

УДК 550.83 : 553.45 (571.62)

*Б. Г. Саксин, Н. Л. Маловицкая, С. С. Борисенко*

## ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И СВЯЗЬ С НИМ ОЛОВЯННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ХИНГАНО-ОЛОНОЙСКОМ РАЙОНЕ

Для территории Малого Хингана проведено уточнение глубинного строения района. При этом применен метод геологического редуцирования для разделения суммарного поля силы тяжести на составляющие, обусловленные верхним и нижним структурны-

Хингано-Олонойский рудный район располагается в юго-восточной части Бурейнского массива в области сочленения двух его крупных блоков — Туранского и Мало-Хинганского. В геологическом строении этой территории различают нижний и верхний структурные этажи. Нижний (фундамент) представлен различно метаморфизованными терригенными и карбонатными толщами кембрийского и более древнего возраста, прорванными палеозойскими гранитоидами; верхний — вулканитами мела преимущественно кислого состава.

Олово на Малом Хингане является профилирующим металлом мезозойской металлогенической эпохи. Разноранговые его проявления установлены на всей площади исследований. Наиболее масштабные объекты обнаружены в восточной части северного блока Хингано-Олонойской вулканотектонической депрессии (рис. 1, 2). Ареал оловоносности в восточном направлении выходит за рамки поля развития вулканитов, что позволило В. Я. Беспалову, Н. П. Емельянову и некоторым другим исследователям предполагать возможность расширения границ Хингано-Олонойского рудного района в этом направлении. Со времен работ М. И. Ициксона неоднократно высказывалось мнение о том, что граница рудного района может быть существенно расширена на запад [7]. Многочисленные исследователи рудного района отмечали тесную связь оруденения с заключительными фазами мезозойского вулканизма [2, 3], и это определенным образом ориентировало направление поисково-разведочных работ в районе. В последнее десятилетие появились новые данные [5, 7, 9], которые позволяют предполагать наличие в районе оруденения не только собственно вулканогенного, но и плутогенного типа [7]. Толща вулканитов мощностью

ми этажами. На основании совместного анализа полученных данных и материалов геологического и металлогенического содержания определено место Хингано-Олонойского района в ряду оловоносных площадей Малого Хингана.

1,5—3,0 км в последнем случае выступает в качестве вмещающей среды для возможных массивов скрытых позднемеловых гранитоидов [5] и связанных с ними месторождений олова. Указанное определяет необходимость изучения глубинного строения района.

Цель статьи — обсуждение результатов, полученных при районировании территории Малого Хингана по относительным перспективам оловоносности. Районирование выполнено на основе совместного анализа уточненных данных о глубинном строении площади и материалов геологического и металлогенического содержания. При этом широко использованы представления о рудно-магматических системах и принципах их выделения [6], а также об обобщенной модели оловорудного района [4]. Основная задача состояла в определении места Хингано-Олонойского рудного района в ряду перспективных на олово площадей Малого Хингана.

На рис. 1 отражена позиция месторождений и рудопроявлений олова мезозойского возраста относительно элементов гравитационного поля. По данным мелкомасштабной гравиметрической съемки, на Малом Хингане выделяется цепочка отрицательных аномалий поля силы тяжести, которая упорядочена в полосе шириной  $n \cdot 10$  км. Полоса оконтурена зонами повышенных градиентов поля и уходит за пределы площади (см. рис. 1). Продукты мезозойского магматизма и связанная с ними минерализация приурочены к описываемой полосе, а в ее пределах — к конкретным отрицательным аномалиям II порядка. Это позволяет считать, что линейная зона разуплотнения земной коры [8] имеет мезозойский возраст. Л. И. Брянский [1] объясняет геологическую природу описываемой аномалии наличием глубинной многоуро-

