

УДК 550.83 (571.62)

*Ф. И. Манилов, Б. Г. Саксин, Е. Г. Иволга***КРУПНОМАСШТАБНОЕ ОБЪЕМНОЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ
РУДНЫХ РАЙОНОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Изложены основные принципы и методические особенности объемного геолого-геофизического картирования (ОГГК). Даны оценки эффективности методики на основе анализа ОГГК и опорного бурения по двум

районам Буреинского и Ханкайского срединных массивов. Намечены пути совершенствования методики в условиях рудных районов южной части Дальневосточного региона.

Построением крупномасштабных объемных физико-геологических моделей (ФГМ) рудных районов занимались многие исследователи [1, 2, 5 и др.]. Большинство объемных (глубинных) построений в пределах рассматриваемого региона выполнено методом гравиметрии с использованием разных способов интерпретации: функционально-аналитического (Л. И. Брянский), итерационного моделирования (Э. Н. Лишнецкий, В. А. Шередко и др.), логико-структурного с частотным иерархическим разделением аномалий и их интерпретацией по предельным формулам (Б. Ф. Шевченко), массовыми оценками центров возмущающих масс со статическим анализом их распределения в пространстве (А. М. Петрищевский и др.). ОГГК предусматривает комплексный подход к решению задачи построения ФГМ, включая проведение специальных геолого-геофизических, петрофизических и модельных исследований. Общая задача ОГГК — изучение вещественно-структурных особенностей геологического пространства до глубин 3—5 км.

Методика ОГГК [7] характеризуется индивидуализацией ее для типовых физико-геологических обстановок, обязательностью специального обоснования объемной ФГМ изучаемой территории, последовательностью в изучении от поверхности на глубину, от опорных пересечений в межпрофильное пространство, широким использованием моделирования на всех стадиях ОГГК, последовательным количественным учетом геофизического эффекта изученной части разреза, разработкой специальных способов и критериев оценки качества выполненных объемных (глубинных) построений. Унификация и индивидуализация методики выполняется на базе районирования площадей по условиям проведения ОГГК, которое учитывает

особенности обобщенных физико-геологических обстановок. Необходимость специального обоснования объемной ФГМ обусловлена тем, что достоверность количественной интерпретации геофизических данных определяется не столько способом интерпретации, сколько достоверностью принятой исходной модели. Обоснование включает в себя: а) создание системы опорных геолого-геофизических пересечений (обоснование структуры, геометрии модели), б) целевые петрофизические исследования (обоснование вещественного заполнения модели). На опорных пересечениях особая роль отводится глубинным методам (ВЭЗ, сейсморастведке), позволяющим развернуть информацию на глубину. Добротность моделей оценивается достоверностью и точностью построений. Вслед за [2] под достоверностью мы понимаем соответствие модели реальной геологической среде, под точностью — количественные оценки точности геометрических построений. В качестве критериев таких оценок в условиях дефицита опорного бурения используются: 1) оценки широты применимости принципа эквивалентности при решении обратной задачи геофизики; 2) доверительные границы полей корреляций; 3) сравнение расчетных и фактических (измеренных) характеристик среды; 4) сопоставление независимых оценок по данным различных методов; 5) сравнение теоретических и экспериментальных (наблюденных) полей.

Технология построения объемных ФГМ отражена на блок-схеме (рис. 1). Формы рабочих материалов, представляющих объемные ФГМ, следующие: системы взаимосвязанных разрезов и схемы глубинного строения — для всех типов площадей; комплекты погоризонтных срезов — для площадей с одноярусным строением и сложных композиций разнотипных площадей; комплекты поярусных карт (в том числе карт

