

Казахский Национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

УДК 553.495 (574) (043)

На правах рукописи

**БАРАТОВ РЕФАТ ТАЛХАТЖАНОВИЧ**

**«Кольцевые структуры Центрального Казахстана и их рудоносность по  
данным обработки материалов дистанционного зондирования Земли  
(ДЗЗ)»**

6D070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Диссертация на соискание степени  
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:  
Сейтмуратова Элеонора Юсуповна –  
доктор геол.-мин. наук, профессор,  
член-кор. НАН РК, академик МАМР и  
АМР РК

Reimar Seltmann, PhD, Professor, Head  
of CERCAMS, Earth Sciences  
Department, Natural History Museum

Республика Казахстан  
Алматы, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>НОРМАТИВНЫЕ.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>ССЫЛКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ЗЕМЛИ И КАЗАХСТАНА.....</b>  | <b>15</b> |
| 1.1 Основные этапы развития дистанционного зондирования Земли.....   | 15        |
| 1.2 Кольцевые структуры Земли разного генезиса.....  | 18        |
| 1.3 Рудоносность кольцевых структур Земли.....   | 25        |
| 1.3.1 Рудоносность эндогенных кольцевых структур.....  | 27        |
| 1.3.2 Рудоносность космогенных кольцевых структур.....   | 35        |
| <b>2 МЕТОДИКА ДЕШИФРИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ И ВЫЯВЛЕНИЕ МАСШТАБНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КС В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ.....</b>                               | <b>47</b> |
| 2.1 Методика дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли.....  | 47        |
| 2.2 Дешифрирование материалов дистанционного зондирования Центрального Казахстана и создание геоинформационной базы данных кольцевых структур..... | 51        |
| 2.3 Анализ интенсивности проявления кольцевых структур в Центральном Казахстане, ранжирование их по генезису и определение доминирующих типов..... | 54        |
| 2.3.1 Частота встречаемости и особенности распределения кольцевых структур Центрального Казахстана.....  | 54        |
| 2.3.2 Ранжирование КС Центрального Казахстана по генезису и определение доминирующих типов.....  | 61        |
| <b>3 ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТИПОВЫХ ЭНДОГЕННЫХ И КОСМОГЕННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА.....</b>                      | <b>64</b> |
| 3.1 Особенности геологического строения эндогенных кольцевых структур и типовые эндогенные кольцевые структуры Центрального Казахстана.....        | 64        |
| 3.2 Особенности геологического строения типовых космогенных кольцевых структур Центрального Казахстана.....  | 80        |
| <b>4 ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОНОСНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА.....</b>  | <b>90</b> |
| 4.1 Ранее известные рудоносные кольцевые структуры Центрального Казахстана.....  | 90        |
| 4.2 Вновь выявленные рудоносные кольцевые структуры Центрального Казахстана.....   | 102       |
| <b>5 НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕРСПЕКТИВ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННЫХ ЗОН</b>  |           |

|  |            |
|--|------------|
| <b>ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА С ПОЗИЦИИ<br/>ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СВЯЗИ С НИМИ РУДНОЙ<br/>МИНЕРАЛИЗАЦИИ.....</b> | <b>112</b> |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>   | <b>124</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>   | <b>127</b> |

## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

Закон Республики Казахстан «О науке» от 18.02.2011 г. № 407-IV ЗРК.

ГОСО РК 5.04.034-2011: Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Послевузовское образование.

Докторантура. Основные положения (изменения от 23 августа 2012 г. № 1080).

Правила присуждения ученых степеней от 31 марта 2011 года № 127.

ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Геоинформационная система** (географическая информационная система. ГИС) – система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных.

**Цифровая модель рельефа (ЦМР)** – цифровое картографическое представление земной поверхности как в виде регулярной сетки высот (DEM), так и в виде нерегулярной сетки треугольников (TIN).

**Дешифровочные признаки** пространственных объектов – характеристики объектов, позволяющие определить их на снимках визуально или используя методы автоматизированного дешифрирования: тон, цвет, размер, форма, текстура, рисунок, тень, местоположение, связь с другими элементами. При дешифрировании их разделяют на: яркостные признаки - набор числовых значений спектральной яркости: геометрические признаки - это форма (линейная, плоская, объемная), размер, топологические свойства объектов (например, связность, число промежутков): комплексные признаки – специфическое сочетание яркостных и геометрических признаков, определяющее структуру (текстуру) изображенных на снимке объектов.

**Кольцевая структура** – это геологические тела разного происхождения, уровня организации (начиная с горнопородного и выше) и строения, характеризующиеся наличием центра симметрии в сечении их земной поверхностью и имеющие на уровне денудационного среза округлые очертания.

**Кальдера** – циркообразная впадина с крутыми стенками и с более или менее ровным дном, появившаяся вслед за активной деятельностью вулкана в результате провала его вершины, а иногда и прилегающей к нему местности. Поперечник К. – 10–15 км и более. Предполагается (Williams H., 1941; Ван-Беммелен P., 1957), что при взрыве через жерло вулкана или через трещину выбрасывается огромное кол-во магмы, причем опустошение вулканич. камеры идет быстрее, чем заполнение ее материалом из более глубинного источника. Кровля вулкана оказывается лишенной опоры и обрушивается.

**Вулкано-плутонический пояс** – пояс повышенного проявления вулканич. и плутонич. активности надрегионального м-ба, в пределах которого интрузивные массивы составляют достаточно заметный объем от общ. кол-ва магматич. материала, внедрившегося в верх. горизонты зем. коры и излившегося на поверхность.

**Структурно-формационная зона** – ареал распространения ассоц. пространственно и хронологически сопряженных геологических формаций, возникших в течение определенной стадии тектоно-магматич. цикла. Каждая С.-ф. з. отличается от соседних одноранговых геоструктурных элементов особенностями осадконакопления, структурных форм, магматизма, обусловленными специфич. для данного ареала на этапе его активного развития тектонич. режимом и рядом физико-географич. факторов. С.-ф. з. могут включать несколько структурно-фациальных зон.

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

|           |  |
|-----------|--|
| ВПП –     | Вулкано-плутонический пояс   |
| ВПС –     | Вулкано-плутоническая структура  |
| ВТС –     | Вулкано-тектоническая структура  |
| ГДП-200 – | Геологическое доизучение площадей масштаба 1:200 000   |
| ГИС –     | Геоинформационная система  |
| ГПТ –     | Геолого-промышленные типы месторождений полезных ископаемых  |
| ДЗЗ –     | Дистанционное зондирование Земли   |
| ЖБСС –    | Жонгаро-Балхашская складчатая зона   |
| ИГН –     | Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева  |
| КРФ –     | Континентальный рифт   |
| КС –      | Кольцевые структуры  |
| ЛАЭМ –    | Лаборатория аэрометодов  |
| МСУ –     | Многоканальное сканирующее устройство  |
| ОД –      | Островные дуги   |
| ОФ –      | Офиолитовый комплекс   |
| ПС –      | Плутоническая структура  |
| СФЗ –     | Структурно-формационные зоны   |
| ЦК –      | Центральный Казахстан  |
| ЦМР –     | Цифровая модель рельефа  |
| ЮК –      | Южный Казахстан  |
| ASTER –   | the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – усовершенствованный космический тепловой эмиссионный и отражающий радиометр |
| WRS –     | Worldwide Reference System – Глобальная система записи данных Landsat  |

## ВВЕДЕНИЕ

**Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технической проблемы.** Дуговидный характер отдельных морфоструктур отмечен первопроходцами уже в середине XIX века. Так, Л. Леман в 1852 г. описал дугообразное строение гор Букантау в средней Азии, а в 1874 г. А.В. Каульбарс – Султануиздага. Однако впервые на закономерное дугообразное строение всех горных цепей Тянь-Шаня в 1877 г. указал Ф. Рихтгофен, что впоследствии получило отражение в известных схемах тектоники Средней Азии Э. Аргана, Д.И. Мушкетова, Д.В. Наливкина. На этот феномен обратил внимание и академик Е.Д. Шлыгин в работе «О сходстве тектонического рисунка Центрально-Казахстанской и Яно-Колымской складчатых областей [1].

Среди кольцевых морфоструктур, выделенных Г.З. Поповой [2] в пределах Средней Азии, Южно-Казахстанская первого порядка. Она охватывает пространство от Южного Урала до Алтая, от юга Западной Сибири до Южного Тянь-Шаня. Центр ее расположен в мелкосопочнике Восточного Казахстана, южная периферия выражена наиболее четко в виде внешней каледонской дуги (Тянь-Шань, Каратау, Кокшетау) и внутренней герцинской (Шу-Или-Тектурмас-Шынгыс), представляющих собой фрагменты фазовых колец. На ее южную периферию наложены концентрические морфоструктуры второго порядка – Южно-Уральская, Аральская, Памирская, Барабинская. Они осложнены морфоструктурами более высоких порядков.

По-видимому, первым, кто указал на наличие округлых структур в Средней Азии, был В.Г. Мухин (начало 30-х годов прошлого столетия). А.С. Аделунг (1937, 1939) впервые обратил внимание на формирование ряда куполовидных структур в результате внедрения магматических масс. В частности, он указал на район расположения Ангреновского батолита, которым, по его мнению, образовано «крупнейшее куполообразное вздутие», окаймленное мульдо-образным прогибом с «порфирито-туфами». В.И. Попов (1955) описал округлые и миндалевидные ядра роста материковой земной коры концентрического строения, считая их активными магматическими центрами длительного развития (Муюнкумское, Кураминское, Гиссаро-Дарвазское, Каракумское и др.). К.К. Пятков (1976) описал в Западном Узбекистане ряд новейших структур типа «брахиантиклинальных вздутий», начало формирования которых относил к миоцену.

В Казахстане одним из первых подробно рассмотрел кольцевые структуры, связанные с магматическими комплексами, А.В. Авдеев [3]. Описанные им структуры некоторых районов Евразии, Америки и других областей соответствуют плутонам, штокам, куполам, кальдерам и т. д. Механизм образования этих структур заключается в подъеме магмы (выжимании преимущественно кислых магм более плотными породами), вспучивании, образовании купольных выступов, конических и радиальных

разломов и, как следствие этого, в обрушении над магматическими камерами. А.В. Авдеев выделил три этапа в развитии кольцевых структур Земли: докембрийский, протерозойско-неогеновый и современный. Он один из первых провел сравнение земных и лунных кольцевых форм.

С развитием космических методов изучения Земли всеобщее внимание исследователей привлекли дешифрируемые на космических снимках объекты изометричной формы. Различные исследователи называют их по-разному. Помимо «кольцевых структур» используется целый ряд терминов: кольцевые морфоструктуры, морфоструктуры центрального типа (В.В. Соловьев); космогеологические структуры центрального типа (Л.Ф. Волчегурский, В.Г. Пронин), изометричные структуры (Д.М. Трофимов), кольцевые или центрические космогеологические объекты (И.И. Башилова, В.А. Буш и др.), очаговые структуры (И.Н. Томсон, М.А. Фаворская), концентры (О.К. Гинтов) и др. [4-6 и др.].

В первых работах, посвященных кольцевым структурам (КС) Земли, выявленные путем дешифрирования космических снимков, кольцевые структуры, представлялись как фотоаномалии, которые потом предположительно сопоставлялись с различными геологическими телами. В последующих работах исследователи стали смелее выделять КС и уверенно отождествлять их с геологическими объектами. В результате выяснилось, что КС обнаруживаются в различных районах Земли, отличающихся резко по геологическому строению [7-10]. Обращало на себя внимание то, что плотность проявления КС широко варьирует, в зависимости от геологического строения того или иного региона. Действительно, области широкого развития вулканогенных образований или области широкого развития метаморфических образований отличаются, как плотностью проявления КС, так и размерностью. Все новые данные относительно широкого развития КС на поверхности Земли и особенностей их размещения однозначно показывают, что они являются, наряду с линеаментами, существенным тектоническим элементом строения земной коры. Особенности размещения КС на поверхности Земли, по мнению многих исследователей, в значительной степени определяются их генотипами [4, 11, 12 и др.]. Так, в вулcano-плутонических поясах наиболее широким распространением пользуются эндогенные вулканические, плутоногенные, вулcano-плутонические, вулcano-тектонические структуры и целые системы магматогенных кольцевых структур [1, 3, 13-45]. В областях широкого развития осадочных карбонатных и терригенно-карбонатных формаций, где можно ожидать распространение карстовых кольцевых структур, достаточно широко развиты метаморфогенные и тектоногенные КС [6-8, 44-52 и др.]. В тоже время космогенные структуры, являясь наложенными на любую геологическую основу, могут быть проявленными в любой геологической провинции. Сказанное, при дешифрировании большого количества КС, допускает среди этого множества наличие КС различного генезиса. Учитывая различное внутреннее строение КС разнообразного типа,

дифференцированное изучение и идентификация КС с известными на сегодняшний день генотипами является обязательным, независимо от того, что ряд из них изучены всё ещё недостаточно.

