

УДК 553.2.04(574.3)

М. К. САТПАЕВА

О МАНТИЙНЫХ ПЛЮМАХ

1. О проявлениях плюмов в поверхностных структурах и участках локализации оруденения

Геологиялық материалдарды талдау негізінде рудалы кенорындарда табиғаты мантиялық-плюмалы және құрылымдық шарттары, олардың шектелуі, жаралу механизмдері анықталды. Пайдаланылған бұл мағлұматтар Жезқазған кенді ауданында және Жезқазған кен белдемінде кендену перспективті бағалау жұмыстары жүргізілген.

На основе анализа геологических материалов определен механизм формирования рудных месторождений мантийно-плюмовой природы и структурные условия их локализации. С использованием этих данных произведена оценка перспектив рудоносности Жезказганского рудного района и Жезказганского рудного поля.

On the basis of geological analysis mechanism of formation of ore deposits mantle-plum nature and structural conditions of their localization were determined. Using the data obtained prospects of ore content in the Zhezkazgan ore region and Zhezkazgan ore field were estimated.

Развиваемые в последнее время представления о мантийно-плюмовой природе крупных и суперкрупных месторождений выдвигают ряд проблем, касающихся механизма становления месторождений и, как следствие, их структурных особенностей.

Напомним, что, согласно современной геодинамической концепции, объединяющей в единое целое процессы, происходящие в ядре, мантии и литосфере Земли, главными источниками тепла и вещества, приносимыми в верхние слои литосферы, являются внешнее ядро и мантия. Первостепенная роль в процессе транспортировки вещества из глубинных геосфер к поверхности Земли приписывается мантийным струям – плюмам. Вопросы, связанные с закономерностями строения плюмов и их эволюцией в процессе подъема в верхние слои литосферы, детально рассматриваются в ряде специальных работ [4, 10]. Показано, что плюм под литосферой континента ведет себя иначе, чем в океанических областях, где место его подъема всегда отмечается проявлением вулканизма и формированием сводового поднятия.

На континентах ситуация другая. Согласно С. А. Тычкову [10], «скорее всего **появление плю-**

ма под платформой будет сопровождаться лишь воздыманием поверхности». Подчеркивается «**существование летучих компонентов в голове плюма**».

В качестве примера приводится территория Норильского месторождения, для которого именно мантия и внешнее жидкое ядро Земли рассматриваются в качестве главных источников рудных компонентов, откуда они транспортировались термическим плюмом к верхним слоям литосферы [3, 5, 6].

По данным С. А. Тычкова, здесь «сформировалось сводовое поднятие с амплитудой более 1 км и до 500-700 км в диаметре (плато Путорана). Геофизические наблюдения и выполненное гравиметрическое моделирование выявили динамическую природу этого свода, что заставляет предположить существование на глубине значительных объемов аномально горячей мантии, которая вполне может оказаться прибывшим сюда в последние миллионы лет плюмом. В пользу такого предположения говорят также наблюдаемые локальные аномалии повышенного теплового потока в районе Норильска, что вполне может быть обусловлено **проникновением горячих флюидов плюма в верхние слои ли-**

¹ 050010. Казахстан, Алматы, ул. Богембай батыра 69^а. Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева.

тосферы по существующей сетке глубинных разломов. Современный «плюмовый» магматизм здесь отсутствует» [10].

Из сказанного следует, что появление мантийного плюма, несущего в головной части летучие компоненты, сопровождается образованием сводового поднятия и проникновением привнесенных плюмом горячих флюидов в верхние слои литосферы по сетке глубинных разломов.

Напомним, что согласно Г. В. Гальперову, А. В. Перцову и др. [1], космоструктурная модель суперкрупного объекта включает в себя 1) кольцевую структуру диаметром 50-150 км (проекция плюма на поверхность Земли); 2) зону транзитного разлома (лениамента); 3) систему локальных разломов; 4) малые кольцевые структуры.

Проблемы, связанные с пространственной локализацией крупных и суперкрупных месторождений по материалам дистанционного зондирования детально рассматривается А. И. Горшковым и А. А. Соловьевым [2].

Согласно названным авторам, на глобальном уровне генерализации общим фактором структурного контроля крупнейших месторождений являются кольцевые мегаструктуры поперечником 600-1000 км. При этом крупнейшие рудные объекты размещаются на участках пересечения их внешних (реже внутренних) колец с транзитными зонами глубинных разломов.

На континентальном уровне генерализации рудные области ассоциируются с участками транзитных зон разломов глубинного заложения, расположенными в пределах мегакольцевых структур или секущими их.