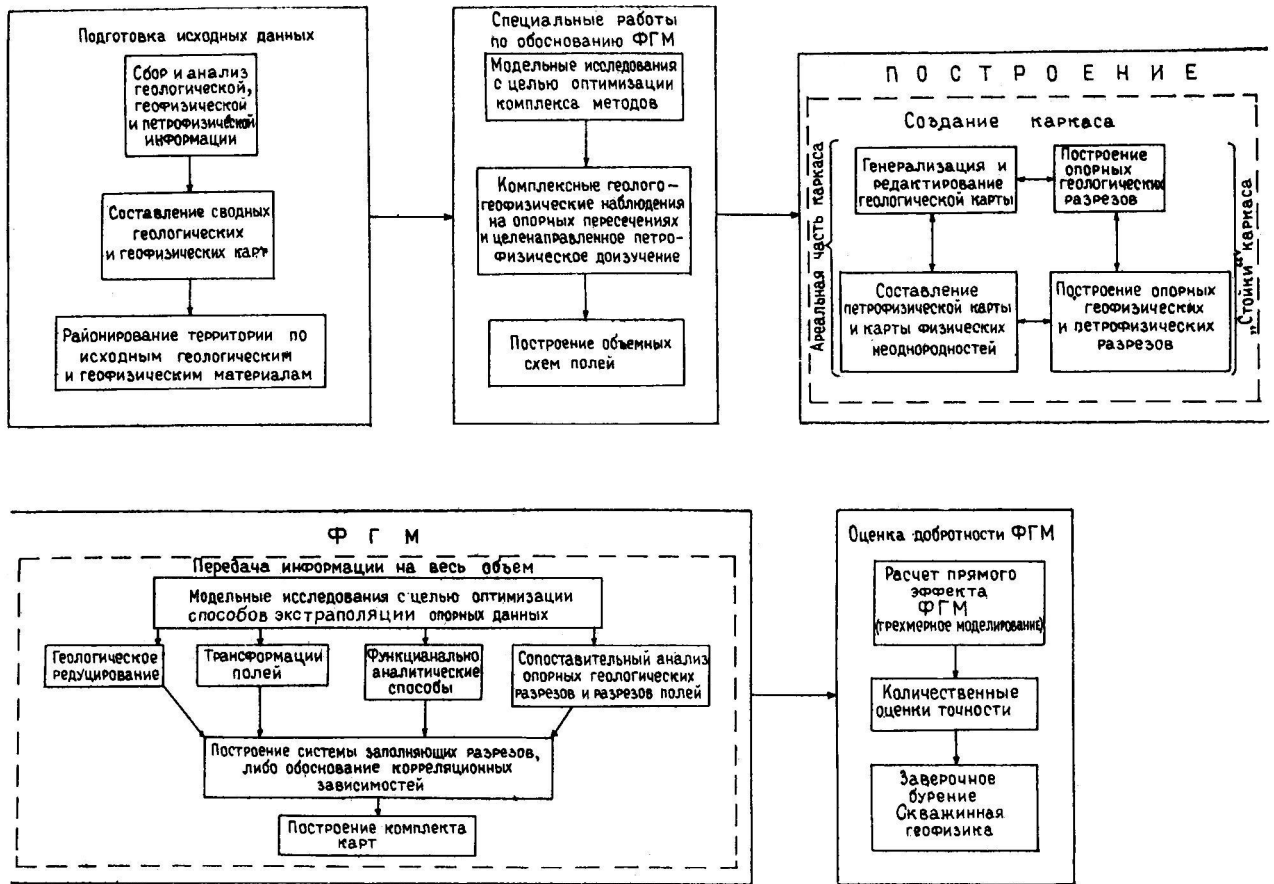


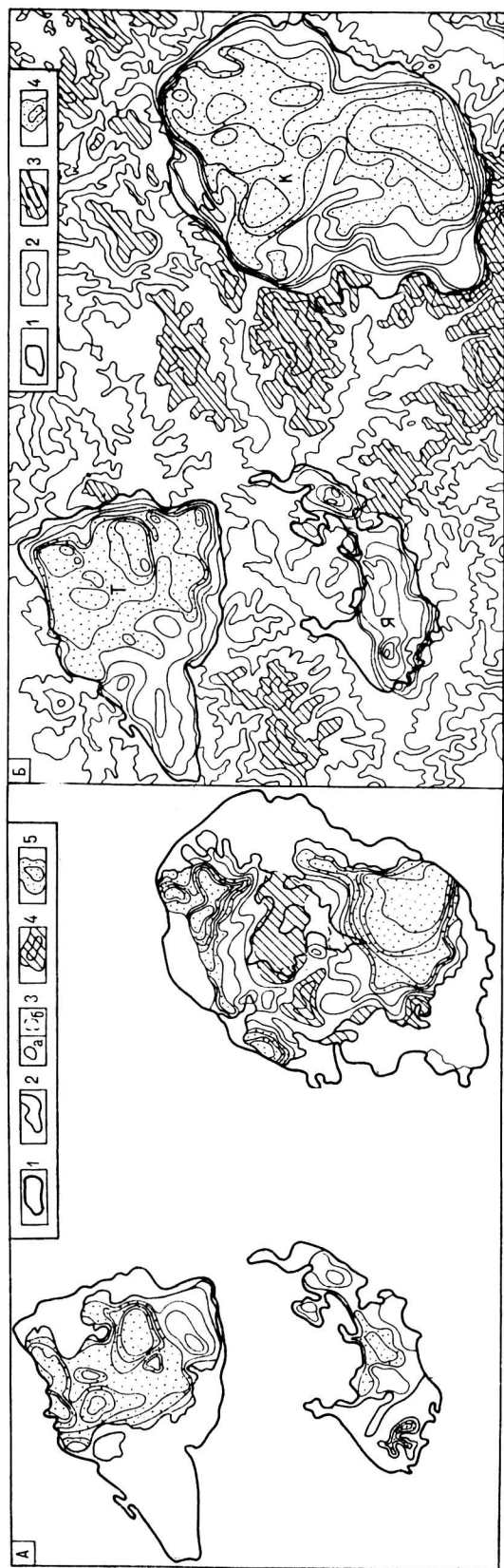
Рис. 1. Блок-схема методики построения объемных геолого-геофизических моделей.

межъярусных поверхностей разделов и изопахит) — для двух и многоярусных площадей. В качестве наглядной обзорно-иллюстративной формы представления рекомендуется [2] построение вариантов стереометрических проекций.

Примеры конкретной реализации изложенной методики построения объемных ФГМ в пределах разнотипных площадей изложены в [6, 7]. Ниже рассмотрены новые результаты ОГГК по площадям, в пределах которых в последнее время выполнено заверочное бурение глубиной 500—1200 м. Обсуждение этих результатов интересно тем, что допущенные здесь ошибки в геологической идентификации отдельных элементов физических моделей вызваны различными причинами: для Юрин-Каменушинской площади — недостаточной информацией о возможных вариантах строения нижней части разреза, для Синегорской — недостаточной изученностью ряда вопросов стратиграфии палеозойских отложений.

Юрин-Каменушинская площадь расположена в юго-восточной части Буреинского массива. В геологическом строении этого района участвуют образования двух структурных этажей: нижний — интрузивные и метаморфические по-

роды (протерозой — верхний палеозой), верхний — меловые вулканиты, выполняющие три разобщенные вулканотектонические структуры (ВТС): Каменушинскую, Таланджинскую, Юринскую (рис. 2, а). Обобщенная ФГМ района в пределах ВТС может быть предоставлена в виде трехслойной среды. Первый снизу «слой» соответствует образованиям фундамента, но в ряде мест может включать лавы среднего состава, залегающие непосредственно на нем, второй отвечает средней и нижней частям разреза вулканитов, третий — венчающим разрез вулканитов кислым лавам верхнего мела. Эффективность геофизических методов при ОГГК определили низкоомные туфогенно-осадочные образования второго «слоя». Представленные на рис. 2 карты (выборка из комплекта) отражают пространственное положение двух основных границ раздела, выражая по сути структуру района на двух глубинных уровнях, наиболее благоприятных для локализации поствулканического гидротермального оруденения. Из рисунка видны специфика глубинного строения каждой ВТС, преобладающее направление тектонических деформаций на уровне фундамента и в верхнемеловых образо-



ваниях, особенности блокового строения и т. п. Особенности пространственного поведения описываемых границ раздела в пределах ВТС свидетельствуют о различии геотектонических условий их формирования на заключительных этапах вулканизма.