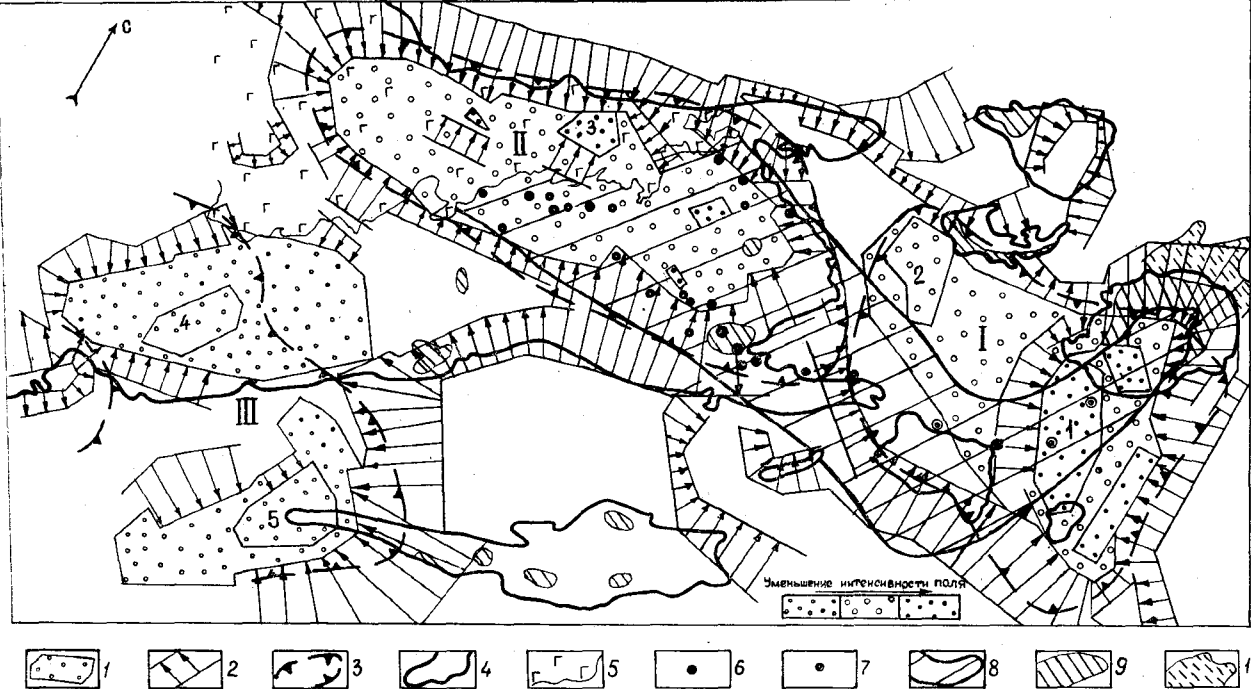


Рис. 1. Схема исходного гравитационного поля.

Элементы гравитационного поля: 1 — области относительно пониженных значений поля. Контуры аномалий II порядка: I — Каменушинская, II — Олонойская (Хинганская), III — Ермаковская. Контуры аномалий III и более высоких порядков: 1 — Конхойская, 2 — Кульдурская, 3 — Хинганская, 4 — Федосеихинская, 5 — Дуриловская; 2 — зоны градиентов, градиент поля более 1 мГл/км. Стрелкой показано направление уменьшения поля; 3 — контуры расчетных аномалий II порядка на схеме гравитационного поля фундамента; 4 — контуры вулканотектонических депрессий; 5 — площадь распространения послерудных поровных образований. Проявления полезных ископаемых: 6 — месторождения олова; 7 — рудопроявления олова; 8, 9, 10 — ареалы преобладающего развития соответственно оловянной, фтор-редметалльной, ртутной минерализации.

венной структуры разуплотнения земной коры, которая в поперечном сечении имеет форму перевернутого конуса. Сопоставление данной модели с имеющимися площадными петрофизическими материалами показало, что она в первом приближении применима только для той части полосовидной аномалии, которая совпадает с площадью Хингано-Олонойской вулканотектонической депрессии. На остальной территории выход зоны разуплотнения на поверхность не фиксируется снижением значений плотности геологических образований в пределах полосы.

Геологическая ситуация на поверхности позволяет разделить все области относительно пониженного поля на Малом Хингане на два класса: 1) аномалии, в контуре которых существенно преобладают породы верхнего структурного этажа; 2) аномалии, в контуре которых преимущественным развитием пользуются гранитоиды фундамента. В этой связи, несмотря на то что в исходном поле аномалии разного класса нередко имеют близкую форму, площадные размеры и интенсивность (см. рис. 1), интерпретация их должна осуществляться в рамках разных моделей. Примером подобных областей относительно пониженного поля являются аномалии II порядка — Олонойская (1-й

класс) и Каменушинская (2-й класс); аномалии III порядка — Федосеихинская (1-й класс) и Дуриловская (2-й класс).