Круговые морфоструктуры метеоритного происхождения нашли признание исследователей только после обнаружения в конце 20-х годов XX столетия 1600-метрового Аризонского кратера в США [53]. В последующие годы было описано еще несколько десятков кратеров космогенного происхождения, размеры которых колеблются от первых десятков до сотен метров и иногда достигают десятков и сотен километров. Начало обоснования наличия метеоритных структур в СССР связано с работами В.Л. Масайтиса и его сотрудников, выявивших и изучивших признаки ударного метаморфизма на примере гигантского Попигайского кратера [54-59].

На территории СССР в 70-е годы прошлого века было установлено 15 достоверных и 30 предполагаемых метеоритных кратеров [54, 60-71 и др.].

Таким образом, можно считать, что оживленное обсуждение проблемы кольцевых структур, происходящее в научном мире в последние 40-50 лет, обусловлено, прежде всего, фундаментальной, как выясняется, ролью кольцевых структур в строении литосферы не только Земли, но и других планет Солнечной системы [7, 9, 72-78 и др.].

В отношении кольцевых структур имеется еще масса нерешенных вопросов: например, их генезис и возраст, процессы их развития в геологическом пространстве и геологическом времени, генетическая связь с другими феноменальными структурами Земли – линеаментами и т. д. В связи с этим, несомненно, что дальнейшее всестороннее изучение такого специфического и широко распространенного геологического объекта, каковыми безусловно являются кольцевые структуры Земли и планет Солнечной системы, позволит не только познать их природу, но и углубить наши представления о механизме формирования и развитии земной коры и связанных с ней полезных ископаемых. Наиболее широко распространенными среди КС на Земле, как показывают исследования последних десятилетий, являются космогенные и эндогенные структуры, изучению которых и посвящена данная работа.

Наиболее важным в проблеме кольцевых структур является то, что почти все исследователи, занимающиеся их изучением, отмечают несомненную связь с ними различных полезных ископаемых. Приводятся многочисленные примеры, где многие нефтяные, газовые и рудные месторождения приурочены к кольцевым структурам [79-94 и др.]. Однако, несмотря на, казалось бы, очевидность установленной контролирующей роли кольцевых структур в размещении полезных ископаемых, данный поисковый критерий в практической геологии используется все ещё в недостаточной степени.

**Основание и исходные данные для разработки темы.** Диссертационная работа является продолжением научных исследований соискателя, которые были начаты еще во время обучения в магистратуре

КазНТУ и продолжены в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева с поступлением туда на работу. Базовыми данными для разработки темы диссертационной работы служат собранные фондовые и опубликованные материалы, касающиеся проблемы кольцевых структур, данные камеральных и полевых исследований при выполнении диссертантом в составе лаборатории геологических и рудных формаций грантовых и хоздоговорных проектов: 1. «Анализ эпитеpmального золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашского региона и выделение перспективных площадей для обнаружения крупных месторождений данного типа» (2012-2014 гг.); 2. «Возможность выявления крупнообъемных эпитеpmальных месторождений золота, серебра и меди в вулканоплутонических поясах Жонгаро-Балхашской складчатой системы» (2019 г.); 3. «Изучение рудоносности кольцевых структур Центрального и Южного Казахстана и выявление среди них наиболее перспективных для постановки поисковых работ» (2018-2020 гг.).

### **Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы.**

На фоне почти полного истощения легкооткрываемых месторождений в Казахстане, как и во всем Мире, начиная с конца XX века, резко увеличились масштабы добычи полезных ископаемых, что обусловило ошутимое отставание восполнения минеральных ресурсов по многим видам полезных ископаемых от их добычи. Кроме отмеченного, в последние десятилетия в состоянии минерально-сырьевой базы Казахстана наметились дополнительные негативные явления, обусловленные недостаточной конкурентоспособностью месторождений значительной группы важнейших и традиционных для страны полезных ископаемых – меди, молибдена, цинка, золота и других.

Для выравнивания ситуации, когда **добыча опережает и превышает во много раз восполнение**, совершенно очевидной обозначается необходимость резкого увеличения поисково-разведочных работ, которые в стране почти свелись к нулю.

Учитывая вышесказанное, для решения указанной задачи очевидным становится не просто ускоренное возобновление поисковых работ, но и повышение их эффективности за счет выявления надежных поисковых критериев и привлечения новых современных методов. На современном этапе решение поисковых задач невозможно без использования оптимального комплекса базовых геолого-геофизических методов с полноценным привлечением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и компьютерных геоинформационных систем (ГИС). Только сочетание комплекса поисковых методов, позволяющее эффективно задействовать при поисковых работах гигантский объем данных, может способствовать успешному решению поисковых задач.

### **Сведения о научно-техническом уровне разработки.**

Научно-технический уровень диссертации определяется большим объемом собранного и обобщенного материала по геологии, генезису и рудоносности кольцевых структур, применением современных компьютерных программ для обработки материалов ДЗЗ таких как Erdas Imagine и Geomatics, геоинформационных систем в виде программы ArcGIS и статистического анализа.

#### **Сведения о метрологическом обеспечении диссертации.**

В настоящей диссертационной работе основные результаты получены на основе дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли. Достоверность этих результатов подтверждается использованием в работе предварительно обработанных и привязанных сканерных снимков Landsat-7 и радиолокационных Radarsat-1, представленных АО «Казгеокосмос» и снимками Landsat-8, представленных ТОО «Центр дистанционного зондирования и ГИС «Терра» Алматы. Также в работе использованы результаты лабораторных исследований литогеохимических проб отобранных в полевые сезоны 2018-2019 гг. из кольцевых структур Шоптыбай, Аюлы, Шоймбай, Шынды, Восточно-Кызылтасская и др. Пробы анализировались в сертифицированных лабораториях ТОО «Help Geo» и в лаборатории физических и химических методов «Института геологических наук им. К.И. Сатпаева». Большая часть проб анализировалась методом «полуколичественного оптико-эмиссионного спектрального анализа», оставшаяся часть - методом «атомно-абсорбционного анализа» на золото.

**Актуальность.** Расширение в 60-80 годы космических исследований, включая космическое дистанционное зондирование поверхности Земли, показало широчайшее развитие на её поверхности кольцевых структур размерами от десятков и сотен метров до тысяч км в поперечнике.

Наиболее важным в практическом аспекте в проблеме кольцевых структур является, отмечаемая всеми исследователями, приуроченность к ним определенных месторождений полезных ископаемых. Примеров тому, когда с КС устанавливается пространственная связь нефтяных, газовых, и рудных месторождений (медно-порфировых, золото-серебряных, редкометальных и др.) на сегодняшний день можно привести множество. Однако, несмотря на казалось бы, очевидность установленной рудоконтролирующей роли кольцевых структур, данный поисковый критерий в практической геологии используется в недостаточной степени. Учитывая, что на современном этапе, когда фонд легкооткрываемых месторождений почти полностью иссяк, и для повышения эффективности поисков, крайне необходимо привлечение новых современных методов, полноценное использование материалов ДЗЗ представляется *сверхактуальным*.

**Научная новизна** проведённого исследования определяется тем, что на базе использования материалов дистанционного зондирования Земли и ранее выявленных характерных признаков кольцевых структур различного генезиса, впервые проведено их ранжирование, определены наиболее широко

развитые типы КС и установлена степень интенсивности проявления той или иной рудной минерализации в КС разного генезиса, что позволяет рекомендовать новые направления поисковых работ на территории Центрального Казахстана.

**Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами.** Настоящая диссертационная работа, как было отмечено, непосредственно связана с выполняемой в лаборатории геологических и рудных формаций Института геологических наук им. К.И. Сатпаева грантовых проектов: 1. «Анализ эпитермального золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашского региона и выделение перспективных площадей для обнаружения крупных месторождений данного типа» (2012-2014 гг.) [95]; 2. «Возможность выявления крупнообъёмных эпитермальных месторождений золота, серебра и меди в вулcano-плутонических поясах Жонгаро-Балхашской складчатой системы» (2019 г.) [96]; 3. «Изучение рудоносности кольцевых структур Центрального и Южного Казахстана и выявление среди них наиболее перспективных для постановки поисковых работ» (2018-2020 гг.) [97]. В последних двух проектах диссертант является одним из основных исполнителей.

**Цель исследования:** на базе анализа многочисленных публикаций по космической геологии и геологии кольцевых структур выявить масштабность развития кольцевых морфоструктур на территории Центрального Казахстана, определить соотношение различных генетических типов кольцевых структур и выявить их магмо- и рудоконтролирующую роль.

**Объектом исследования** являются кольцевые структуры Центрального Казахстана и их рудоносность.

**Предмет исследования:** кольцевые структуры, интенсивность их проявления, определение их генетических типов, связь различной рудной минерализации с КС разного генезиса, выявленные перспективные рудоносные КС.

**Задачи исследования:** 1. Анализ многочисленной научно-технической информации по космической геологии и геологии кольцевых структур Земли. 2. На базе составленной Карты кольцевых Центрального Казахстана масштаба 1:1 000 000 ранжирование их на различные генотипы и определение наиболее доминирующих их типов в Центральном Казахстане. 3. Обобщить материал по рудоносности Центрального Казахстана и определить связь её с кольцевыми структурами и крупными линеamentами. 4. Доизучить и выявить новые рудоконтролирующие кольцевые структуры разного генезиса Центрального Казахстана и выделить наиболее перспективные из них для обнаружения месторождений того или иного типа. 5. Разработать рекомендации относительно постановки поисковых работ на выявленных перспективных рудоносных кольцевых структурах.

**Методологическая база исследований.** Главными методами исследования являются: дешифрирование материалов ДЗЗ, геологическое картирование, палеовулканические реконструкции, геохимические методы,

металлогенический анализ, метод аналогии. Ряд из названных методов, в свою очередь, является комплексным.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Широкое распространение кольцевых структур на Земле подобно всем планетам Солнечной системы, неоспоримо доказанное по материалам ДЗЗ в последние 40-50 лет, является характерным и для Центрального Казахстана;

2. Впервые проведенное ранжирование кольцевых структур Центрального Казахстана по генезису показало, что доминирующими среди них являются магматогенные (эндогенные) и космогенные кольцевые структуры, размещающиеся в исследуемом регионе неравномерно;

3. Для Центрального Казахстана выявлена четкая приуроченность большей части рудной минерализации к кольцевым структурам;

4. Выявленные закономерности приуроченности рудоносности к кольцевым структурам структурно-формационных зон (СФЗ) Центрального Казахстана показали, что наибольшей рудоносностью характеризуются КС СФЗ различных вулканоплутонических поясов (ВПП), в которых значительные промышленные перспективы можно предполагать для вулканогенного эпитермального Au-Ag, Cu-порфирового и редкометального оруденений. Именно в первоочередных по перспективности кольцевых структурах, с интенсивно проявленной указанной минерализацией, следует ожидать обнаружение новых месторождений порфирового типа. К кольцевым структурам с месторождениями такого геолого-промышленного типа (ГПТ), рекомендуемых к постановке поисково-оценочных работ, относятся: Большой Кобырат, Кызылтаская, Восточно-Кызылтаская, Сымбыльская, Шоймбайская, Шоптыбайская.

**Практическая значимость** исследования состоит в том, что кольцевые структуры можно эффективно использовать в качестве надежного поискового критерия для многих вулканогенных месторождений (медно-порфировых, золото-серебряных, редкометальных и т.д.), а выявление природы рудоносных кольцевых структур, учитывая различия внутреннего строения их, во многом определяет правильность стратегии поисковых и поисково-разведочных работ.

**Публикации и апробация работы.** По полученным результатам научно-исследовательской работы подготовлено и опубликовано 12 научных статей, в том числе 3 работы в изданиях, входящих в базу данных компании Clarivate Analytics, Scopus и имеющих ненулевой импакт-фактор и 4 статьи в научных изданиях, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК. Многие аспекты работы доложены и обсуждены в форме устных докладов на международных, республиканских и университетских научных конференциях: в России – III и V международные научные конференции «Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология, геодинамика и металлогеническое прогнозирование», Новосибирск, в 2016 и 2020 годах; в Болгарии – «17-th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM

2017, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining», Albena, 2017; в Узбекистане – Международная конференция «Интеграция науки и практики, как механизм эффективного развития геологической отрасли Республики Узбекистан», Ташкент, 2018 г.; в Казахстане – в Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева на международных конференциях «Сатпаевские чтения» и «Бекжановские чтения» в 2017 и 2019 годах.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация изложена на 136 – страницах компьютерного набора и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников, включающих 153 наименований. Диссертация иллюстрирована 51 рисунками, 5 таблицами.