Рудные области приурочены к осевым частям линейных структур или к зонам их оперения, к местам их пересечения с внешними кольцами мегаструктур. **Характерно наличие специфических систем разломов, присущих только внутренней структуре этих областей.**

На региональном уровне генерализации выделяются блоки с аномально повышенной плотностью кольцевых структур поперечником до 30 км. Границы блоков тектонические. Наиболее крупные рудные объекты находятся внутри сравнительно мелких кольцевых структур, расположенных в пересечениях разломов высоких порядков.

На детальном уровне генерализации структурный контроль различных типов оруденения более разнообразен.

Ведущим структурным фактором, определяющим пространственную локализацию месторождений, признается **узловой контроль оруденения.**

Отмечается, что обычно рудные тела располагаются на участках пересечения кольцевых структур с радиальными [2].

Подводя итоги сказанному, приходим к следующим выводам:

1 – Согласно современным геодинамическим представлениям, источником рудных компонентов крупных и суперкрупных месторождений являются внешнее ядро и мантия Земли, откуда они транспортируются к верхним слоям литосферы термическими струями – плюмами.

2 – В то время как в океанических областях присутствие плюма фиксируется проявлениями вулканизма, на континентах появление плюма сопровождается лишь воздыманием поверхности, т.е. формированием сводового поднятия, наблюдаемого на космоснимках в виде кольцевых структур.

3 – Характерна концентрация летучих компонентов в головной части плюма.

4 – Подчеркивается возможность проникновения горячих флюидов плюма в верхние слои литосферы по существующей сетке глубинных разломов.

5 – Характерно наличие специфических систем разломов, присущих лишь внутренним частям кольцевых структур.

6 – Ведущим структурным фактором, определяющим пространственную локализацию месторождений, признается узловой контроль оруденения.

7 – Отмечается, что обычно рудные тела располагаются на участках пересечения кольцевых структур с зонами глубинных разломов. Наиболее крупные рудные объекты размещаются на участках пересечения внешних (реже внутренних) колец с зонами глубинных разломов.

2. Перспективы рудоносности некоторой части кольцевых структур, выявленных южнее Жезказгана

При рассмотрении кольцевых структур, выявленных на космоснимке южнее Жезказгана (см. рис. 1,2), привлекают внимание, прежде всего, малые кольцевые структуры, отмеченные на рис. 1 цифрами 1 а, 1, 2. Наиболее интересной

представляется самая небольшая структура 1 *a*, т. к. именно с этой структурой связана локальная гравиметрическая аномалия, показанная на рис. 3. Приуроченность отрицательных значений силы тяжести к центральной части кольцевой структуры (рис. 3, *б*) свидетельствует о концентрации в центре структуры газовой-жидкой флюидной фазы, обладающей минимальными значениями силы тяжести. Более тяжелые компоненты располагаются вдоль наружной границы кольцевой структуры (рис. 3, *в*).

Выявленная особенность расположения гравитационных аномалий дает основание предполагать, что данная малая кольцевая структура является проявлением головной части плюма – глубинной струи, прорывающейся в верхние слои литосферы. Наиболее вероятно, что центральная часть структуры, соответствующая отрицательной гравитационной аномалии, лишена рудной составляющей. Вероятнее всего, что при бурении в центральной части этой малой кольцевой структуры будут встречены лишь интенсивно нарушенные породы, раздробленные под воздействием флюидной струи. Рудные компоненты могут быть встречены лишь в периферических частях, по внешнему контуру кольца. Следует сказать, что возможность присутствия рудных скоплений в пределах подобных изолированных малых кольцевых структур весьма сомнительна, учитывая тот факт, что именно головная часть глубинного плюма насыщена флюидной составляющей, обеспечивающей продвижение плюма.

Таким образом, центральные части одиноко стоящих малых кольцевых структур (в нашем случае – структуры № 1 *a*, 1, 2 на рис. 1) можно рассматривать как неперспективные для поисков рудных скоплений.

Что же касается внешнего обрамления этих малых колец, где сконцентрированы более тяжелые компоненты (см. рис. 3, 4), то возможная степень их рудоносности достаточно велика и требует буровой проверки.

Следующая кольцевая структура, вызывающая особый интерес, располагается между малыми кольцами 1 и 2. Именно к этой структуре приурочено месторождение Жаман-Айбат. (рис. 1). В данном случае обнаруживается присутствие всех элементов, присущих крупным месторождениям: значительный диаметр кольцевой структуры (90-100 км); приуроченность к крупнейше-

му меридиональному линеamentу, описанному М. А. Фаворской (1983) под названием «Хребет Чагос – Карское море»; присутствие локальных разрывных нарушений и малых кольцевых структур, проявленных на более крупномасштабных космоснимках данного участка. Месторождение приурочено к центральной части кольцевой структуры. Выполненные автором исследования рудообразующих минералов Жаман-Айбата [7] выявили ряд закономерностей строения рудных залежей. Обнаружено, что оруденение на Жаман-Айбате контролируется: 1) разрывными нарушениями северо-восточного простирания и 2) очаговыми структурами, находящимися в центральной части Жаманайбатского рудного поля. Богатые руды месторождения, концентрирующиеся в «очаговых» структурах и вдоль линейных рудоносных зон, характеризуются массивными текстурами: рудные минералы образуют сплошные поля, несущие включения изолированных, отторгнутых друг от друга, нередко раздробленных и корродированных зерен песчаника, что свидетельствует о вторжении высококонцентрированных рудоносных флюидов, двигавшихся под большим давлением.