Вопросы изучения геологической природы аномалий наиболее сложного 1-го класса удобнее обсуждать на результатах интерпретации самой изученной Олонойской (Хинганской) аномалии. Отсутствие разработанных технологических приемов разделения суммарного поля на составляющие, которые обусловлены чехлом и фундаментом, порождает неоднозначность решения одного из главных вопросов — на уровне какого структурного этажа расположен аномалообразующий источник. В зависимости от принятой модели разные авторы, базирываясь на практически одинаковой априорной информации, предполагали, что Олонойская (Хинганская) аномалия обусловлена: 1) преимущественно дефицитом плотности пород чехла по отношению к плотности пород фундамента и вариациями мощности чехла (модель Г. А. Павлова); 2) наличием многоуровневой структуры разуплотнения, аппроксимируемой перевернутым конусом, охватывающим чехол и фундамент до глубины 5—10 км [1]; 3) наличием многоуровневой системы тел с дефицитом плотности по отношению к фундаменту — крупнообъемного магматического очага на глубине

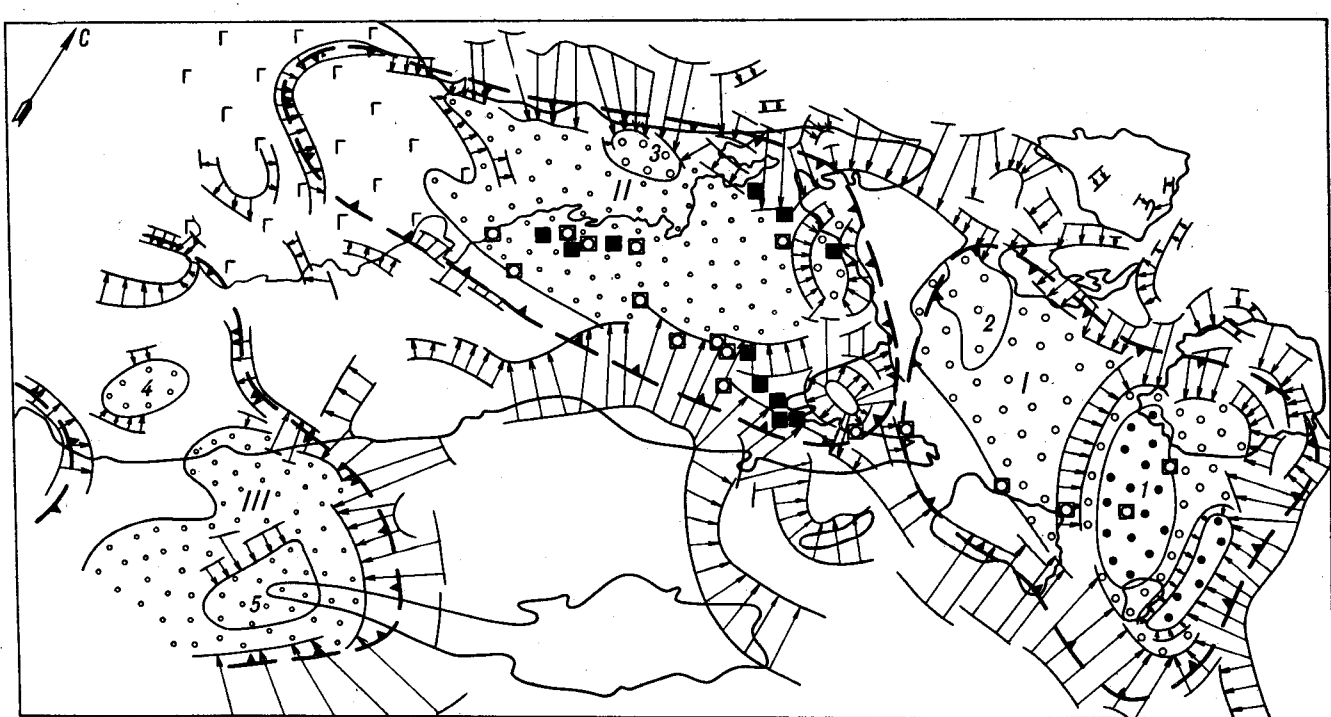


Рис. 2. Схема расчетного гравитационного поля фундамента. Усл. обозн. см. на рис. 1.