Скважины опорного бурения, размещенные с учетом первого варианта объемной геологической модели Каменушинской ВТС [6, 7], показали вполне удовлетворительную точность оценок гипсометрического положения подошвы лавовых образований, или первой физико-геологической поверхности раздела, и кровли высокоомного горизонта (второй границы), ранее полностью идентифицированного кровлей подстилающего фундамента. Фактическая геологическая природа второй поверхности раздела оказалась более сложной. В краевых частях и южной половине ВТС, где, как и предполагалось, в нижней части разреза туфогенно-осадочные образования залегают непосредственно на породах фундамента, гипсометрическое положение и морфология кровли фундамента в целом были отражены верно. В центральной части ВТС суммарная мощность вулканогенной толщи оказалась весьма (на 30—50%) заниженной ввиду ошибочного истолкования геологической природы первого высокоомного горизонта. Вместо предполагаемого здесь поднятого блока фундамента бурением выявлены область интенсивного проявления экстрезивных и жерловых фаций ниже-верхнемеловых вулканитов и совпадающая с ней пространственно область объемного постмагматического преобразования вулканитов. Физическая модель ВТС практически не изменилась, что определило устойчивость выполненных ранее прогнозных построений.

Синегорская площадь расположена в юго-восточной части Ханкайского массива. В ее пределах развиты фациально невыдержанные палеозойские терригенные, терригенно-карбонатные, карбонатные и осадочно-вулканогенные образования, многочисленные разновозрастные интрузии разного состава, нередко сопровождающиеся ореолами контакто-метаморфизованных пород (рис. 3). ФГМ площади может быть представлена как многослойная неограниченная пологозалегающая структура с дискордантными неоднородностями различной формы и размеров (области развития палеозойских отложений), с фрагментарно наложенными депрессионными прогибами, заполненными кусочно-субгори-

Рис. 2. Выборка из комплекта карт объемного строения Юрин-Каменушинского района (составлена при участии А. М. Гурченко и В. Г. Парышева).

А — карта-изогипс подошвы верхнемеловых лавовых образований: 1 — современные контуры вулканотектонических структур; 2 — контур распространения верхнемеловых лавовых образований; 3 — изогипсы подошвы верхнемеловых лавовых образований; а — в пределах контура их распространения, б — реставрированные за пределами контура; 4 — участки с относительно поднятым положением подошвы; 5 — участки с относительно опущенным положением подошвы; Б — карта-изогипс кровли фундамента: 1 — современные контуры ВТС; 2 — изогипсы кровли фундамента; 3 — участки относительно поднятого положения кровли; 4 — участки относительно опущенного положения кровли; ВТС: Я — Юринская, Т — Таланджинская, К — Каменушинская.