К сожалению, отсутствие гравиметрических данных для Жаманайбатской кольцевой структуры и других аналогичных структур, находящихся в пределах района (кольцевые структуры № 2 *a*, 3, 4, 5, 6 на рис. 1), не позволяет высказать конкретные предположения о возможности присутствия оруденения и его положения в пределах конкретной кольцевой структуры.

3. Перспективы Жезказганского рудного поля в свете результатов дистанционного зондирования

Приведенные выше сведения о строении кольцевых структур, обязанных своим происхождением плюму-тектонике, дополняют наши представления о строении Жезказганского рудного поля и перспективах его рудоносности.

По мнению автора, Жезказганское месторождение имеет мантийно-плюмовое происхождение: месторождение возникло в результате вторжения в верхние слои литосферы рудоносного термического плюма глубинного происхождения.

Согласно данным, приведенным в разделах 1 и 2, выясняются определенные особенности процесса продвижения плюма к поверхности.

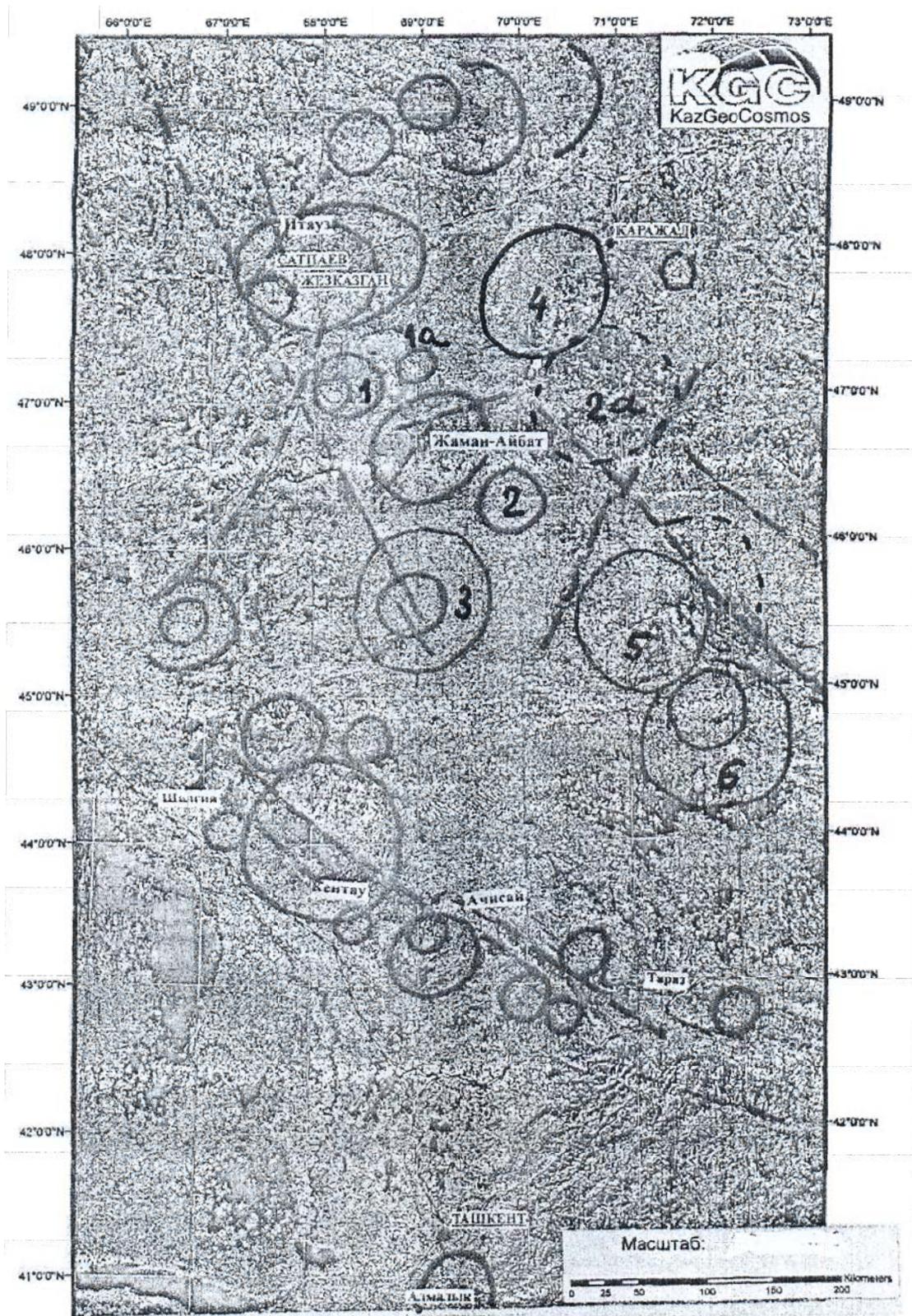


Рис. 1. Космоснимок северной половины исследуемого региона, полученный с помощью аппарата Landsat. Дешифрирование выполнено М. К. Сагпаевой

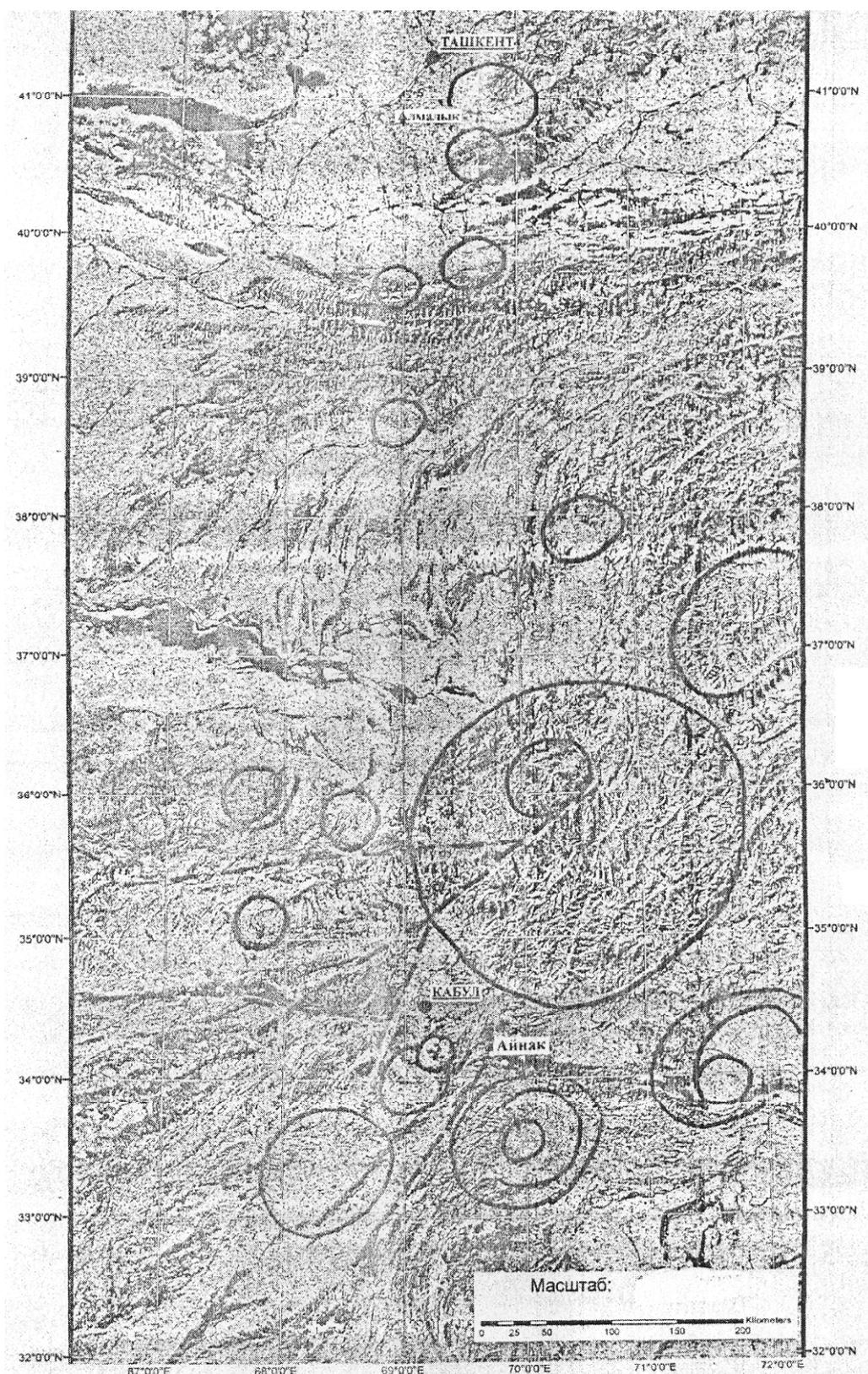


Рис. 2. Космоснимок южной половины исследуемого региона, полученный с помощью аппарата Landsat. Дешифрирование выполнено М. К. Сатпаевой