10—15 км, более мелких периферических очагов и интрузивных тел на глубинах 2—5 км и вулканогенного чехла [8]. При решении прямой задачи гравиметрии каждый из перечисленных вариантов удовлетворил наблюдаемому полю. Однако принятие того или другого варианта влечет за собой разные следствия с точки зрения оценки потенциальных перспектив Хингано-Олонойского оловорудного района в целом.

С целью выделения гравитационного эффекта, обусловленного неоднородностями нижнего структурного этажа, авторами проведено геологическое редуцирование, суть которого состояла в следующем.

Для наиболее крупных мезозойских вулканотектонических депрессий Малого Хингана (кроме Сутарской) построен вариант петроплотностной модели. Для этого использованы результаты площадного петрофизического изучения, бурения и петрофизического изучения керна скважин, геологические материалы и данные глубинного геолого-геофизического изучения.

Кроме пунктов, где сведения о мощности эффузивного чехла и его средневзвешенной плотности получены по данным бурения (рис. 3), во всех остальных случаях оценка этих параметров проводилась с учетом всей имеющейся информации о возможном литологическом составе разреза вулканитов в данном районе, физических характеристик главных представителей разреза и их мощности.

Расчет гравитационных аномалий, обусловленных дефицитом плотности пород чехла по

отношению к средней ( $2,65 \text{ г/см}^3$ ) плотности пород фундамента, проводились по алгоритму В. И. Старостенко (программа П. П. Лойтера на ЕС ЭВМ-1052). Территория, занятая породами чехла, предварительно разбивалась на призмы таким образом, чтобы каждая из них характеризовалась точкой с известными значениями плотности и глубины до фундамента (см. рис. 3). При этом принималось, что боковые грани призмы вертикальны, проходят посередине между двумя точками с известными параметрами; верхняя и нижняя грани горизонтальны, верхняя расположена на поверхности, нижняя — на глубине, равной мощности вулканогенного чехла. Ребра призм параллельны осям выбранной системы координат. Значение плотности принималось постоянным в пределах данной призмы.

От заданной системы призм по сети  $4 \times 4$  км рассчитан гравитационный эффект. Результаты расчета представлены на рис. 3 в виде карты изолиний сечением 2 мГл.

Путем исключения вычислений аномалий из наблюдаемого поля силы тяжести получена схематическая карта, отражающая структуру и неоднородности нижнего этажа — фундамента (см. рис. 2). Примененная процедура позволила в основном исключить гравитационный эффект, обусловленный вулканитами, и за счет этого подчеркнуть эффект неоднородностей погребенного фундамента, слабо выраженных в исходном поле. Получена схематическая карта, на которой отрицательные аномалии поля силы