#### **Благодарности.**

Автор выражает особую признательность и благодарность своему научному руководителю члену-корреспонденту НАН РК, академику МАМР и АМР РК, доктору геол.-мин. наук, профессору Э.Ю. Сейтмуратовой, за неоценимую помощь и содействие в выполнении диссертации. Отдельная благодарность за постоянные консультации и ценные советы при дешифрировании материалов ДЗЗ доктору геол.-мин. наук, профессору Зейлику Б.С. Также автор выражает благодарность зарубежному консультанту директору центра CERCAMS Музея естественной истории (г. Лондон) Раймару Зельтман и старшему научному сотруднику CERCAMS А.В. Долгополовой за организацию и проведение зарубежной научной стажировки, за помощь в поиске материалов зарубежных исследователей по теме диссертации. Кроме того, диссертант благодарит всех сотрудников лаборатории геологических и рудных формаций ИГН им. К.И. Сатпаева и кафедры ГСП и РМПИ за всестороннюю поддержку.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ЗЕМЛИ И КАЗАХСТАНА

## 1.1 Основные этапы развития дистанционного зондирования Земли

С момента появления нового метода изучения Земли - дистанционного зондирования, метод этот определялся разными исследователями по-разному. Сабинс, в своих работах определил его как «науку получения, обработки и интерпретации изображений, которые записывают взаимодействие между электромагнитной энергией и материей» [98, 99], в то же время Lillesand и Kiefer определили его дополнительно как «науку и искусство получения информации об объекте, области или явлении путем анализа данных, полученных устройством, которое не соприкасается с исследуемым объектом, областью или явлением» [100]. Таким образом, дистанционное зондирование можно считать изучением не только Земли, а учитывая широту работ, предпринимаемых в области сравнительной планетологии, то и геологических особенностей поверхности всех планет и их взаимодействие с электромагнитным спектром с использованием технологий, которые не находятся в прямом контакте с изучаемым объектом.

Трудно сказать, когда именно методы дистанционного зондирования начали использоваться в геологии. Корчугановой Н.И. в работе «Дистанционные методы геологического картирования» [101] говорится, что систематическое аэрофотографирование для составления топографических карт началось с 1925 г. Этот год считается временем возникновения гражданской авиации, когда было положено начало планомерным аэросъемкам в природоресурсных целях, широкий размах которые получили уже в начале 1930-х гг.

Для научно-методического обеспечения и координации работ в 1929 г. в г. Ленинграде был создан институт аэросъемки. Его первым директором стал известный ученый — академик А. Е. Ферсман, по инициативе которого в период с 1929 по 1935 г. были проведены исследования по изучению природных ресурсов методами аэросъемки. При широком использовании аэрофотоснимков были изучены нефтеносные районы Ферганы и Азербайджана, а с применением аэровизуальных наблюдений — районы Восточной Сибири. В 1946 г. издана книга В.П. Мирошниченко «Аэрогеосъемка» (Мирошниченко, 1946) .

Этап широкого внедрения аэрометодов, начавшийся в 40-е годы, отмечается созданием при Геологическом комитете специализированной Аэрофотогеологической экспедиции, реорганизованной в 1949 г. во Всесоюзный аэрогеологический трест (ВАГТ), который позднее был преобразован в научно-производственное геологическое объединение «Аэрогеология» (ныне ФГУНПП «Аэрогеология») и «Лабораторию аэрометодов «ЛАЭМ». В основном эти организации определили дальнейшую историю развития аэрокосмических методов геологических исследований в

бывшем СССР. В результате планомерных работ к 1957 г. была проведена мелкомасштабная съемка всей территории СССР, и на ее основе создана Государственная геологическая карта масштаба 1:1 000 000.

В 1964 г., по докладной записке Зейлика Б.С. в Министерство геологии СССР, в Агадырском районе Казахстана при непосредственном его участии были начаты высотные аэрофотосъемки, которые в последующем были распространены на всю территорию СССР и стали обычным методом дистанционного зондирования Земли, послужив основой для разработки методики съемок из космоса в геологических целях [23].

Появление материалов космических съемок вывело методы дистанционного исследования природных ресурсов на новый уровень. Первый спутник для метеорологических наблюдений был запущен в 1960 г. в США (Tiros-1), в СССР – в 1966 г. (Космос-122), а в 70-х гг. на орбите Земли уже летали десятки различных спутников. Первые фотографии Земли из космоса были получены НАСА еще в 1945 г. при запуске реактивного летательного аппарата ФАУ-2, оснащенного фотоаппаратурой, с высоты 120 км. В августе 1959 г. в США были получены первые снимки Земли с искусственного спутника «Эксплорер». Первым человеком, увидевшим нашу планету из космоса, был Юрий Гагарин, а впервые сфотографировал ее Герман Титов в 1961 г. с борта космического корабля «Восток» [101].

Начиная с 1975 г. Министерство геологии СССР совместно с Академией наук приступили к геологическому картированию территории страны и отдельных ее регионов по материалам космических съемок. Для разработки методики геологического дешифрирования космических снимков были организованы работы на полигонах, расположенных в различных ландшафтно-климатических зонах. В конце 70-х - начале 80-х гг. XX в. был издан ряд карт: Морфоструктуры центрального типа СССР масштаба 1:10 000 000, 1977 г.; Космическая карта линейных и кольцевых структур территории СССР масштаба 1:5 000 000, 1979 г.; Космогеологическая карта Арало-Каспийского региона масштаба 1:2 000 000, 1979 г.; Космогеологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000, 1984 г. [46] Материалы исследований из космоса широко публикуются в научной печати. Изданы монографии, научно-технические сборники, обзоры, специальные реферативные журналы («Исследования Земли из космоса»). Появилось большое число обобщающих и методических работ - «Геологическое изучение Земли из космоса» (1978); «Аэрокосмические исследования Земли» (1979); «Космическая геология» (1979); «Космическая информация в геологии» (1983); «Дистанционное изучение Земли» (1988) и др. Выпущена серия методических рекомендаций по использованию материалов космических съемок при региональных геологических исследованиях и поисках полезных ископаемых (отв. ред. Н. В. Межеловский); изданы учебные пособия (Аковецкий, 1983; Кац и др., 1976, 1988; Михайлов и др., 1993; Рябухин и др., 1988; Садов, Ревзон, 1979; Костенко и др., 1999; Кравцова, 1995, 2000 и др.). В это время по программе исследования Земли

проводилось крупномасштабное геологическое картирование (Геокарта-50) и другие.

### **Современный этап развития методов дистанционного зондирования в геологии**

Дистанционное зондирование, в настоящее время, как правило, в большей степени связано со спутниковыми снимками. По данным компании «Совзонд» для целей ДЗЗ в настоящее время доступна информация с более чем 120 спутников.

Технические средства дистанционного зондирования нового поколения позволяют получать с космических носителей информацию в нескольких диапазонах электромагнитного спектра с высоким пространственным разрешением. В России с начала 90-х гг. начали функционировать космические многоспектральные и радиолокационные системы получения дистанционной информации в цифровом виде (МСУ-М, МСУ-СК, МСУ-Э, «Алмаз»), а также фотографические системы высокого пространственного разрешения. За рубежом широко используются данные многоспектральных и радиолокационных космических съемок системами Landsat MSS (США), Spot XS, P (Франция), ERS (Европа), JERS-1, ADEOS (Япония), RADARSAT (Канада) и другие [102].

Геологическое дистанционное зондирование получило еще один толчок с появлением в 1999 году ASTER (the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) – усовершенствованного космического теплового эмиссионного и отражающего радиометра. Имея 3 полосы ближней инфракрасной области спектра, 6 полос ближней инфракрасной области спектра и дополнительно 5 полос МДП, ASTER предоставил возможность проводить полуколичественное определение минералов, а его телескоп, прямого и обратного обзора, предоставил возможность создавать цифровые модели поверхности. В 2005 году в журнале "Дистанционное зондирование окружающей среды" был опубликован специальный выпуск, посвященный использованию данных ASTER, запуск которого, по мнению геологов, стал настоящей вехой в развитии космического потенциала дистанционного зондирования Земли [103].

В последние годы был запущен ряд новых спутниковых миссий, которые сообщество специалистов по дистанционному зондированию использует для изучения Земли в тех случаях, когда существует конкретная функциональность, имеющая важное значение для геологического сообщества. Например, спутник DigitalGlobe's Worldview 3 [104], обладающий некоторыми спектральными возможностями, сходными с ASTER, но в четыре раза более высоким пространственным разрешением. Существует возможность использования других миссий для поддержки геологических приложений, в которых в настоящее время собираются огромные объемы данных из группировок таких как "Планета", других наборов данных высокого разрешения, включая группировки Airbus, KARI,

21АТ, и вскоре запускаемая группировка Radarsat Continuity Mission, состоящая из трех ПС-датчиков с высоким разрешением.

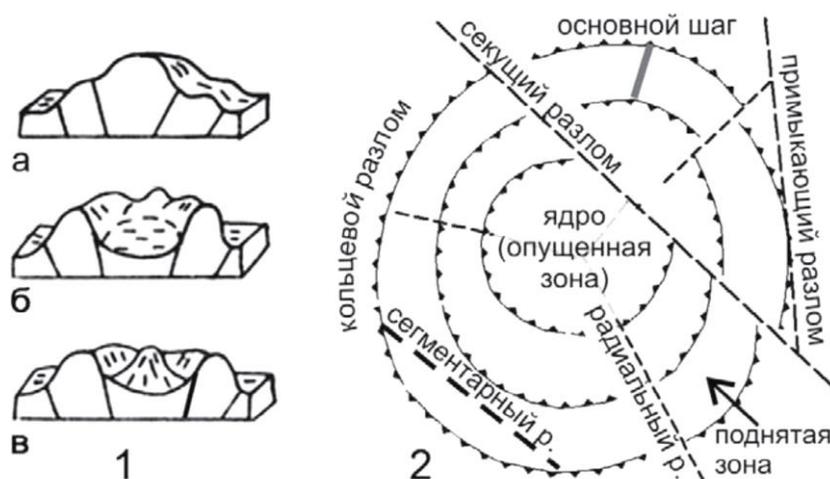
Наука о геологическом дистанционном зондировании нашла свой путь в повседневную коммерческую практику, однако она не так широко распространена на различных рынках, как это может показаться в некоторых исследованиях. Kruse в 2012 году [104] и Sabins в 1999 году [99] предполагали, что использование материалов ДЗЗ прочно укоренится в практике геологоразведочных работ крупных горнодобывающих корпораций. Тем не менее, в реальности это происходит редко. В настоящее время материалы ДЗЗ широко используются в горнодобывающей, нефтегазовой и других отраслях; однако это использование еще не является частью общего рабочего процесса всех организаций, в значительной степени из-за ограниченного понимания возможностей методов ДЗЗ и страха перед сложностью использования таких данных.

## **1.2 Кольцевые структуры Земли разного генезиса и их классификационные особенности**

В первых работах, посвященных кольцевым структурам Земли, выявленные путем дешифрирования космических снимков кольцевые структуры (КС), представлялись как фотоаномалии, которые потом предположительно сопоставлялись с различными геологическими телами. В последующих работах исследователи стали смелее выделять КС и уверенно отождествлять их с геологическими объектами. В результате выяснилось, что КС обнаруживаются в различных районах Земли, резко отличающихся по геологическому строению. Обращало на себя внимание то, что плотность проявления КС широко варьирует, в зависимости от геологического строения того или иного региона. Действительно, области широкого развития вулканогенных образований или области широкого развития метаморфических образований отличаются как плотностью проявления, так и размерностью КС. Все новые данные относительно широкого развития КС на поверхности Земли и особенностей их размещения однозначно показывают, что они являются, наряду с линейными, существенным тектоническим элементом строения земной коры. Особенности размещения КС на поверхности Земли, по мнению многих исследователей, в значительной степени определяются их генотипами. Так, в вулcano-плутонических поясах наиболее широким распространением пользуются эндогенные вулканические, плутоногенные, вулcano-плутонические, вулcano-тектонические структуры и целые системы магматогенных кольцевых структур. В областях широкого развития осадочных карбонатных и терригенно-карбонатных формаций можно ожидать распространение карстовых кольцевых структур, достаточно широко развиты метаморфогенные и тектоногенные КС. В тоже время космогенные структуры, являясь наложенными на любую геологическую основу, могут быть проявленными в любой геологической провинции. Сказанное, при

дешифрировании большого количества КС, допускает среди этого множества наличие КС различного генезиса. Учитывая различное внутреннее строение КС разнообразного типа, дифференцированное изучение и идентификация КС с известными на сегодняшний день генотипами, является обязательным, независимо от того, что ряд из них изучены всё ещё недостаточно.

Кольцевые структуры, по определению В.А. Буша [4] – это геологические тела разного происхождения, уровня организации (начиная с горно-породного и выше) и строения, характеризующиеся наличием центра симметрии в сечении их земной поверхностью. Кольцевые структуры обычно состоят из центральной области (ядра) или системы концентрических (сферических, цилиндрических или конических) и радиальных структурных элементов, образующих на земной поверхности окружности, эллипсы, круги, кольца и т.п. (рис 1.1) Иногда они представлены лишь фрагментами – дугами, причем предельным случаем кольцевой структуры целесообразно считать дугу в  $180^\circ$  [105-107].