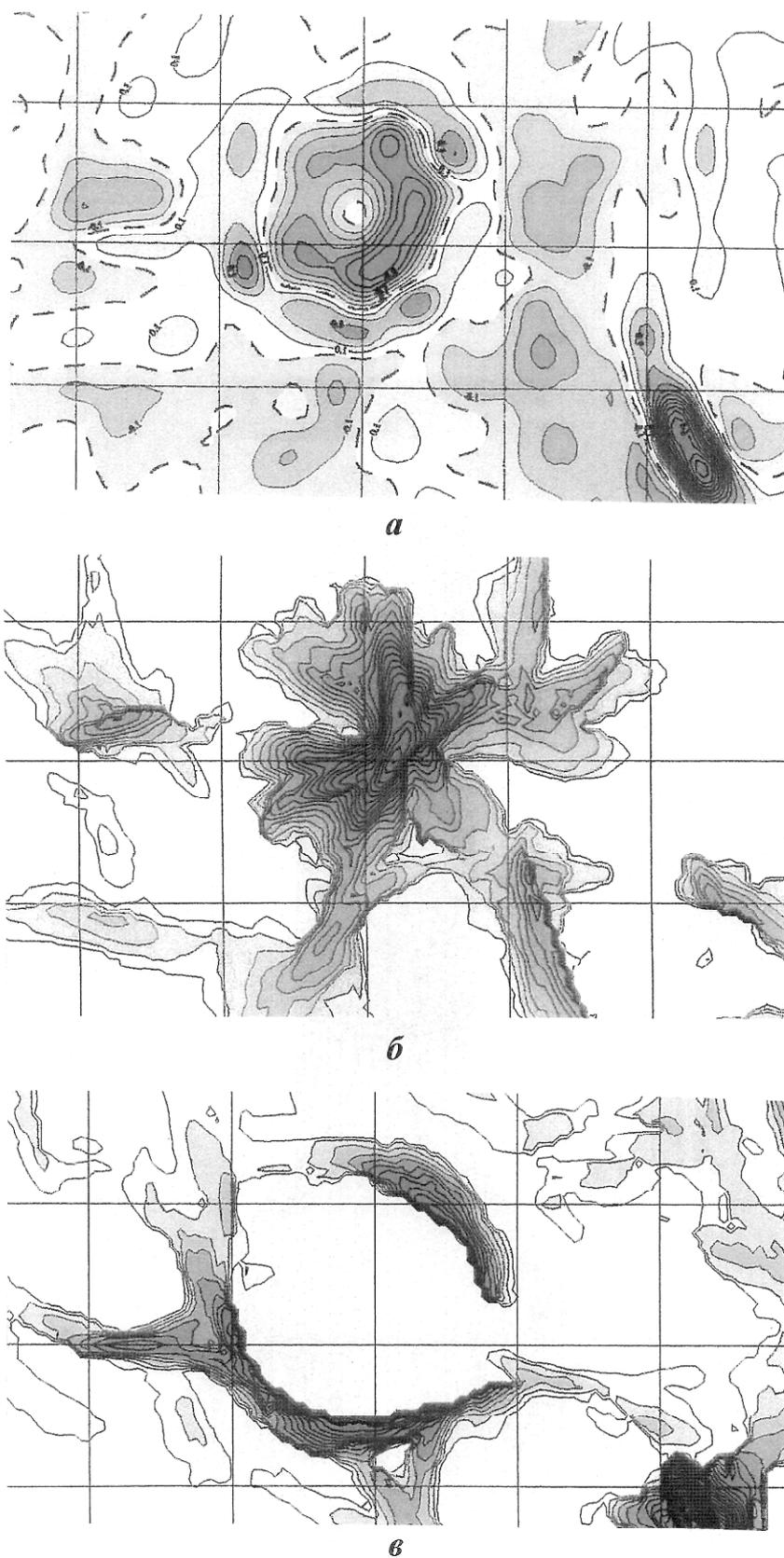


Рис. 3. Локальная гравиметрическая аномалия, совпадающая с кольцевой структурой, выявленной на космоснимке:
 а – общий вид кольцевой аномалии, б – распределение минимальных значений силы тяжести,
 в – распределение максимальных значений