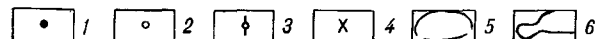
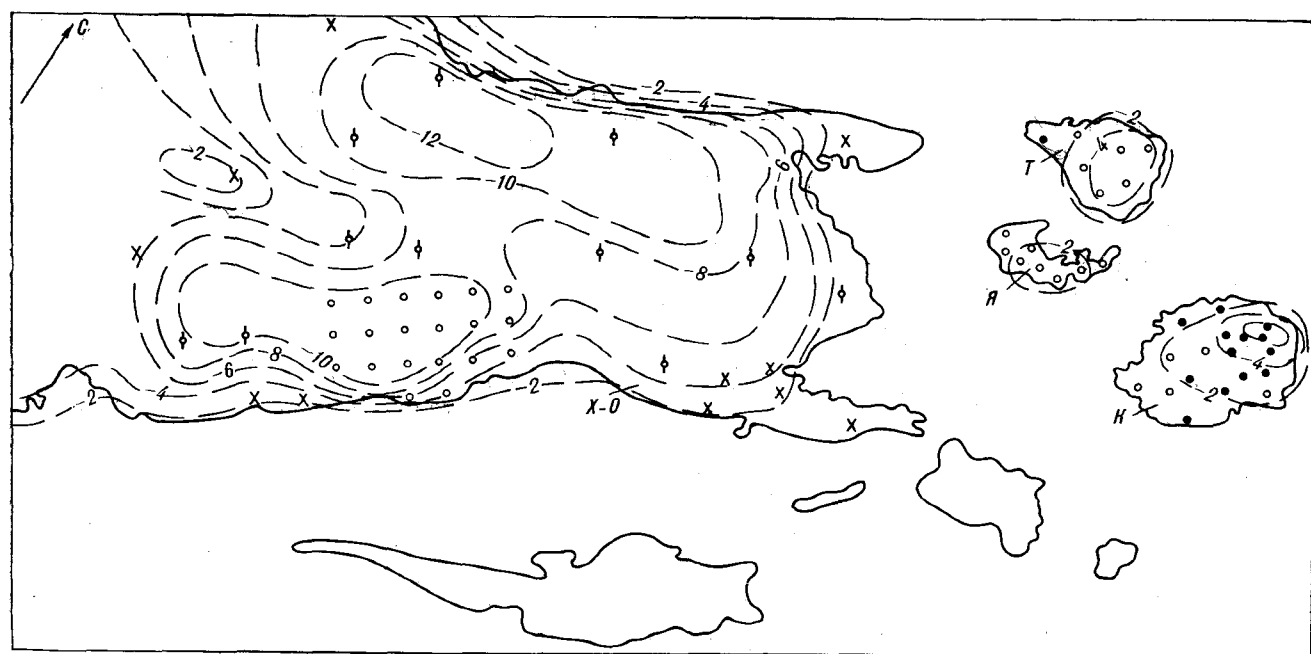


Рис. 3. Расчетные аномалии поля силы тяжести, обусловленные дефицитом плотности меловых вулканитов по отношению к средней ( $2,65 \text{ г/см}^3$ ) плотности пород фундамента.

Сведения о мощности и средневзвешенной плотности вулканогенного чехла получены: 1 — по данным глубокого бурения, 2 — по комплексу данных, основанных на результатах мелкого бурения перекрытыми разрезами и интерпретации ВЭЗ, 3 — по геологическим и геофизическим данным, основанным на результатах бурения мелких и одиночных скважин, а также на оценках глубин до фундамента по гравиметрии аналитическими методами, 4 — по геологическим и петрофизическим данным, 5 — изолинии поля силы тяжести, обусловленного вулканитами (усл. ед.); 6 — контуры мезозойских вулканотектонических депрессий. Наименование вулканотектонических депрессий: X-O — Хингано-Олонойская, K — Каменушинская, Я — Яуриинская, Т — Таланджинская.

тяжести Малого Хингана как бы приведены к одному уровню. Это дает возможность более надежно оценивать параметры аномалиеобразующих объектов нижнего структурного этажа, а также объективно сравнивать полученные результаты.

Снятие гравитационного эффекта чехла приводит к следующим изменениям исходного поля (см. рис. 1, 2): 1) уменьшилась интенсивность Олонойской (II) и Федосеихинской (III) аномалий; 2) в восточной части Олонойской (II) аномалии выявился интенсивный локальный минимум, не проявленный на исходной карте поля  $\Delta g$ ; 3) в пределах площадей, занятых вулканитами, существенно изменилась геометрия градиентных зон; 4) градиентными зонами более отчетливо оконтурилась Ермаковская (III) аномалия.

Каменушинский (I), Олонойский (II) и Ермаковский (III) минимумы II порядка приобрели черты схожести, выражающиеся в близости общей ориентировки аномалий и идентичности составляющих их элементов более высокого порядка. Каждая из описываемых аномалий представляет собой суперпозицию от двух разноглубинных аномальных источников, расположенных в пределах нижнего структурного этажа. При этом в составе аномалий II порядка

восточный локальный минимум всегда имеет более высокую интенсивность и ограничен почти непрерывной зоной градиентов поля (см. рис. 2). Подобная схожесть, вероятно, свидетельствует об общих эндогенных причинах, ответственных за формирование палеоочагов, которые фиксируются аномалиями II порядка.