1 – морфологические категории структур, по [Соловьев, 1982]: а – купольная, б – кольцевая, в – купольно-кольцевая; 2 – элементы строения купольно-кольцевой мультиринговой структуры

Рисунок 1.1 – Принципиальная схема строения кольцевой структуры [107]

Следует остановиться на используемых в дальнейшем структурных терминах, относящихся к кольцевым структурам. *Внешний контур структуры* – внешняя ее граница – наиболее удаленный от центра концентрический элемент. *Ядро* – центральная часть кольцевой морфо- или геологической структуры, ограниченная концентрическим элементом наименьшего диаметра. *Концентрическое кольцо* или зона – часть структуры, заключенная между концентрическими контурами (может быть представлена лишь дуговым своим фрагментом).

Важную роль в строении кольцевых структур могут играть разломы. По взаимоотношениям их с элементами кольцевых структур можно выделить: *радиальные разломы* – совпадающие с радиусами кольцевых структур; *сегментарные разломы* – пересекающие такую структуру по хорде и не выходящие далеко за ее пределы; *секущие разломы* – пересекающие

структуру в любом направлении и далеко уходящие за ее пределы. Выделяется группа *концентрических разломов*, с которыми, как правило, совпадают концентрически-линейные элементы кольцевых структур. Они могут быть в соответствии со своей геометрией цилиндрическими, коническими (центриклинальными и периклиналильными) и спиралевидными.

Концентрические элементы и разломы могут обуславливать блоковое строение кольцевых структур. Среди них выделяются следующие блоки: *радиальные* – ограниченные двумя радиальными и концентрическими разломами; *сегментарные* – ограниченные сегментарным или секущим и концентрическими разломами; *круговые* – ограниченные одним концентрическим разломом; *кольцевые* – ограниченные двумя концентрическими разломами разного диаметра; *дуговые* – фрагменты кольцевых блоков, ограниченные сегментарными или радиальными разломами. Под понятием *рама кольцевой структуры* понимается вмещающее структуру геологическое пространство за пределами внешнего контура.

По взаимоотношению кольцевых структур между собой они могут быть изолированными или располагаться цепочками, накладываться друг на друга и взаимно пересекаться. Последнее отмечается для структур разных структурно-генетических типов и генетических классов. Видимо, такие взаимоотношения возможны и между генетически однотипными, но разновозрастными структурами. Иногда отмечается концентрическое расположение структур разного генезиса с единым центром, например у Зерендинской плутонической и Кокчетавской тектонической структур, что может указывать на их парагенетическую связь. Достаточно часто отмечается расположение кольцевых структур малого диаметра сателлитами на внешнем контуре или концентрическом элементе кольцевой структуры большого диаметра. Дуговые фрагменты концентрических зон часто «упираются» в кольцевые структуры малого диаметра, ограничиваясь ими или прерываясь на них [105].

Продолжительное время в литературе обсуждалась проблема генезиса кольцевых структур. Одни исследователи (В.Л. Барсуков, И.Б. Нечаева, Б.С. Зейлик, Л. Гудвин, Ф. Кинг и др.) рассматривали их как следы метеоритной бомбардировки, другие (В.А. Ян-Жин-Шин, С.С. Быстревская, В.Г. Можяева и др.) – производными тектоно-магматических процессов. Однако последующие исследования многих ученых, наглядно доказали несовершенство и неполноту обеих точек зрения. Постепенно накопленный опыт работы с космическими снимками, геологический анализ результатов их изучения выявил большое генетическое разнообразие кольцевых структур наземной поверхности. Сразу же возникла необходимость в усовершенствовании их классификации. Вопросами классификации кольцевых структур занимались многие советские исследователи, среди которых в первую очередь следует назвать Б.А. Буша, О.М. Борисова, А.К. Глуха, Е.С. Кутейникова, П.С. Кутейникову и многих других [4, 18, 107 и др.].

Как же систематизировать кольцевые структуры Земли? Очевидно, что они могут классифицироваться по многим признакам: по размерам, генезису, различиям в сложности строения, по связям с рельефом, по выраженности на космофотоснимках, геометрическим особенностям и т. д.

Опыт изучения кольцевых структур показал, что для создания достаточно четкой и научно обоснованной классификации из многочисленного разнообразия признаков достаточными являются два основных: размеры и генезис. Размеры кольцевых структур являются важным параметром, так как по величине диаметра они могут варьировать в очень широких пределах: от первых метров до нескольких тысяч километров. Не менее важным параметром следует считать их генетические особенности, обусловленные разнообразными геологическими факторами – экзогенными, эндогенными и космогенными [4, 18, 45 и др.].

Кольцевые структуры могут быть связаны в своем заложении и формировании с действием одного геологического фактора (моногенные кольцевые структуры) или с совместным действием группы факторов, разделить которые принципиально невозможно (полигенные кольцевые структуры). Поэтому основным объектом классификации избраны их *структурно-генетические типы*, выделяемые по двум независимым параметрам – структурному и генетическому. Ведущим структурным параметром представляется величина структур, отражающаяся в их диаметре. На этом и обосновывается выделение *классов размерности* кольцевых структур. Среди прочих структурных параметров в ряде случаев учитывается их положительная или отрицательная форма в сечении их земной поверхностью.

Кольцевые структуры, обладающие диаметром в сотни километров и больше, могут быть образованы в результате наложения нескольких геологических процессов (магматизма, метаморфизма, тектогенеза и т. п.), протекающих длительное время – иногда на протяжении многих миллионов лет.

*Метаморфогенные кольцевые* структуры, образованные в результате интенсивно и глубоко идущих процессов метаморфизма, представлены, как правило, макро- и мезоструктурами. Они описаны Л.И. Салопом как гнейсовые складчатые овалы и гранито-гнейсовые купола, расположенные почти исключительно в пределах гранитно-метаморфической коры. Во многих случаях их удается обнаружить на плитах древних платформ под осадочным чехлом (рис. 1.2) [45].

*Магматогенные кольцевые* структуры делятся на вулканические и плутонические. Вероятно, они являются самым представительным классом. Их поперечник не превышает 300–500 км, но преобладающими являются мезоструктуры. Магматогенные кольцевые структуры связаны как с подкоровым, так и с коровым магматизмом. Подкоровые их разновидности обычно устанавливаются на древних платформах, коровые – преимущественно в складчатых поясах.

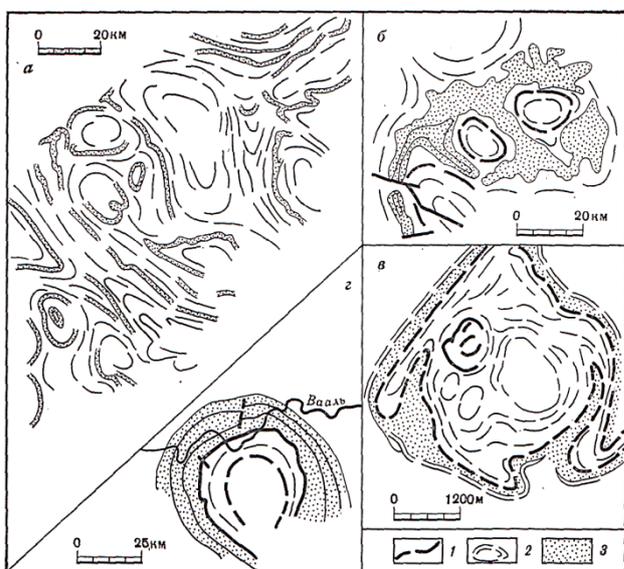


Рисунок 1.2 – Гранито-гнейсовые купола Африканского континента [45]

а – Северо-Западная Мавритания: 2 – гранито-гнейсы комплекса основания (ранний архей), 3 – железистые кварциты (ранний протерозой); б – Центральная Ангола (по Ю.З. Елизарьеву): 1 – маркирующие горизонты мраморов среди гранито-гнейсов, 2 – гранито-гнейсы архея, 3 – кварциты и слюдястые сланцы раннего протерозоя; в – гранито-гнейсовый купол в Зимбабве: 1 – базальные конгломераты системы Умкондо, 2 – гранито-гнейсы комплекса основания катархея, 3 – кварциты, алевролиты системы Умкондо (ранний протерозой); г – Вреденфортский купол: 1 – маркирующие горизонты среди гранито-гнейсов, 2 – гранито-гнейсы катархея, 3 – система Витватерсранд (архей)

*Вулканические подкорковые кольцевые структуры* особенно широко распространены в областях развития траппов (Индия, Сибирь), а плутонические связаны с внедрением габбро-анортозитовых и щелочно-ультраосновных магм и установлены в Африке (Бушвельдский комплекс), на Балтийском щите (Хибинский и Ловозерский комплексы) [35, 108-110 и др.].

*Вулканические структуры*, связанные с коровым магматизмом, преимущественно располагаются на фанерозойской континентальной коре, где развивались долгоживущие вулканические пояса, а также на современных вулканических островных дугах. Меньшее их количество обнаруживается по обрамлению Палео-Тетиса или вдоль Урало-Монгольского складчатого пояса. Министруктуры этой генетической разновидности кольцевых структур [45], представляющие собой кальдеры вулканов (Арагац, Арарат, Авачинский, Узона, Этна и т. д.) (рис. 1.3 а,б), распространены на земной поверхности чрезвычайно широко.

Плутонические коровые кольцевые структуры, связанные с гранитным магматизмом, образуют интрузивные тела различной формы: батолиты, факолиты, штоки, конические тела и т. д. Эти образования тоже очень широко распространены в природе.

*Тектоногенные кольцевые структуры* относятся ко всем классам размеров и делятся на положительные и отрицательные. Положительные совпадают с антеклизмами, сводами, выступами фундамента. Отрицательные (рис. 1.4) совпадают с синеклизмами, мульдами, прогибами. К этому же генетическому классу относятся и диапировые кольцевые структуры. Тектонические кольцевые структуры являются производными процессов платформенного тектогенеза.

*Космогенные (импактные) кольцевые структуры* образованы в результате метеоритной бомбардировки и установлены почти на всех континентах. Обычно по размерности это мини- или макрокольцевые структуры (рис. 1.5).

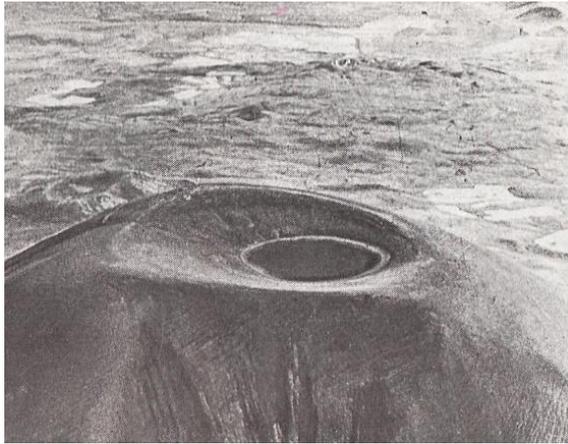
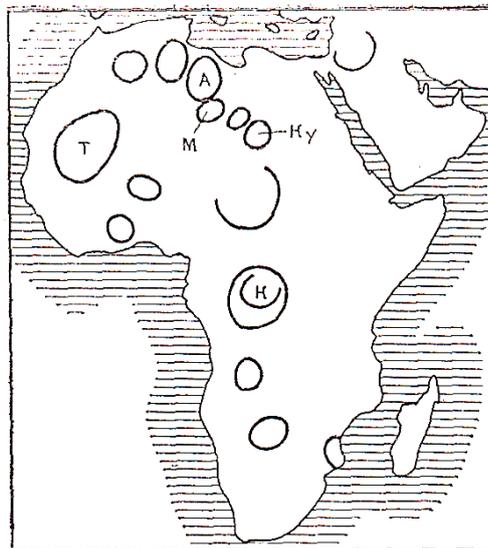


Рисунок 1.3а - Кратер вулкана, Гегамское нагорье, Армения [45]

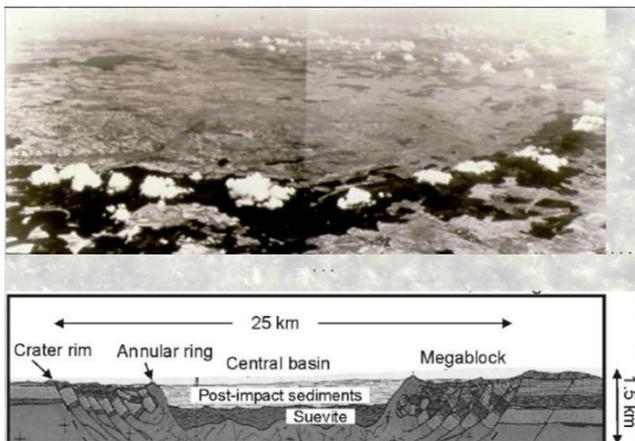


Рисунок 1.3б - Вулкан Карымский на Камчатке, Россия [14]

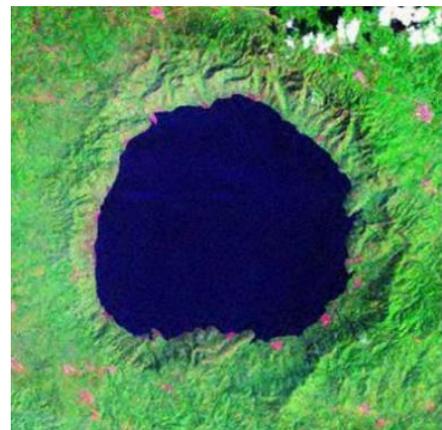


Т – Таудени;  
 К – Конго;  
 А – Алжиро-Ливийская;  
 М – Мурзук;  
 Ку – Куфра

Рисунок 1.4 – Крупные тектоногенные кольцевые депрессии африканского континента [45]



Нордлингер Рис (Германия)



Босумтви (Гана)

Рисунок 1.5 – Космогенные (импактные) кольцевые структуры Земли [65]

Экзогенные кольцевые структуры в литосфере образуются в результате воздействия внешних факторов – выветривания, выщелачивания и т. п. К их числу относятся карстовые воронки и прочие подобные мини-объекты.