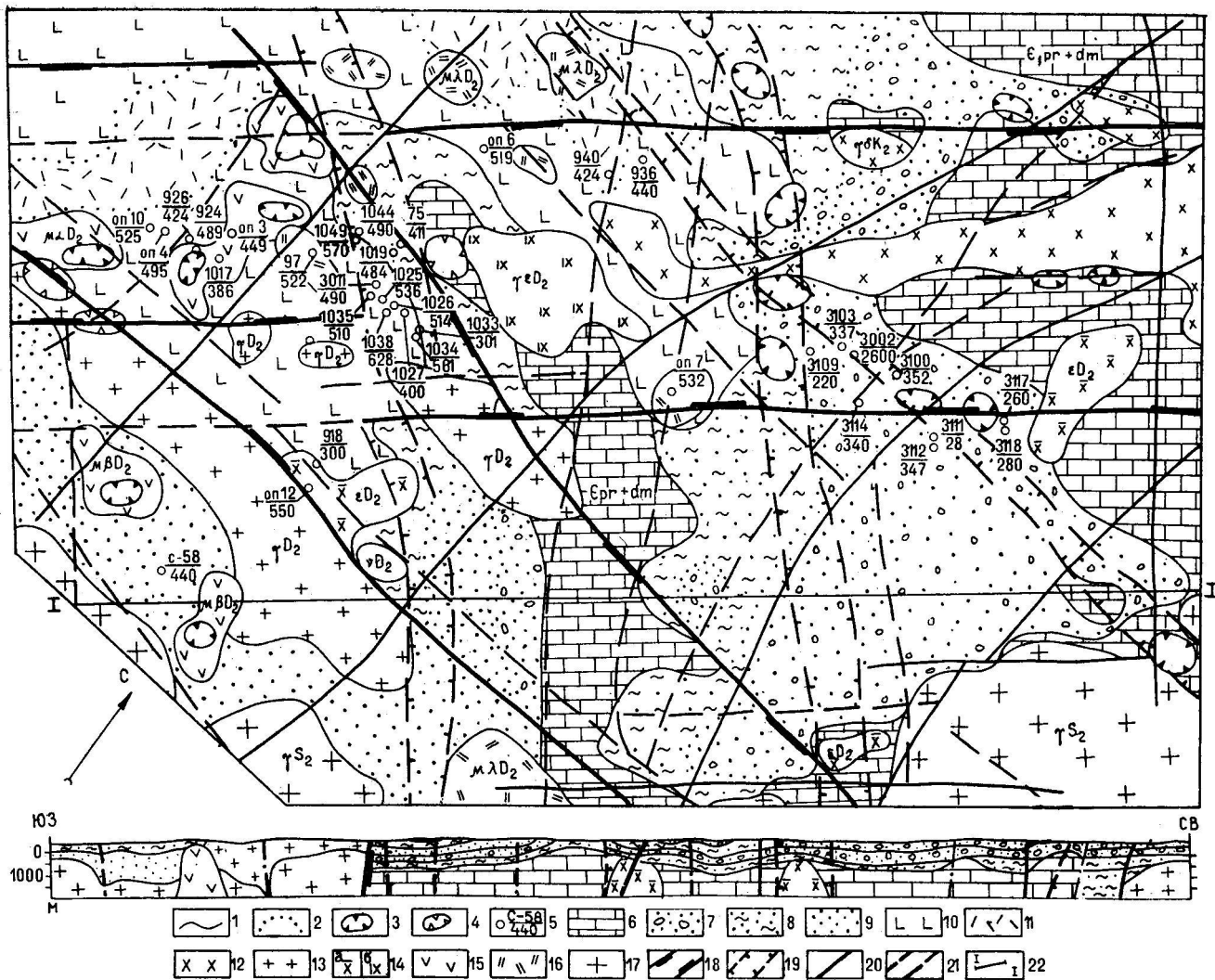


Рис. 3. Геолого-структурная карта-срез на глубине 500 м от дневной поверхности, Синегорский район.

1 — границы структурно-формационных комплексов пород; 2 — литологические границы пород внутри комплекса; 3 — центры излияния и внедрения лав основного состава; 4 — центры излияния и внедрения лав кислого состава; 5 — скважины, номер глубина, м Геосинклинальные отложения: 6 — нерасчлененные карбонатные образования дмитриевской и прохоровской свит. Платформенные отложения: нерасчлененный осадочный комплекс пород средне-верхнекембрийского возраста; 7 — конгломераты, песчаники (даубихезская и меркушевская свиты); 8 — алевролиты, песчаники (медвежинская и ретиховская свиты); 9 — песчаники, алевролиты (снегуровская и вассиановская свиты); осадочно-вулканогенный комплекс: 10 — нерасчлененные осадочно-вулканогенные образования, преимущественно основного состава (лузенская и вулканомиктовая часть вассиановской свиты);

11 — нерасчлененные осадочно-вулканогенные образования, преимущественно кислого состава (светлоярская свита); вулканоплутонический комплекс: 12 — интрузии градиоборитов и кварцевых диоритов (γBK_2), 13 — интрузии биотитовых и биотит-роговообманковых лейкократовых гранитов (γD_2), 14 — интрузии и интрузивные ядра экзрузий: а — сиенитов (ϵD_2), б — граносиенитов ($\gamma\epsilon\text{D}_2$), 15 — интрузии и субинтрузии габбро (νD_2), диабазов (βD_2), сложно построенные экзрузии и субвулканиты андезитовых порфиров ($\mu\alpha\text{D}_2$), диабазов, андезитов ($\mu\beta\text{D}_2$), дацитовых и липаритовых порфиров ($\mu\epsilon\text{D}_2$); 16 — экзрузии флюициальных фельзитов и липаритов (γS). Разрывные нарушения: 17 — зоны разломов I порядка протяженностью $n \sim 100$ км при ширине 7—10 км, 18 — зоны разломов II порядка протяженностью первые сотни километров при ширине 0,7—2,0 км; 19 — зоны разломов III порядка протяженностью 20—100 км, шириной первые сотни метров; 20 — разрывные структуры IV и более высоких порядков, протяженностью менее 20 км; 21 — линии профиля.