Схема гравитационного поля фундамента содержит много новой геолого-структурной информации о строении нижнего структурного этажа, особенно в его перекрытой части. Однако далее мы обсудим только металлогенический аспект ее интерпретации.

По зонам повышенных градиентов, оконтуривающих области относительно пониженных значений на схеме гравитационного поля фундамента, на изученной площади выделены три палеоочага, площадь каждого из которых соответствует размерам рудного района [6]. Их местоположение совпадает с положением аналогичных глубинных объектов на карте Л. И. Брянского [1].

На уровне современного эрозионного среза металлогеническая выраженность палеоочагов совершенно различна (см. рис. 1). Это касается как типа профилирующего оруденения, так и масштабов проявления рудного процесса. Так, специфика Каменушинского палеоочага

заключается в том, что на изученной территории только на его периферии в вулканотектонических депрессиях широко проявилась фтор-редкометалльная минерализация заключительных стадий мезозойского рудогенеза. Юго-западную и центральную части площади палеоочага занимает ареал относительно высокотемпературной минерализации (олово, олово и полиметаллы), который в северном направлении закономерно сменяется более низкотемпературной фтор-редкометалльной, а затем ртутной минерализацией. Аналогичные особенности имеет Ермаковский палеоочаг, однако рудоносность его выражена очень слабо, в основном на ореольном уровне.

Рудоносность Олонойского (Хинганского) палеоочага наиболее значительна на Малом Хингане. На восточной половине его площади, открытой на уровне современного эрозионного среза для поисков по прямым признакам, к настоящему времени выявлены все известные на Малом Хингане месторождения олова позднемезозойского возраста (см. рис. 1). Отчетливая специализация данной рудно-магматической системы на олово подчеркивается наличием на указанной площади обширного ареала оловоносности, который в западном направлении прерывается границей послерудных покровных образований, а в восточном — соединяется с аналогичным ареалом Каменушинского палеоочага. Здесь же широко развиты кварцсодержащие метасоматиты, которые в контуре других палеоочагов проявлены эпизодически.

Поскольку возникновение всех палеоочагов можно связывать с единым этапом мезозойской активизации Буреинского массива, причины неодинаковой их рудоносности, вероятнее всего, определяются субстратом вмещающих их блоков, глубиной заложения палеоочагов и характером связи последних с глубокими горизонтами земли. Анализ с этих позиций геолого-геофизических и поисково-разведочных материалов показал, что для рассматриваемой территории все три фактора имеют определяющее значение.

Судя по наличию в разрезе вулканогенного чехла лав основного и среднего состава, а также даек этого же состава в районе палеоочагов, связь Ермаковского палеоочага с мантией прератилась в раннем мелу, а Олонойского и Каменушинского, приуроченных к специфичному блоку земной коры общей субширотной ориентировки (см. рис. 2), продолжалась в течение всего периода активной вулканической деятельности. Расчеты показывают, что заложение двух последних очагов произошло на больших глубинах, нежели Ермаковского. В этой связи, несмотря на близкий гранитоидный состав субстрата в районе Ермаковской и Каменушинской аномалии и схожий набор рудной минерализа-

ции, масштабы рудогенеза Каменушинского палеоочага несравненно выше.

Позиция Олонойской (Хинганской) рудно-магматической системы в исследованном районе является во многих отношениях неповторимой, чем, вероятно, и определяется ее промышленная оловоносность. Кроме того, что глубина палеоочага здесь самая большая, располагается он в том месте региональной зоны разуплотнения земной коры, где последняя «рассекается» крупный блок метаморфических пород фундамента и изменяет свою ориентировку с субширотной на юго-западную. Известно, что песчано-сланцевые толщи этого района изначально обогащены оловом. В этой связи источник олова в названной рудно-магматической системе может быть как мантийный, так и коровый. Оловоносный палеоочаг является единственным, который на уровне современного эрозионного среза полностью перекрыт мощной толщей вулканитов. Последняя могла играть ту же роль для направленной эволюции рудно-магматической системы, что и терригенный разрез в пределах крупных оловорудных районов Дальнего Востока. Не вызывает сомнений, что сохранность сформированных оловорудных объектов мезозойского возраста здесь значительно выше.