К кольцевым структурам неустановленного происхождения относятся изометричные структуры, когда для их геологической интерпретации не достает данных, и поэтому их число находится в прямой пропорции со степенью и качеством геологической изученности той или иной территории [46].

Появление космических снимков глобального уровня генерализации позволило исследователям установить в литосфере Земли ранее неизвестные кольцевые образования гигантских размеров (поперечником в несколько тысяч километров). На картах и прочих геологических документах они ранее не выявлялись. На мелкомасштабных снимках они выглядят как сложное сочетание концентрических образований большого радиуса, осложненных радиальными линеаментами. В целом создается сложная, но закономерная картина. Эти кольцевые структуры-гиганты часто сопровождаются более мелкими кольцевыми образованиями (100–300 км), расположенными в виде своеобразных сателлитов на внешнем контуре главной структуры.

Эти структуры, получившие название нуклеаров, выделяются только в пределах древних платформ, т.е. наиболее стабильных участков литосферы Земли. Кольцевые структуры-гиганты были впервые изучены и достаточно подробно описаны советскими геологами К.В. Павловским, М.З. Глуховским, В.М. Моралевым на примерах Балтийского щита и Сибирской платформы.

С их обнаружением возникла необходимость в анализе всех геолого-геофизических данных для выяснения и интерпретации возможной их природы и геологической позиции в литосфере. Сразу же выяснилось, что существование этих структур довольно надежно подтверждается геолого-морфоструктурными и геофизическими материалами. Дальнейшая работа с мелкомасштабными снимками по обнаружению нуклеаров, осуществленная в лаборатории космической геологии с участием М.З. Глуховского, позволила установить в земной коре в пределах развития древних платформ различных континентов 33 нуклеара (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Расположение нуклеаров на континентах Земли (по материалам М.З. Глуховского, Н.В. Макаровой и др.) [45]

Каждый из выделенных нуклеаров обладает индивидуальными чертами строения, однако они характеризуются и многими общими чертами становления и развития.

Нуклеары, заложенные на начальных стадиях становления земной коры и развивавшиеся на протяжении всего континентального периода её развития (1600-1900 млн лет), представляют собой гетерогенные сиалические ядра, разделенные симатическими областями с незрелой континентальной корой – интернуклеарными пространствами. Нуклеары, по сравнению с интернуклеарными пространствами, характеризуются большей мощностью консолидированной коры и литосферы и, по представлениям М.З. Глуховского, образуют чечевице-подобные геоблоки. Нуклеары и интернуклеарные области – наиболее консервативные элементы литосферных плит, определившие ячеисто-петельчатый стиль фундамента древних платформ. Они выражены в докембрийских породах под платформенным чехлом, а часто и в породах чехла. Нуклеары соответствуют крупным антеклизам, поднятиям и выступам фундамента; интернуклеарные пространства – синеклизам, крупным прогибам или трапповым полям [45].

Приведенные сведения достаточно убедительно показывают приуроченность того или иного генезиса кольцевых структур к особенностям геологического строения территории их распространения. На древних щитах наиболее распространены являются метаморфогенные кольцевые структуры, в складчатых областях – плутонические и вулканогенные, на плитах древних и молодых платформ – тектоногенные, а в вулканических поясах – вулканогенные и вулканоплутонические.

Таким образом, по многочисленным публикациям кольцевые структуры выделяются в самостоятельный класс тектонических форм, преобладающими генотипами среди которых являются: эндогенные (магматогенные) и космогенные структуры. Методики выяснения природы кольцевых структур хорошо разработаны, поэтому дифференцированное изучение кольцевых структур на современном этапе является обязательным.

### **1.3 Рудоносность кольцевых структур Земли**

Изучение кольцевых структур может способствовать решению важнейшей геологической задачи – выявлению общих закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых на земном шаре. Уже с первых работ по изучению кольцевых структур были получены результаты, доказывающие их большое минерагеническое значение. Устанавливается, что определенным генетическим типам кольцевых структур соответствует только свой специфичный набор полезных ископаемых. Однако достаточно уверенно распознать минерагеническое «лицо» того или иного структурного типа не всегда удается однозначно, поскольку кольцевые структуры во многих случаях усложняют друг друга. В течение геологической истории происходит наложение более молодых кольцевых структур на древние – их своеобразная интерференция.

В настоящее время в пределах земного шара установлено и изучено более 5000 кольцевых структур разнообразных генетических типов [4, 11 и др.]. Было также установлено, что не менее 70-75% всех известных на Земле месторождений полезных ископаемых пространственно связаны с кольцевыми структурами [6, 80, 83, 84, 86-89, 111 и др.]. Эта связь не случайна и отражает не только статистическое совпадение больших чисел, но имеет тесные генетические соотношения. С образованием этих структур генетически связаны многие месторождения черных, цветных, благородных, редких и других металлов. Однако существуют типовые позиции взаимоотношения структурных элементов, при которых возникают максимально благоприятные условия для локализации рудного вещества в пределах кольцевого объекта. Такие благоприятные условия распределения повышенной минерализации полезных компонентов, по мнению В.В. Соловьева [5], могут создаваться: **1.** Во внешних, или периферических, контурах кольцевых структур; особенно в условиях, когда последние оконтурены кольцевыми разломами или представляют собой плутоны разных размеров; **2.** За контурами кольцевых структур (но вблизи них), если они окаймляются складчатыми поясами; **3.** В зонах пересечения кольцевых структур с пересекающими их или с сопряженными с ними разломами (или линеаментами) различных рангов и размеров; **4.** В областях интерференции (сгущения) кольцевых структур разного размера и различного генезиса; **5.** В апикальных частях плутонов, отраженных в виде кольцевых структур.

Во всех перечисленных случаях, список которых можно продолжить, определяющим фактором является степень проницаемости земной коры, обусловленная ее раздробленностью. В зависимости от положения зоны проницаемости по отношению к кольцевой структуре локализация полезных компонентов может идти как в периферических, так и в центральных частях. Учитывая только одно из перечисленных условий, а именно – возможность пересечения кольцевых структур в зоне их интерференции с линеаментами, В.В. Соловьев [5] на территории бывшего СНГ рекомендовал ряд перспективных областей. В первую очередь, Кольско-Карельский регион, где особый интерес, представляют узлы пересечения северо-западных линейных структур с кольцевыми образованиями многократно наложенными друг на друга. Значительны перспективы Украинского щита и восточного замыкания Днепровского авлакогена, Полярного Урала, Кавказского региона, Казахстана, Алтае-Саянской области и других территорий бывшего Союза. Наиболее приемлемым следует считать прогноз, основанный на сравнении опознанных и хорошо изученных кольцевых рудоносных структур, представляющих собой как бы эталон со вновь выделенными структурами данной генетической разновидности, которые можно оценивать как перспективные.

### 1.3.1 Рудоносность эндогенных КС

Рудоконтролирующая роль эндогенных КС на сегодняшний день не вызывает ни у кого сомнений [8, 30, 35, 47, 79, 82-85, 87-90, 109-111, 113, 114 и др.].

Достаточно сказать, что все публикации по металлогении медно-порфировых месторождений свидетельствуют о преимущественной приуроченности их к вулканическим структурам вулкано-плутонических поясов разного типа.

К числу рудоконтролирующих структур для локализации медно-порфировых месторождений во многих поясах относятся собственно жерла вулканов, кольцевые и радиальные разломы и узлы их пересечения. С вулканическими и вулкано-плутоническими кольцевыми структурами разных континентов имеет важное практическое значение связь медно-порфировых руд. Известные месторождения меди Южной Америки связываются именно с этим генетическим классом кольцевых структур. Здесь, в Андийском поясе и Карибском регионе медно-порфировые месторождения ассоциируют с поясами известково-щелочных магматических пород, для которых доказывается глубинное подкоровое происхождение. Во многих случаях месторождения приурочены к субвулканическим телам кварцевых монцонитов, дацитовых порфиритов, кварцевых диоритов и диоритовых порфиритов и, видимо, генетически с ними связаны. Данные по большинству медно-порфировых месторождений как штокверкового типа, так и типа брекчиевых трубок показывают, что все они сформировались в условиях растяжения. Такие условия должны были реализоваться сразу вслед за тектоническими перестройками. Многие месторождения меди, связанные с субвулканическими телами Андийского пояса, расположены вдоль западного побережья Южной Америки.

В Северных и Южных Кордильерах в зонах пересечения линеаментов с кольцевыми структурами вулкано-плутонического происхождения также формируются многочисленные месторождения меди. Так, с поясом Нью-Мексико связано месторождение Сьерра-Мадре, а в Западной Мексике – месторождения Западная, Чиуауа; к этим же зонам часто приурочены месторождения серебра.

К широко распространенным рудоконтролирующим структурам относятся также трубчатые и дайкообразные тела взрывных брекчий, проявляющиеся в пределах очень многих рудных полей с медно-порфировой минерализацией (рисунок 1.7). Подобные структуры особенно широко развиты в медном поясе Чили, где брекчиевые трубки непосредственно контролируют распределение молибденово-медного оруденения в ряде месторождений: Эль-Теньенте, Эль-Сальвадор, Рио-Бланко, в Монголии - в месторождениях Цаган-Субарга и Эрдэнитуин-Обо и во многих других.

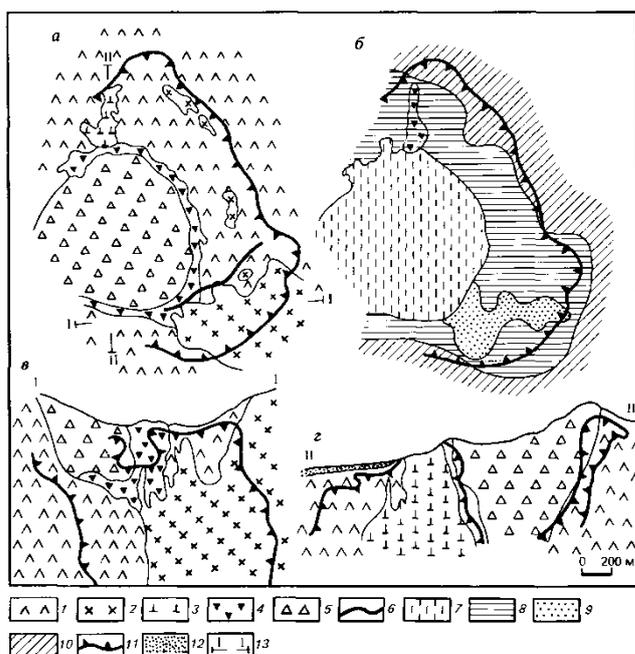
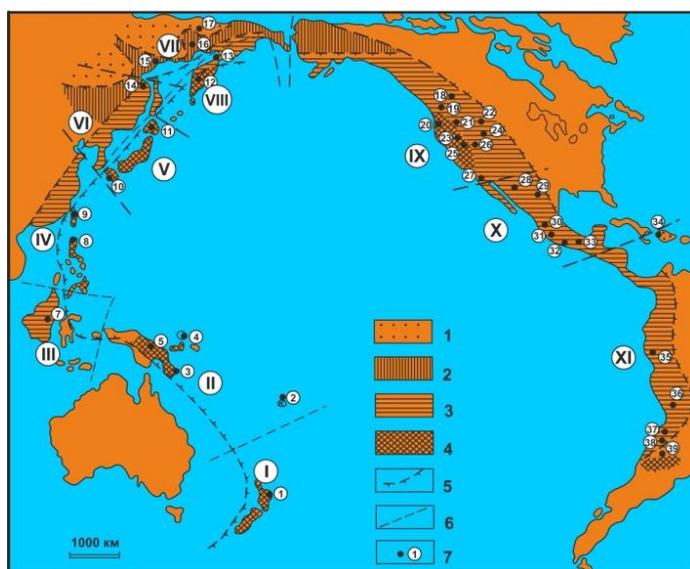


Рисунок 1.7 – Месторождение Эль-Теньенте (Чили).  
По Ф. Камусу, 1975 [148]

а – план горизонта В; б – распределение зон гидротермальных изменений на подгоризонте В; в и г – геологические разрезы

1 – андезиты основания разреза формации Фаральонес; 2 – кварцевые диориты; 3 – дацитовые порфириты; 4 – брекчия краевого пояса; 5 – брекчия трубки Браден; 6 – дайки лампрофиров; 7 – зона добрекчиевых кварц-серицитовых и постбрекчиевых турмалин-карбонатных изменений; 8 – зона биотитизации и калишпатизации; 9 – зоны окварцевания и серицитизации; 10 – зона пропилитизации; 11 – контур рудной зоны по содержанию  $\text{Cu} > 0,5\%$ ; 12 – рыхлые отложения; 13 – линии разрезов

Подобная же рудоконтролирующая роль магматогенных кольцевых структур отмечается всеми металлогенистами Мира и для эпитермальных и мезотермальных месторождений Au, Au-Ag, Sn, W и др. Месторождения этого типа в настоящее время хорошо изучены. Все многочисленные публикации однозначно свидетельствуют о том, что наиболее благоприятными крупными структурами локализации золото-серебряного оруденения являются вулcano-плутонические пояса Мира (рис. 1.8, 1.9) [8].