зонтально слоистой, локально ограниченной средой (области развития вулканогенно-осадочных образований). Эффективность геофизических методов при ОГГК в этом районе обуславливают контрастность физических характеристик слагающих пород, корреляция σ и ρ отдельных стратиграфических горизонтов, наличие маркирующих и опорных горизонтов.

На рис. 3 представлен вариант карты-среза из комплекта карт объемного строения района, откорректированной с учетом новых данных бурения и дополнительных опорных пересечений. Картировочное бурение глубиной 300—500 м, выполненное после составления ФГМ, подтвердило правильность физической модели (геоэлектрические и петроплотностные разрезы). Основные изменения геологической

модели обусловлены различным подходом к вопросу стратиграфии палеозойских отложений района. В связи с недоработкой вопросов стратиграфии палеозойских отложений на карте-срезе (см. рис. 3) отражено размещение литолого-фациальных разностей пород с условной их привязкой к общепринятой стратиграфической схеме [3].

Основной геологический результат выполненного ОГГК — получение данных о преимущественно пологом залегании внутренних границ раздела палеозойских осадочных образований и о существенном сокращении (до 2—3 км) их общей мощности (по [3] 10—12 км). Этот вывод свидетельствует в пользу представлений [4, 9] о субплатформенных условиях формирования указанной части разреза, что принципиально важно с позиции прогнозной оценки территории. По-видимому, совершенствование стратиграфии палеозойских образований должно происходить путем последовательного сокращения выделенных свит с учетом их ареальной литофациальной изменчивости. Ранее [7] было предложено объединить медвежинскую и ретиховскую свиты, а также лунзенскую и вулканомикутовую части разреза вассиановской свиты [9]. Последними работами в пределах восточной части площади установлены факты взаимоперехода даубихезской и медвежинской свит.

Наряду с унификацией методики ОГГК для типовых групп физико-геологических обстановок существенные особенности в методике и содержании создаваемых моделей намечаются для определенных промышленно- и потенциально-рудных районов, а также территорий с различными видами профилирующего оруденения. Для рудных районов цель постановки ОГГК — подготовка объемной основы для глубоких поисков «слепого» оруденения на флангах известных месторождений, для потенциально-рудных — прогнозирование слабопроявленного и непроявленного на дневной поверхности оруденения.

Все это определяет следующие методические особенности ОГГК: 1. В промышленно-рудных районах возможно существенное упрощение объемных ФГМ за счет снижения числа факторов (критериев), определяющих содержание модели. В то же время здесь условия надежного картирования лучше в связи с более высокой геолого-геофизической изученностью и наличием глубоких скважин. 2. В потенциально-рудных районах, характеризующихся, как правило, более низкой изученностью, требуется большая полнота картируемых объектов, так как неясно, какие особенности объемного (глубинного) строения наиболее информативны при оценке рудоносности. В этой связи в методическом плане для указанных районов сто-

ят задачи выделения «сквозных» критериев для различных типов ожидаемого оруденения, а также поиска путей снижения требований к уровню геолого-геофизической изученности.

Учитывая специализированный характер ОГГК, конкретизация методики должна происходить путем изучения специфических для профилирующих видов рудного сырья факторов рудолокализации и их геофизической проявленности. Для ведущего в регионе оловянного оруденения одно из главных направлений развития изложенной методики — адаптация ее в физико-геологических обстановках складчатых областей (методика разрабатывалась в условиях срединных массивов и областей их активизации). При этом важной задачей является картирование неэродированных кислых интрузий, которая в большинстве оловянных районов юга Дальнего Востока выполнена по данным одного (гравиметрического) метода. В связи с изложенным необходима переоценка существующих моделей рудных районов с использованием независимых опорных данных: сейсморазведочных, электроразведочных и др.