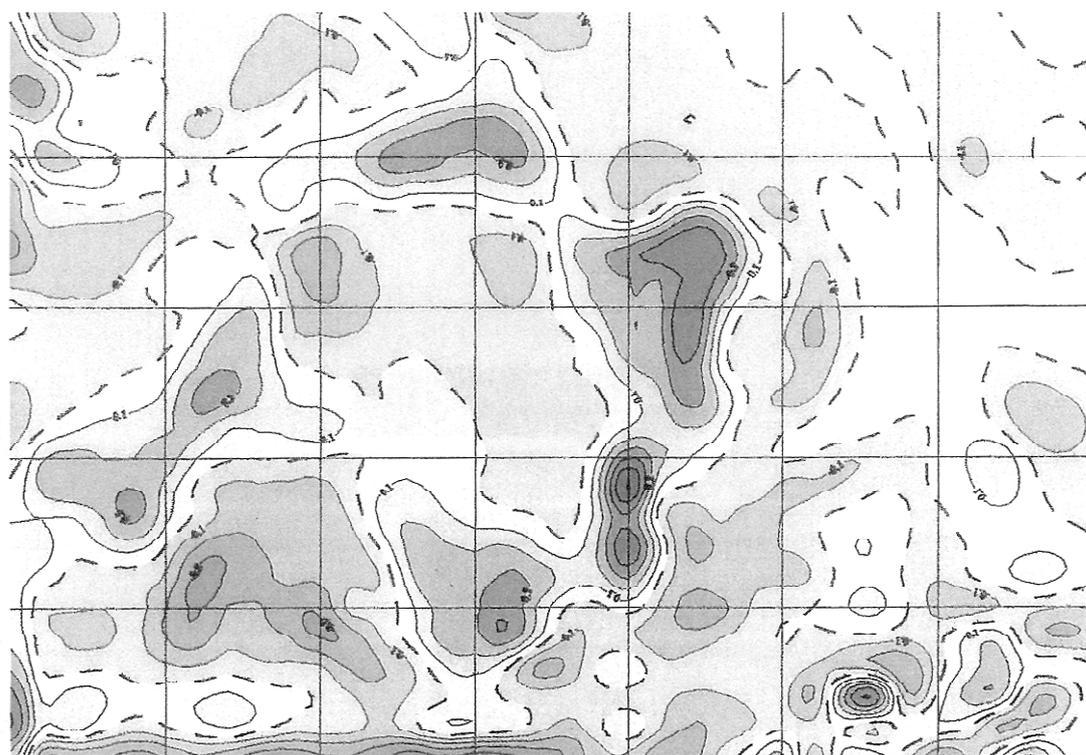
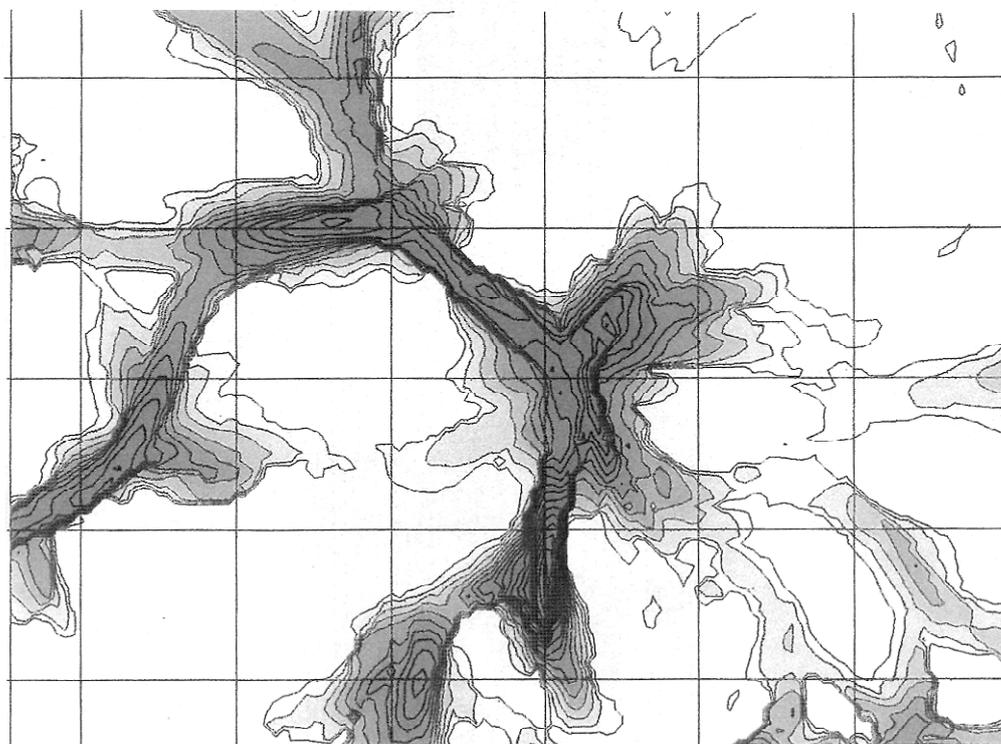
*a*

Рис. 4. Проявление кольцевой структуры в гравиметрическом поле:
а – общий вид, б – акцент максимумов

Можно считать установленными следующие факты:

– Присутствие глубинного плюма проявляется воздыманием поверхности Земли, проявленным в виде *кольцевой структуры*, обнаруживаемой дистанционным зондированием.