1 - позднеюрское-раннемеловое оруденение; 2 - позднемеловое оруденение; 3 - палеоген-неогеновое оруденение; 4 - неоген-четвертичное оруденение; 5 - границы разновозрастных металлогенических областей (бергштрихи в сторону уменьшения возраста); 6 - границы сегментов Тихоокеанского пояса: I - Новозеландский, II - Папуа-Новогвинейский, III - Индонезийский, IV - Филиппинский; V - Японский, VI - Сихотэ-Алиньский, VII - Охотско-Чукотский, VIII - Курило-Камчатский, IX - Северо-Американский, X - Мексиканский, XI - Южно-Американский; 7 - отдельные месторождений

Рисунок 1.8 – Размещение крупных золотосеребряных месторождений в Тихоокеанском рудном поясе [116]

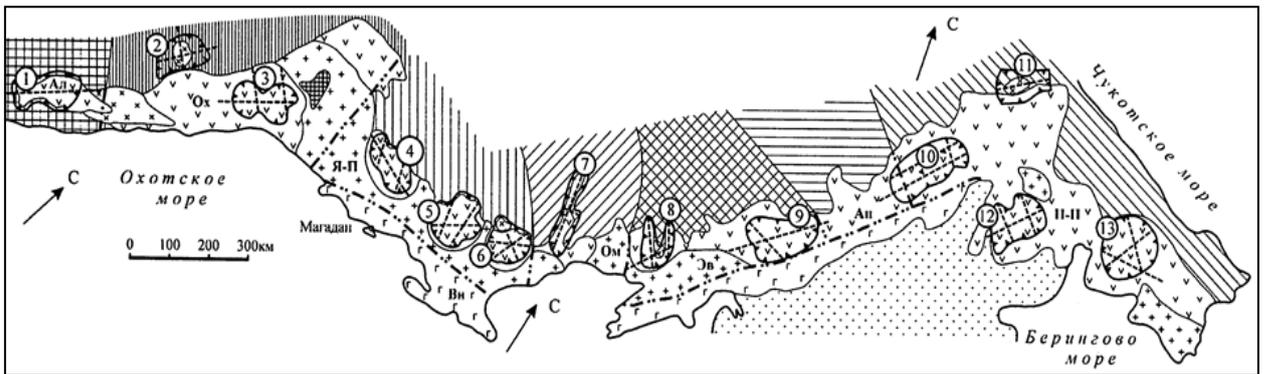


Рисунок 1.9 – Схема металлогенического районирования ОЧВП (с использованием Геологическая карта..., 1980, 1983; Металлогеническая карта..., 1994, материалов В.Г. Моисеенко и Л.В. Эйриша, 1996) [116]

Также к неоспоримым закономерностям проявления эпитермальных золото-серебряных и золоторудных месторождений данного типа относится пространственная приуроченность к вулканическим структурам разного типа, часто овальной или кольцевой формы.

Сказанное четко демонстрируют схематические геологические карты золоторудных проявлений Дальнего Востока России (рис. 1.10, 1.11) [116].

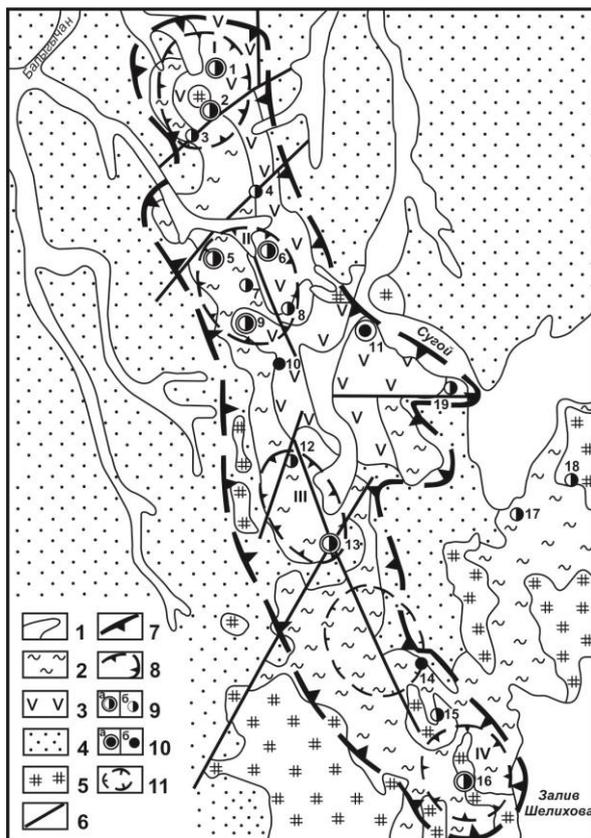
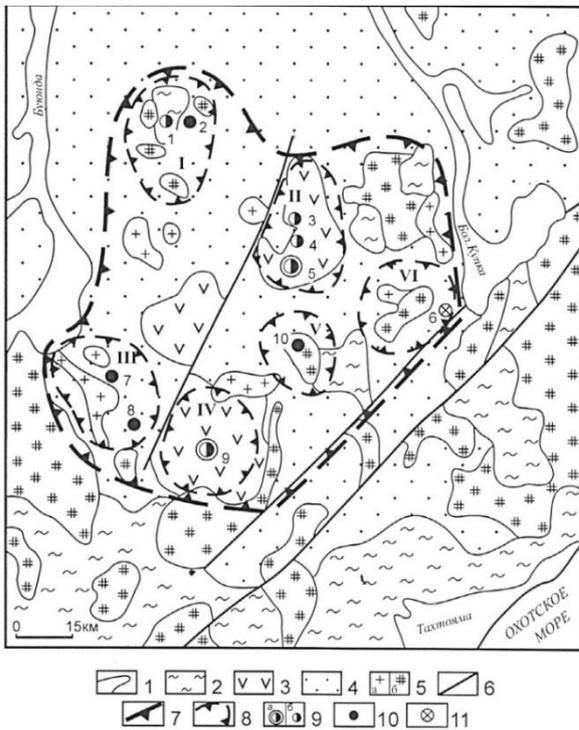


Рисунок 1.10 – Дукатский рудный район (с использованием [Геологическая карта..., 1980, металлогеническая карта..., 1994]) [116]

1 – четвертичные аллювиальные и ледниковые отложения; 2 – верхнемеловые игнимбриты и туфы риолитов, поздне-меловые субвулканические риолиты (игнимбритовая риолитовая формация рудоносной андезит-игнимбри-гранодиоритовой ВПА); 3 – нижне-верхнемеловые андезиты и их туфы, нижнемеловые угленосные молассы (андезитовая, молассовая терригенная континентальная формации); 4 – терригенные отложения верхоянского комплекса пермь-юра) (алеврито-аргиллитовая формация); 5 – поздне-меловые гранитоиды (лейкогранитная и гранодиорит-гранитная формации); 6 – разломы; 7 – границы рудного района; 8 – границы рудных узлов: I – Арылахский, II – Дукатский, III – Гольцовский, IV – Теплый; 9 – золото-серебряные и серебро-полиметаллические: а – месторождения, б – рудопроявления: 1 – Арылах, 2 – Лунный, 3 – Зеленый, 4 – Аскольд, 5 – Мечта, 6 – Тидид, 7 – Красин, 8 – Иргучан, 9 – Дукат, 12 – Напористый, 13 – Гольцовый, 15 – Роговушка, 16 – Теплый, 17 – Кенгрендя, 18 – Октава, 19 – Малютка, 10 – золото-порфировые: а – месторождения, б – рудопроявления: 10 – Порожистое, 11 – Подгорное, 14 – Халали; 11 – границы прогнозируемого рудного узла; 12 – линии геолого-геофизических разрезов



1 – четвертичные аллювиальные, морские и ледниковые отложения; верхнемеловые игнимбриды и туфы риолитов (игнимбритовая риолитовая формация); 3 – нижнемеловые андезиты и их туфы (андезитовая формация рудоносной андезит-гранодиоритовой ВПА); 4 – терригенные отложения верхоянского комплекса (пермь-юра (алевроит-аргиллитовая формация); 5 – гранитоиды (гранодиорит-гранитная формация): а – раннемеловые, б – поздне меловые; 6 – разломы; 7 – границы рудного района; 8 – границы рудных узлов: I – Омчикского, II – Джульеттинского, III – Глухариного, IV – Нявленинского; V – Оранжевого, VI – Ветвистого; 9 – золото-серебряные: а – месторождения, б – рудопроявления: 1 – Омчик, 3 – Ивановское, 4 – Энгтери, 5 – Джульетта, 9 – Нявленинга, 10 – золото-порфировые рудопроявления: 2 – Сосед, 7 – Глухариное, 8 – Березовое, 10 – Оранжевое, 11 – золото-мышьяковисто-сульфидное рудопроявление Ветвистый (б)

Рисунок 1.11 – Нявленинский рудный район (с использованием Геологическая карты..., 1980 и Металлогенической карты..., 1994) [116]

Рудоконтролирующие кольцевые структуры эндогенного типа по различиям механизма своего образования делятся на две генетические группы: плутоническую и вулканическую. Обе эти группы играют важную минерагеническую роль, так как с их образованием связаны важнейшие руды, содержащие уран, бериллий, алюминий, золото, серебро, редкие элементы и другие металлы.

**Плутонические кольцевые структуры** сложены интрузивными породами различного состава: гранитоидами, нефелиновыми сиенитами, карбонатитами и т.д. Примеры тесной связи металлических руд с интрузивными массивами – плутонами – общеизвестны. Они устанавливаются почти во всех регионах земного шара и занимают ведущее положение в минерагении всех континентов Я.Г. Кац и др. [45]

Кольцевые массивы гранитов достаточно подробно изучены И.В. Давиденко в Африке [108]. На этом континенте кольцевые интрузии плато Джое (Нигерия) могут быть приняты за эталоны гранитовых месторождений тантала, ниобия, олова. Массивы Абу-Даббаб, Нувейби, Игла (Египет), Абу-Рушейд (Саудовская Аравия) можно считать эталонами месторождений тантала, ниобия, олова, бериллия, аналоги которых известны в различных странах. В Аппалачах с кольцевыми интрузиями связаны медно-цинковые (Гаспе, Батерст), полиметаллические (Багинс) и другие месторождения. Эти месторождения образованы в интрузивных комплексах преимущественно герцинского или более молодого возраста. Особенно интересны в минерагеническом отношении зоны пересечения плутонических кольцевых структур с линеаменами. Д. Саул в 1978 г. описал связь месторождений меди, свинца, цинка, золота, серебра и других металлов плато Колорадо с

плутоническими кольцевыми структурами. Было установлено, что эти кольцевые структуры диаметром свыше 150 км крупных месторождений металлов не содержат Saul, 1978.

Кольцевые массивы нефелиновых сиенитов также имеют важное значение в минерагеническом отношении. Высокие концентрации апатита не исчерпывают их минерагенических возможностей: потенциальны и реальны источники тантала, ниобия, стронция, цезия, титана, ванадия, калия, циркония, алюминиевого и другого сырья. Примерами этого являются лопаритовые руды Ловозерского массива, сынныритовые породы Сынныра (СССР). В отдельных случаях запасы апатит-нефелиновых руд измеряются миллиардами тонн; при относительно невысоких содержаниях ниобия, тантала, цезия и других металлов запасы их очень значительны и в ряде случаев сопоставимы с запасами самых крупных селективных месторождений.

