшить региональное районирование и осуществить научно-обоснованное локальное районирование. Районирование, придерживающееся порядкового ранжирования металлогенических подразделений и использующее принцип геолого-геоморфологической конформности, способствует выделению границ рудно-магматических систем. Через выяснение объемных параметров систем открываются пути для количественных расчетов металлогенического потенциала рудных районов и прогнозных ресурсов категории  $P_3$  и  $P_2$ , соответственно для рудных узлов и рудных полей.

Новые представления о геодинамическом развитии литосферы, ее устройстве и известные модели рудно-магматических систем позволяют наметить основные моменты в определениях металлогенических таксонов:

1. Планетарный металлогенический пояс — трансрегиональная рудоносная структура, совпадающая с подвижным поясом на границе взаимодействия литосферных плит. Площадь пояса  $n 10^6 \text{ км}^2$  и более.

2. Металлогеническая провинция (для рудоносных территорий гранитофильного профиля) — региональная рудоносная система складчато-надвиговых и хаотических (аккреционных) образований на краю континентальной плиты. Площадь  $n 10^5 \text{ км}^2$ .

3. Металлогеническая область — наложенная на складчато-надвиговые образования тектоно-магматическая система, проявленная на поверхности мегасводовой морфоструктурой размером  $n 10^4 \text{ км}^2$ , различающиеся ландшафтными условиями, геологическим содержанием, особенностями магматизма и металлогенической специализацией.

4. Локальные металлогенические подразделения — рудный район, рудный узел и рудное поле — наложенные на осадочное (вулканогенное) основание рудно-магматические системы, вмещаемые конусообразными структурами, упирающиеся перевернутыми вершинами в разноуровневые разделы земной коры. На поверхности они выражаются в виде положительных морфоструктур центрального типа, размерами соответственно  $n 10^3$ ,  $n 10^2$  и  $n 10 \text{ км}^2$ . Рудные районы и узлы отличаются дискретным распределением аномально высоких геохимических ассоциаций. Для района характерно единство формационного типа оруденения, рудного узла — геолого-промышленного типа. Рудное поле отличается аномально высоким содержанием основного и сопутствующих ему рудных компонентов.

Локальное металлогеническое районирование сложная и кропотливая работа, без которой нельзя провести научно обоснованную оценку потенциальных и прогнозных ресурсов полезных ископаемых, без нее теряет смысл ис-

пользование компьютерных технологий. Специализированное (пометалльное) металлогеническое районирование перспективных территорий с научно обоснованной оценкой ресурсов выделенных рудных таксонов — насущная задача отраслевых институтов МПР России. Выполнив такую работу, курирующие организации получают надежный инструмент для оптимизации прогнозных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геодинамическая карта СССР и прилегающих акваторий.* Масштаб 1:2 500 000. —М., 1989.
2. *Геология, минералогия и геохимия Кавалеровского района.* —М.: Наука, 1980.
3. *Геология оловорудных месторождений СССР.* —М.: Недра, 1986.
4. *Карпузов А.Ф., Морозов А.Ф., Чочия Г.Л.* и др. Информационно-аналитическая система «Государственная геологическая карта России» // *Отечественная геология.* 1999. № 2. С. 4—11.
5. *Кривоцов А.И.* Прикладная металлогения. —М.: Недра, 1989.
6. *Литвинов А.Ф., Марковский Б.А.* Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1:500 000 // *Региональная геология и металлогения.* 2000. № 1. С. 128—139.
7. *Металлогения орогенов.* —М.: Недра, 1992.
8. *Митрофанов Н.П.* Геодинамические режимы в Северо-Западном секторе Тихоокеанского рудного пояса на рудном этапе формирования месторождений олова // *Тихоокеанская геология.* 2005. Т. 24. № 1. С. 59—72.
9. *Митрофанов Н.П., Никулин В.Н.* Принципы построения геолого-генетических моделей месторождений олова // *Разведка и охрана недр.* 1990. № 4. С. 6—10.
10. *Нарбут Г.Б.* Основные геологические особенности Кавалеровского рудного района // *Основные проблемы металлогении Тихоокеанского рудного пояса.* —Владивосток, 1971. С. 41—59.
11. *Недра России.* Т. 1. Полезные ископаемые. —С-Пб.—М., 2001.
12. *Российский металлогенический словарь.* —С-Пб., 2003.
13. *Покалов В.Т.* Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. —М.: Недра, 1992.
14. *Рудные узлы России /* Под ред. Е.В.Плющева. —С-Пб., 2001.
15. *Соловьев В.В.* Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. —Л., 1987.
16. *Тарасенко Т.В.* Структурно-формационные зоны и размещение полезных ископаемых в Камчатской области // *Геология и полезные ископаемые Корякского нагорья и Камчатки.* —М., 1971. С. 3—26.
17. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия).* —М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001.
18. *Терентьев В.М., Карпузов А.Ф., Марков К.А.* и др. Региональная металлогения и ее роль в воспроизводстве минерально-сырьевой базы России // *Региональная геология и металлогения.* 2000. № 11. С. 68—72.
19. *Томсон И.Н.* Металлогения рудных районов. —М.: Недра, 1988.
20. *Уиссер Э.* Связь оруденения с купольными структурами в Северо-Американских Кордильерах. —М.: Мир, 1964.
21. *Флеров Б.Л.* Оловорудные месторождения Яно-Колымской складчатой области. —Новосибирск: Наука, 1976.
22. *Худяков Г.И., Кулаков А.П., Ежов Б.В.* и др. Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. —М.: Наука, 1988.
23. *Шаталов Е.Т., Орлова А.В., Яблоков К.В.* и др. Основные принципы составления металлогенических и прогнозных карт. —М.: Недра, 1964.
24. *Шафрановский И.И.* Симметрия в природе. —Л.: Недра, 1968.