– *Головная часть плюма обогащена летучими компонентами*, следствием чего является появление отрицательных гравиметрических аномалий в центре кольцевых структур (см. рис. 3 и 4).

– Чрезвычайно важная особенность кольцевых структур мантийно-плюмового происхождения – *наличие специфических систем разломов, присущих лишь внутренним частям структур*.

– Наиболее крупные рудные объекты размещаются *на участках пересечения внешних колец с зонами глубинных разломов*.

– Характерен *узловой контроль оруденения*.

Сопоставление данных, полученных в результате изучения рудных залежей Жезказгана, с представлениями о мантийно-плюмовой природе суперкрупных эндогенных месторождений, свидетельствует о том, что факты и заключения, изложенные в работах автора [8, 9], согласуются с представлениями о мантийно-плюмовом происхождении месторождения. Прогнозы, высказанные в отношении возможной рудоносности нижних горизонтов месторождения, не только не потеряли своей убедительности, но и приобрели новые подтверждения и некоторые новые аспекты.

Прежде всего, следует подчеркнуть тот факт, что *полностью сохраняют свое значение высказанные ранее представления об инъекционном генезисе рудных залежей*. Основные залежи месторождения – рудные силлы, т.е. послонные инъекции высококонцентрированных рудоносных флюидов в толщу слоистых осадочных пород.

Получают дополнительное объяснение выявленные в процессе минералогических исследований признаки вторжения рудных масс от юго-восточной границы месторождения, т.е. от зоны Теректинского разлома, в северо-западном направлении. Напомним, что на восточной окраине Жезказганского рудного поля проходит резкая

граница между оруденелыми и безрудными песчаниками: в то время как на запад по всем наиболее грубозернистым пластам слоистой осадочной Жезказганской толщи устремляются богатейшие рудные залежи, к востоку от Теректинского разлома та же Жезказганская толща представлена безрудными монотонными красноцветными породами.

Вероятно, в данном случае проявляются две закономерности, присущих плюму-тектонике: приуроченность крупных рудных объектов к участкам пересечения внешних границ кольцевых структур и зон глубинных разломов и концентрация рудных компонентов вдоль внешних контуров кольцевых структур, что проявляется в гравитационном поле соответствующим распределением аномалий силы тяжести (см. рис. 3 и 4).

В свете сказанного можно утверждать, что восточная граница Жезказганского рудного поля, совпадающая с зоной Теректинского разлома, является одновременно границей Жезказганской кольцевой структуры, обрамляющей с востока Жезказганский рудоносный плюм.

Следует иметь в виду, что существуют практически непреодолимые осложнения, затрудняющие осуществление буровых подземных работ: это опасность обрушения кровли выработок, что существенно ограничивает поле поисковых работ. К сожалению, потенциально перспективные рудоносные участки, прилегающие к зоне Теректинского разлома, являются наиболее опасными и, следовательно, недоступными для проведения буровых работ из подземных горных выработок.

Учитывая эндогенную (глубинную) природу вещества, транспортируемого к поверхности Земли рудным плюмом, *следует признать решающую роль вертикальных напряжений, сопровождавших внедрение флюидной массы в верхние горизонты земной коры*. Причем напряжения эти должны проявляться в пределах площади, ограниченной диаметром плюма, т.е. во внутренней части кольцевой структуры. В связи с этим напомним чрезвычайно важное положение, особо подчеркнутое в работе А. И. Горшкова и А. А. Соловьева [2]: *«Характерно наличие специфических систем разломов, присущих только внутренней структуре этих областей»*.

Очевидно, на площади Жезказганского рудного поля должны проявляться такие вертикальные напряжения и как следствие локальные разломы, присущие внутренним частям рудного поля. Вероятно, именно с этими вертикальными напряжениями, сопровождавшими продвижение вещества плюма из глубин к поверхности Земли, связано образование зон флексур, пересекающих Жезказганское рудное поле. Дробление вмещающих пород и подъем отдельных блоков относительно друг друга с образованием разрывов и «сундучных» складок (флексур) логично объясняется проявлениями вертикальных движений в пределах площади, ограниченной диаметром рудоносного плюма. Следовательно, зоны флексур могут рассматриваться как потенциально рудоносные зоны.

Не исключено, что ориентировка рудоносных потоков, сформировавших богатые лентообразные залежи северо-западного простирания, в какой-то мере также связана с направлениями зон трещиноватости и локальных разрывных нарушений, вызванных поднимающимся из недр Земли термическим плюмом.