Кольцевые массивы щелочного ультраосновного состава (карбонатиты) известны на всех континентах, но особенно многочисленны они в СССР, Канаде, Бразилии, Индии и в ряде стран Африки (Ангола, Заир, Танзания, Кения, Малави, ЮАР, Мозамбик). Хорошо изученный Ковдорский карбонатитовый массив (СССР) содержит промышленное количество магнетита, бадделеита, апатита, флогопита, вермикулита, кальцита, диоксида. Массив Сокли (Финляндия) отличается повышенной ураноносностью. На территории Канады изучены ниобиеносные карбонатитовые массивы Джеймс-Бей, Сент-Оноре (Шикутими), Ока.

На Индийской платформе В.М. Моралевым [Кольцевые структуры..., 1987] описаны карбонатитовые массивы докембрийского и палеогенового возраста. Минерагения древних карбонатитов Индии традиционна (apatит, редкие земли, ниобий, стронций, уран), молодые карбонатиты содержат промышленные скопления флюорита (Амба-Донгар).

Современные металлогенические исследования континентальных вулканических поясов невозможны без детального анализа кольцевых структур. Работами М.И. Ицксона с коллегами в Охотско-Чукотском вулканическом поясе убедительно доказано, что крупные магматогенные кольцевые структуры в основном определяют металлогеническую специфику этого региона [110, 115-118 и др.]. В качестве благоприятных рудоконцентрирующих факторов здесь рассматриваются зоны пересечения концентрических или дуговых разломов с радиальными линеаменами либо участки сгущения мелких кольцевых структур.

Примеры, приведенные по Охотско-Чукотскому поясу, Африке, Северной и Южной Америке, достаточно наглядно иллюстрируют тесную приуроченность многих месторождений металлов к кольцевым объектам, имеющим магматогенную природу. Аналогичные примеры связи большой группы полезных ископаемых цветных, редких и благородных металлов с магматогенными кольцевыми структурами можно было бы привести по Австралии и Евразии (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Схема строения Зейской кольцевой структуры по [45]

Изучение магматогенных кольцевых структур представляет интерес для прогнозирования полезных ископаемых в двух аспектах. С одной стороны, тенденцию к образованию массивов правильной округлой формы обнаруживают интрузии как кислого, так и ультраосновного ряда, но, как правило, породы с повышенной щелочностью, а, следовательно, и со специфической металлогенией. Вероятно, это можно объяснить формированием магмы с повышенной щелочностью на больших глубинах по сравнению с магмой, так сказать, нормального состава. Если на геологической карте в пределах какого-либо района мы видим интрузии круглые по форме в плане и интрузии неправильных очертаний, хотя и близкие по возрасту и составу, можно ожидать, что они будут отличаться по металлическим характеристикам.

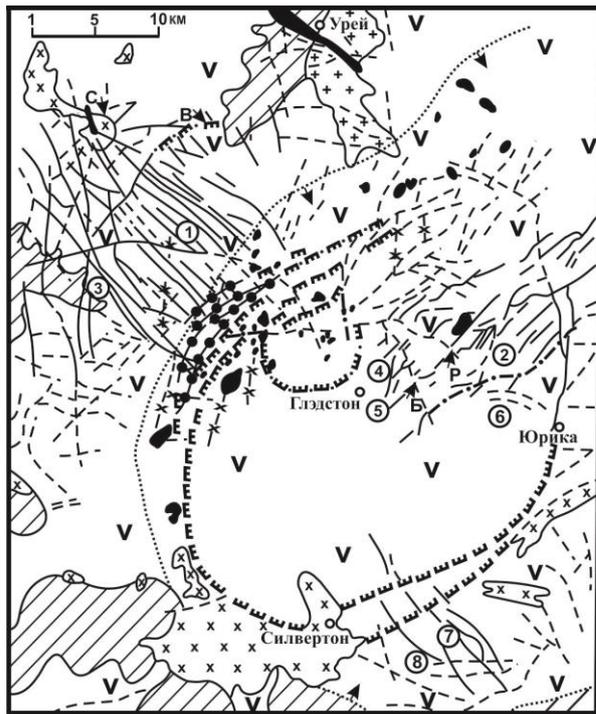
С другой стороны, часто кольцевые формы дешифрируются на космических снимках в тех районах, где на поверхности нет выходов магматических пород. Такие участки были изучены в ряде районов, например в Северном Верхоянье. Оказалось, что в этом случае кольцевые структуры служат индикаторами нескрытых интрузивных массивов, залегающих на сравнительно небольших глубинах. Это было подтверждено геофизическими данными, так как на гравиметрических и магнитометрических картах интрузивные тела обнаруживают характерные аномалии. При полевых исследованиях удалось обнаружить измененные под воздействием интрузий породы и, что особенно важно, признаки оруденения, в данном случае, олова. Детальное изучение рудопроявлений привело к выводу, что по геохимическим данным здесь вскрыты на поверхности самые верхние части рудных тел, уходящих на глубину. Такой прогноз, основанный первоначально на изучении кольцевых структур по космическим снимкам, важен для поисков оруденения на глубине.

Особое значение изучение кольцевых структур приобрело при прогнозировании и поисках низкотемпературного оруденения, связанного с вулканотектоническими структурами. В вулканических поясах известны месторождения золота, серебра, олова, полиметаллов. Для их поисков важны и крупные кольцевые структуры, фиксирующие положение вулканов

центрального типа, залегающих под ними периферических очагов магмы, расположение дуговых и радиальных трещин. Если обратиться к геологическим картам, например, Охотско-Чукотского пояса, протянувшегося на тысячи километров вдоль всей восточной окраины России, то на картах 60-х годов практически не видно кольцевых структур. С внедрением в практику геологических работ материалов съемок из космоса, с проведением специализированного космогеологического картирования на геологических картах появилось множество крупных кольцевых структур. Их изучение при полевых работах показало, что они контролируют размещение жерловых фаций вулканитов, гидротермально-измененных пород, самих рудопоявлений. В пределах рудных полей особое значение приобретает выявление малых кольцевых структурных форм, которые фиксируют как собственно вулканические жерла, так и участки проникновения к поверхности рудоносных флюидов. Для обнаружения подобных кольцевых структур начинают применять новые виды специализированных аэросъемок, прежде всего многозональные и инфракрасные [12, 101 и др.].

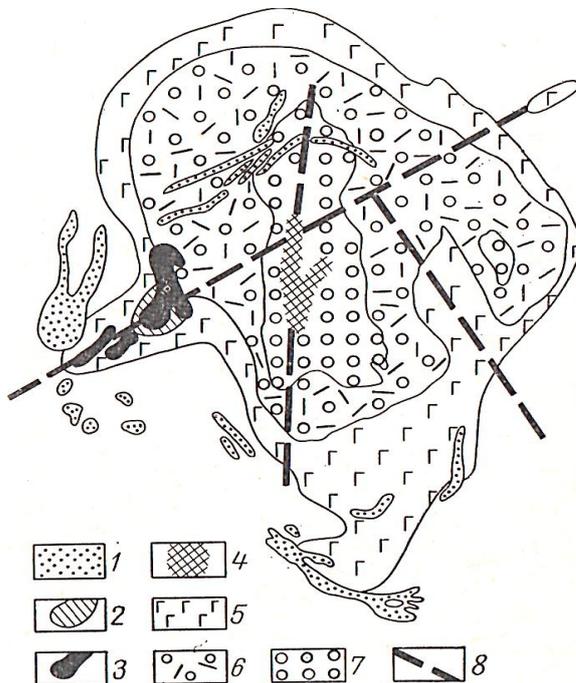
По мнению Е.В. Свешниковой [35] ряд месторождений приурочен к магматическим образованиям, сопутствующим центральному комплексу. Эти разнообразные вулканогенные и близповерхностные магматические проявления (жерла вулканов и вулканиты, штоки, силлы, лакколиты, трубки взрыва и пр.), часто тесно связанные с центральными комплексами общностью магматического источника, также вмещают различные месторождения. Так, К. Бранч [35] указывает на приуроченность ряда вольфрам-молибденовых месторождений провинции Джорджтаун (Австралия) к группам гранитных штоков. По мнению В. Н. Котляра многие приповерхностные гидротермальные месторождения приурочены к жерлам вулканов. Это редкометалльные карбонатитовые месторождения Восточной Африки, молибден-урановое месторождение Мерисвейлл, США и др., а также в зонах брекчий кальдерных обрушений – золото-серебряное оруденение месторождения Крипл Крик и Сильвертон-Теллурид США (рис. 1.13) [117]. Весьма характерна приуроченность месторождений к трубкам взрыва, связанным с центральными комплексами. Среди них известны урановые месторождения, ниобиево-редкоземельные и др.

Месторождения, связанные с разломами и трещиноватостью, наложенными на центральную структуру, естественно завершают минерализацию центральных магматических комплексов. Такие разломы и зоны трещиноватости возникают в пределах сформировавшихся центральных структур. Примером развития таких поздних дизъюнктивов и образования линейных тел поздних рудных карбонатитов является штокверковое магнетитовое месторождение и поздние карбонатитовые линзы и дайки Ковдорского массива (рис. 1.14) [35].



Цифры в кружках – месторождения: 1 – Кемп-Берд, 2 – Саннисайд, 3 – Идарато, 4 – Голд-Кинг, 5 – Американ-Таннел, 6 – Терри-Таннел, 7 – Шенандо, 8 – Сильвер-Пик. Сбросы: Бонита (Б), Росс-Бейсин (Р), Вил-оф-Форчун (В); купольное поднятие – Снеффелс (С), 1 – граниты (ре); 2 – древние кристаллические породы (рС); 3 – молодые лавы и пирокласты андезитовой, дацит-риолитовой и кварц-латитовой формаций; 4 – граница распространения вулканитов кварц-латит-риолитовой формации; 5 – субвулканические тела риолитов; 6 – штоки и дайки кварцевых порфиров; 7 – кольцевые разломы: а – прослеженные, б – предполагаемые; 8 – Некоторые рудоконтролирующие радиальные разломы; 9 – радиальные золоторудные жилы и разрывы: а – главные, б – второстепенные; 10 – кольцевые разломы с трубообразными золоторудными телами

Рисунок 1.13 – Рудное поле Сильвертон-Теллурид [117]



1 – карбонатиты; 2 – форстерит-апатитовые породы; 3 – железорудное месторождение; 4 – слюдяное (вермикулито-флогопитовое) месторождение; 5 – щелочные магматические и метасоматические породы периферической части комплекса; 6 – щелочные метасоматические образования, развившиеся по оливинитам; 7 – реликтовые участки мало измененных оливинитов; 8 – линейные ослабленные зоны

Рисунок 1.14 – Положение железорудного и слюдяного месторождений в пределах Ковдорского (РФ) магматического комплекса [35]

Исследование и суммирование сведений о центральных магматических комплексах (кольцевых структурах) позволили выявить, что с ними связаны весьма многочисленные месторождения полезных ископаемых, которые разнообразны по составу и генетическим типам. Многие из них имеют

важное экономическое значение для промышленности, сельского хозяйства и общего технического прогресса. Месторождения расположены обычно в пределах небольших площадей, занимаемых центральными магматическими комплексами и их контактными ореолами. Здесь часто в непосредственной близости друг от друга находятся месторождения различных полезных ископаемых (типичное сочетание месторождений железа, слюды, апатита, редкометальных руд), которые экономически выгодно эксплуатировать одновременно. Кроме того, комплексный состав самих руд месторождений значительно повышает их ценность при практическом использовании.

Обобщая наблюдения по структурному контролю месторождений, приуроченных к магматическим комплексам центрального типа, подчеркнем следующее. Собственно магматические месторождения связаны непосредственно с интрузивными телами, входящими в состав центрального комплекса. Размещение метасоматических месторождений обычно контролируется концентрическими и линейными разломами центральной структуры; лишь для месторождений поздней метасоматической стадии характерна приуроченность к наложенным линейным разломам регионального характера. Такая же особенность структурного положения отмечается и для гидротермальных месторождений, более высокотемпературные образования которых часто контролируются элементами центральной структуры, а более низкотемпературные – наложенными разломами. Следовательно, детальное и углубленное изучение строения, состава и особенностей формирования центральных магматических комплексов имеет прямое практическое значение, так как облегчает поиски и разведку разнообразных месторождений. На основе структурного изучения магматических комплексов возможна разработка поисковых критериев на определенные виды полезных ископаемых.

Например, для большинства месторождений характерно определенное положение в центральной структуре. Так, магматические месторождения принимают непосредственное участие в строении центральной структуры; размещение метасоматических и высокотемпературных гидротермальных месторождений обычно контролируется главными элементами центральной структуры. Для поздних метасоматических месторождений, так же как и для более низкотемпературных гидротермальных, характерна приуроченность к наложенным на центральную структуру линейным разломам [35].