Таким образом, несмотря на то что проявления олова на Малом Хингане имеются и в других местах, выявление новых крупных промышленных месторождений этого металла следует ожидать именно в пределах Олонойской (Хинганской) рудно-магматической системы. В этой связи, согласно [4], под Хингано-Олонойским рудным районом следует понимать площадь, расположенную в проекции контура Олонойского (Хинганского) палеоочага. Тогда западная часть рудного района, в настоящее время перекрытая послерудными покровными образованиями мощностью первые сотни метров, представляет собой резерв для поисков скрытых месторождений.

Процедура исключения гравитационного эффекта вулканитов в пределах собственно рудного района привела к уточнению деталей глубинного строения, которые оказались важны для прогнозной оценки разных его частей. На северо-восточном замыкании Хингапо-Олонойской вулканотектонической депрессии выявлен локальный минимум (Джалиндинский), положение которого увязывается с расположением северной оловоносной полосы. Анализ схемы объемного поля  $\Delta g$  и морфометрических, геологических и поисково-разведочных данных показал, что подобные локальные аномалии, вероятнее всего, объясняются наличием на глубине, близ границы чехол — фундамент и выше, крупных интрузий гранитного состава. Ранее [7] высказывалось мнение о вероятном малом послерудном эрозионном срезе района

месторождений Джалинда — Таежное. В новых материалах оно получило дополнительное подтверждение. Наличием другой скрытой интрузии можно объяснить значительный вертикальный размах оруденения на Хинганском месторождении. Полученные данные позволяют ставить вопрос о необходимости переоценки потенциальных перспектив Хингано-Олонойского оловорудного района с использованием глубинных и объемных факторов контроля

оруденения. Для этого необходимо крупномасштабное изучение всей площади рудного района глубинными геофизическими методами. По мнению авторов, имеющееся противоречие между значительными объемами Олонойского палеочага, масштабом гидротермально-метасоматического преобразования пород и подсчитанными ресурсами олова в районе в последующем будет устранено за счет обнаружения скрытых и слабопроявленных месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Брянский Л. И.* Глубинная структура Хинганского рудного района // Глубинные структуры и полезные ископаемые СССР/ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1985.— С. 38—45.
2. *Емельянов Н. П.* Очаговые вулканоплутонические структуры Хингано-Олонойского рудного района // Кольцевые и купольные структуры Дальнего Востока/ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1977.— С. 119—123.
3. *Емельянов Н. П.* Рудолокализирующая роль экстрוזий в Малохинганской рифтогенной зоне // Металлогения Приамурья.— Владивосток, 1981.— С. 72—82.
4. *Макеев В. В.* Оловорудный район как металлогеническая категория и объект прогнозных исследований // Геолого-геофизические аспекты изучения и оценки оловорудных районов Востока СССР/ОЭП ВИМСа.— М., 1985.— С. 7—22.
5. *Огнянов Н. В.* Хингано-Олонойский оловорудный район // Геология оловорудных месторождений СССР. Т. 2, кн. 1.— М.: Недра, 1986.— С. 340—350.
6. *Романовский Н. П.* Рудно-магматические системы, принципы их выделения и изучения // Тектоническая природа геофизических полей Дальнего Востока.— М.: Наука, 1984.— С. 156—160.
7. *Саксин В. Г.* Геолого-геофизическая модель и оценка перспектив Хингано-Олонойского оловорудного района // Сов. геол.— 1987.— № 10.— С. 60—66.
8. *Саксин В. Г., Борисенко С. С., Долгопят Л. Г.* Некоторые геолого-структурные особенности Мало-Хинганского оловорудного района // Материалы всесоюз. совещания «Структуры рудных полей вулканических поясов». Вып. III/ДВНЦ АН СССР.— Владивосток, 1985.— С. 29—30.
9. *Синяков Е. Я.* Условия формирования и рудность структуры Хинганского месторождения // Там же.— С. 27—29.

ДВИМС  
Хабаровск

Поступила в редакцию  
30 октября 1987 г.