Таким образом, потенциально рудоносные зоны Жезказганского рудного поля, помимо названных ранее зон северо-западного, пополняются зонами флексур северо-восточного простирания, образуя систему пересекающихся рудных лент, проявленную в планах верхних залежей.

Надо иметь в виду, что богатые и мощные руды могут концентрироваться в участках пересечения рудоносных зон (*узловой контроль оруденения*). Вероятно, именно такие ограниченные по площади участки были в свое время отработаны в поле шахты «Покро».

Подводя итоги рассмотрению вопроса о перспективах рудоносности Жезказганского рудного поля, приходим к следующим выводам.

1. Учитывая, что наиболее мощные и богатые руды обычно приурочены к участкам пересечения внешних границ кольцевых структур с региональными разломами, главными потенциально рудоносными зонами являются следующие:

а) восточная часть Жезказганского рудного поля, связанная с зоной пересечения кольцевой структуры Теректинским разломом (т.е. зона, включающая главные известные на месторождении залежи);

б) западная часть месторождения (ныне практически неизвестная) – зона, ограничивающая с запада рудное поле Восточно-Улытауским глубинным разломом (проявляется в планах залежей 9-I, 9-III, 9-IV у западной границы рудного поля);

в) южная часть рудного поля – зона пересечения Теректинского и Восточно-Улытауского разломов.

2. Зоны флексур, возникшие, по представлениям автора, под воздействием вертикальных напряжений в процессе подъема вещества плюма. Однако, учитывая данные гравиметрических съемок (рис. 3 и 4), свидетельствующие о том, что центральные части плюмов обеднены рудными компонентами, вероятно масштабы рудоносности зон флексур будут существенно уступать масштабам рудоносности внешних границ кольцевых структур.

3. Зоны пересечения локальных тектонических нарушений в пределах внутренней части плюма, а также возможные локальные очаговые структуры могут способствовать образованию небольших по площади изолированных участков богатых руд в центральной части рудного поля.

Представления о мантийно-плюмовой природе Жезказгана согласующиеся с результатами изучения залежей месторождения и особенностями состава руд, позволяют дополнить существующие взгляды о перспективных направлениях, благоприятных для поисков неизвестных рудных залежей в пределах Жезказганского рудного поля. Благодаря привлечению данных дистанционного зондирования на территории, расположенной к югу от Жезказгана, выявлен ряд кольцевых структур, перспективных для поисков неизвестных месторождений, отчетливо проявленных на космоснимках.

В целом результаты выполненных работ существенно расширили наши представления об особенностях строения Жезказганского рудного поля и составе его руд.

Привлечение современных геодинамических концепций, по-новому освещающих проблемы генезиса крупных и суперкрупных месторождений, открывает новые перспективы в решении проблемы укрепления рудной базы Жезказганского комбината.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперов Г. В., Перцов А. В. и др. Космоструктурные модели рудных гигантов // Отеч. геол. 2000. № 8. Спец. вып. С. 17.
2. Горшков А. И., Соловьев А. А. Определение характеристик рудоносных узлов методом распознавания образов // Крупные и суперкрупные месторождения: закономерности размещения и условия образования. (Под ред. Д. В. Рундквиста). М.: ИГЕМ РАН. 2004. С. 381-390.
3. Дистлер В. В., Лишневский Э. Н., Служеникин С. Ф., Туровцев Д. М. Металлогеническая зональность и глубинная модель рудообразующей системы норильского рудного района // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Новосибирск: «ГЕО», 2006. С. 79.
4. Летников Ф. А. Сверхглубинные флюидные системы Земли и проблемы рудогенеза // Геол. рудн. мест. 2001. Т. 43. № 4. С. 291-307.
5. Лихачев А. П. Трапповый магматизм и платино-медно-никелевое рудообразование в Норильском районе // Отеч. геол. 1997. № 10. С. 8-19.
6. Лихачев А. П. Платино-медно-никелевые месторождения Норильского района // Отечеств. геол. 2000. № 8. Спец. вып. С. 43.
7. Сампаева М. К. Минералогия рудных залежей месторождения Жаман-Айбат // Известия НАН РК. Серия геол. 2006. № 2. С.
8. Сампаева М. К. Руды Джекказгана и условия их формирования. Алма-Ата: Наука. 1985. 206 с.
9. Сампаева М. К. О возможности инъекционного генезиса стратиформных залежей Джекказгана // Геология рудных месторождений. 1985. № 1. С. 58-70.
10. Тычков С. А., Василевский А. Н., Рычкова Е. В. Эволюция плюма под континентальной литосферой с резкими вариациями толщины // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 8. С. 1182-1196.