Индивидуализация содержания объемных ФГМ требуется также для отдельных районов. Так, для Кавалеровского одной из важных особенностей (наряду со структурно-тектоническими) является картирование крупнообъемных зон регионального и локального метасоматоза [8]; для Вознесенского — картирование купольных структур, брахиантиклинальных складок, узлов пересечения поперечных и диагональных разрывов (в первую очередь в пределах участков, где надинтрузивная зона сложена карбонатными толщами) с составлением комплекта карт, аналогичного таковому по Синегорской площади; для Малого Хинганского — объемное картирование вулканогенной толщи с выделением физико-геологических неоднородностей, межъярусных границ разделов, систем разнопорядковых разнонаправленных разрывных нарушений, вулканических аппаратов и др. с представлением комплекта карт, аналогичного составленному для Юриин-Каменушинской площади.

Основные выводы сводятся к следующему. 1. ОГГК при создании объемной ФГМ обеспечивает возможность построения добротных физических моделей в сложных физико-геологических обстановках. Надежность геологической идентификации физических моделей в условиях дефицита опорного бурения определяется достоверностью информации о геологическом строении «поверхности» и общих представлениях об ожидаемых особенностях глубинного строения. 2. На примерах проведения ОГГК показана возможность получения принципиально новых данных о строении рудных

районов. В пределах Лурин-Каменушинского района (Буреинский массив) устоявлены общность условий формирования всех ВТС на раннем и среднем этапах их развития и резкое отличие геотектонического режима Каменушинской ВТС на поздних этапах. По Синегорской площади (Ханкайский массив) получены новые данные, свидетельствующие в пользу субплатформенных условий развития территории в палеозое. З. Дальнейшее развитие методики ОГГК должно осуществляться путем специализации ОГГК для различных видов профилирующего сырья в разных физико-гео-

логических обстановках, включать совершенствование методики изучения скрытых интрузий путем комплексирования геолого-геофизических исследований с привлечением глубинных методов, разработку способов объемного изучения надинтрузивных толщ, картирования зон гидротермально-метасоматических изменений и т. п. Очевидна необходимость дальнейших исследований по обеспечению надежности геологической идентификации физических моделей с количественной оценкой достоверности, по разработке системы эффективных оценок добротности объемных ФГМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдэ А. И., Вознесенский В. Д. и др. Основные положения организации и проведения глубинного геологического картирования.— М.: Мингео СССР, 1976.
2. Душовский А. А., Акрамовский И. И. и др. Объемное геологическое картирование редкометалльных рудных районов. (Методическое пособие по геологической съемке м-ба 1:50 000, вып. 8).— Л.: Недра, 1981.
3. Изосов Л. А., Рязанцева М. Д. Палеозойские магматические комплексы юга Ханкайского массива.— Сов. геол., 1977, № 2.
4. Литвин П. А., Рыбаков М. Б. и др. Глубинное геологическое картирование. (Методическое пособие по геологической съемке м-ба 1:50 000, вып. 7).— Л.: Недра, 1981.
5. Лошак Н. П. О тектоническом районировании Приморского края.— Геол. и геофиз., 1981, № 3.
6. Манилов Ф. И., Саксин В. Г. Эффективность геофизических методов при картировании поверхности фундамента в основании вулкано-тектонических структур.— Геол. и геофиз., 1977, № 8.
7. Манилов Ф. И., Саксин В. Г. Объемное геолого-геофизическое картирование (на примерах Буреинского и Ханкайского срединных массивов).— Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984.
8. Размахнин Ю. Н., Размахнина Э. М. и др. Поисково-оценочные критерии на олово на основе региональной и локальной метасоматической зональности.— Сов. геол., 1974, № 4.
9. Шитов А. А. О геотектонических условиях формирования палеозойских осадочных отложений Синегорского района Приморья.— Тихоокеанская геол., 1983, № 1.

ДВИМС
Хабаровск

Поступила в редакцию
9 сентября 1985 г.