### **1.3.2 Рудоносность космогенных КС**

Ранее в разделе 1.2 уже отмечалось, что, взрывной механизм космогенных КС обуславливает мгновенное и резкое изменение давления и температуры горных пород, слагающих мишень. Эта кардинальная смена физико-химических обстановок в месте взрыва приводит к появлению новообразованных горных пород, часто представляющих интерес в минерагеническом отношении. Только в работе Reimolda W.U., Koeberl C., Gibson R.L. etc. «Экономические месторождения полезных ископаемых в

импактных структурах» [119] подробно описаны десятки примеров связи разных типов месторождений с ударными структурами. В этой связи поиски и обнаружение космогенных структур могут сыграть существенную роль в приумножении металлических и неметаллических богатств Земли.

**Кратер Вредефорт** (англ. Vredefort Crater) (рис. 1.15) – ударный кратер на Земле расположен в 120 километрах от Йоханнесбурга, ЮАР. Диаметр кратера составляет 250–300 километров, что делает его крупнейшим на планете (не считая неизученного вероятного кратера Земли Уилкса диаметром 500 километров в Антарктиде). Назван в честь расположенного поблизости города Вредефорт. В 2005 году был зачислен в перечень объектов Всемирного Наследия ЮНЕСКО.

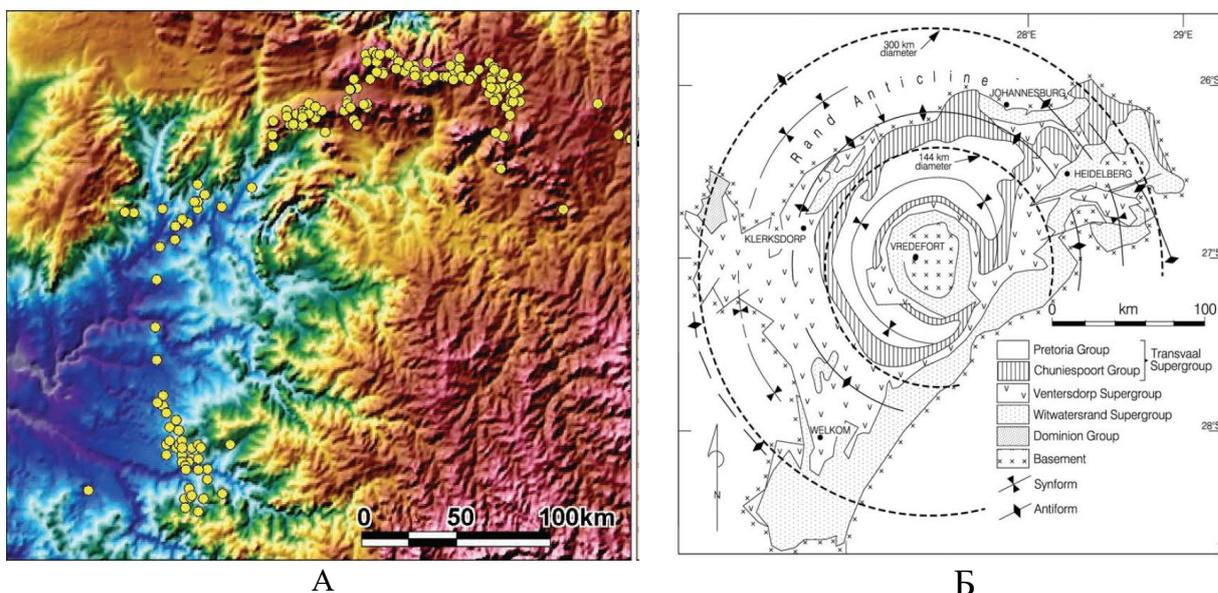


Рисунок 1.15 – Витватерсранд-Вредефорт: А – цифровая модель рельефа кратера Вредефорт с нанесенными золоторудными месторождениями [107],  
Б – Схема геологического строения кратера Вредефорт [119]

Астероид, столкнувшийся с Землёй и образовавший кратер Вредефорт, являлся одним из самых больших когда-либо соприкасавшихся с планетой, по современным оценкам, диаметр его окружности был около 10 километров. Образовавшийся в результате удара кратер имеет диаметр около 250–300 километров, что больше бассейна Садбери (диаметр 200 километров) и кратера Чиксулуб (170 километров) [86]. Таким образом, кратер Вредефорт является самым большим образованием на Земле, вызванным контактом планеты с иными космическими телами (вероятный кратер Земли Уилкса диаметром в 500 километров не изучен в достаточной степени для признания его происхождения в результате удара по причине нахождения под Антарктическим ледяным щитом). Возраст кратера оценивается в более чем 2 млрд лет ( $2023 \pm 4$  млн лет), эра Палеопротерозоя.

Бассейн Витватерсранд представляет собой самую богатую золотую провинцию в мире. Около 40-50% всего золота, когда-либо добытого на Земле, было добыто в этом бассейне (Robb and Robb 1998), что составляет

примерно от 45 000 до 50 000 тонн. Оставшиеся запасы золота бассейна Витватерсранда оцениваются в 45% от известных мировых запасов. В настоящее время разрабатываемые пласты в северной части бассейна Витватерсранда, как правило, опускаются на 15-20 градусов южнее, в направлении купола Вредефорт. Поскольку многие шахты уже работают на глубинах от 2 500 до 4 000 м, маловероятно, однако, что большая часть оставшихся ресурсов будет доступна для добычи. Тем не менее, существуют явные возможности расширения ранее и в настоящее время разрабатываемых районов, таких как так называемый район Аргонавтов, примыкающий к золоторудному месторождению Центральный Рэнд, и расположенный от него на юг-юго-запад. Также основные горно-добывающие предприятия, работающие на золоторудных месторождениях Витватерсранда, предвидят продолжение добычи золота в этом районе на долгие годы вперед.

Большая часть золота Витватерсранд была добыта из Супергруппы Витватерсранд, особенно из Центральной Рэнд группы. Кроме того, подчиненное количество золота было добыто из пластов Трансваальной супергруппы, в основном в районе к северо-западу от Йоханнесбурга и вдоль основания Трансваальной супергруппы - кварцитной формации Черный риф, к востоку от Йоханнесбурга. В дополнение к этим огромным объемам золота было добыто около 150 000 тонн урана, главным образом, в качестве побочного продукта добычи золота, но также из нескольких сравнительно бедных золотом рифовых горизонтов. Стоимость этого добытого продукта оценивается в 4 млрд долл. США, а остаточные запасы урана составляют порядка 475 000 тонн.

Вопросы происхождения руд Витватерсранда обсуждаются очень давно. Подробно это рассматривалось, например, Роббом и др. (1997), Роббом и Роббом (1998), Филлипсом и Лоу (2000) и Фриммелом и Шахтером (2002), одни исследователи отдавали предпочтение происхождению золота Витватерсранда путем его накопления в виде чисто брекчиевых руд. В то время как другие (например, Barnicoat и др. 1998; Phillips and Law 2000 и др.) придерживаются чисто гидротермальной теории [119].

В Вредефорте преобладает сложная рудно-геологическая обстановка. Архейские пласты Витватерсранда и Супергруппы, с исключительной концентрацией золота и урана, подверглись воздействию болида Вредефорта приблизительно через 700-900 млн лет после их образования. Современный уровень эрозии был оценен по геологическим и метаморфическим признакам (McCarthy et al. 1986; Gibson et al. 1998; Gibson and Reimold 2000) примерно на отметке около 1,5 млн лет 7-10 км. Следовательно, в настоящее время для исследования доступно только глубокое поперечное сечение, проходящее через центральный подъем, и относительно глубокий уровень, проходящий через окружающий кольцевой бассейн.

Концептуальная модель гидротермальных процессов в структуре ударного воздействия подробно описана в исследованиях Наумова (2002) и др.

**Импактный кратер Садбери.** Образование крупного месторождения меди и никеля Садбери в Канаде также связывают с падением крупного метеорита [86, 93]. Астроблема Садбери расположена в провинции Онтарио. Эта никеленосная структура (1/3 мировых запасов никеля) – норитовая микрогранитовая интрузия, внедрившаяся вдоль поверхности истинного дна кратера, определяет его размеры (до 59 км). Зона ударных деформаций (признаки ударного метаморфизма, конусы разрушения и др.) обширнее – до 74 км. В цоколе астроблемы, под подошвой интрузии, залегают деформированные архейские и раннепротерозойские граниты, гранито-гнейсы, мигматиты и прочие метаморфиты. В кровле интрузии имеются кварцевые аллогенные брекчии, сланцы, песчаники с признаками ударного метаморфизма. Предполагается, что эти породы – результат быстрого размыва материала, выброса в заключительную стадию кратерообразования (рис. 1.16).

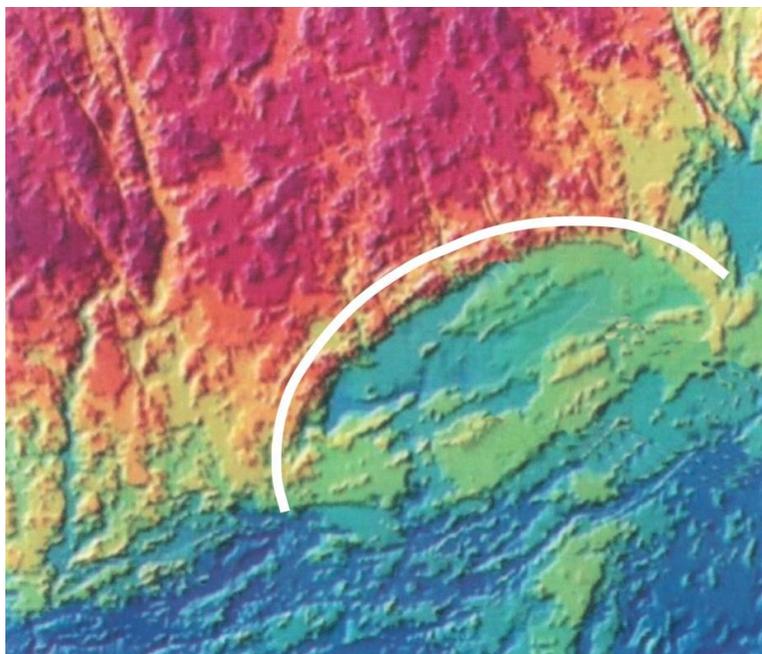


Рисунок 1.16 – Космический снимок астроблемы Садбери [86]

Внедрение никеленосных норитов произошло вскоре после кратерообразования, причем интрузия использовала поверхность истинного дна в качестве ослабленной зоны. Относительно большая роль микрогранитов в составе интрузии объясняется определенной ролью кислого импактного расплава, который смешался с поднявшейся из глубины по системе трещин основной магмой. Это явление обусловило ликвацию сульфидов. Образование никеленосной интрузии следует относить к инъекционному комплексу. Время заложения астроблемы Садбери относится к раннему протерозою (1840 млн лет назад); в кайнозое она вновь стала ареной нового ударного события (37 млн лет назад). Древние астроблемы типа Садбери необходимо проанализировать с позиций выявления их никеленосности.

**Попигайский импактный кратер.** Был открыт в 1946 году, в разное время рассматривался как грабен, как эрозионная впадина, как вулканический кратер [54-59 и др.]. Лишь в 1970 году ленинградскому геологу В.Л. Масайтису и его коллегам удалось доказать, что Попигайская котловина - один из крупнейших на Земле метеоритных кратеров. Кратер (71°38' с.ш. 111°11' в.д.) возник в конце эоценовой эпохи 35,7 млн лет назад.

Вскоре после открытия Попигайского кратера, были найдены первые **импактные алмазы**, заключенные непосредственно в горных породах структуры. До этого импактные алмазы в земных породах были неизвестны, они встречались только в осколках, выпавших на Землю метеоритов, в песчаных отложениях на Украинском щите и в некоторых других местах, при этом о первоисточнике этих россыпных алмазов существовали лишь предположения.

Упомянутая первая находка импактных алмазов в коренных породах Попигайской структуры, сделанная в начале 1970-х годов почти одновременно с обнаружением признаков ударно-волновых преобразований, побудила начать специальные исследования алмазоносности импактитов, ранее в мировой практике неизвестной. Эти исследования проводились одновременно с геологическими поисками и разведкой залежей алмазоносных тагамитов и зювитов, выполнявшихся Полярной геологоразведочной экспедицией, что привело к выявлению уникального во многих отношениях Попигайского алмазоносного района. Выявленные здесь геологические запасы импактных алмазов превышают сумму запасов всех алмазоносных провинций мира.

Импактные алмазы возникли при твердофазном переходе из графита, содержавшегося в виде вкрапленности в гнейсах, которые подверглись ударному сжатию. Поэтому алмазы наследуют различные морфологические особенности исходных кристаллов графита и обладают рядом необычных оптических и других свойств. По внешнему виду это бесцветные или чаще серо-коричневатые, желтые и иногда черные уплощенные, как бы слоистые зерна шестиугольных очертаний, часто встречаются их сростки или неправильной формы агрегаты (рис. 1.17). Размеры отдельных сростков достигают сантиметра, но большинство зерен не превышают в поперечнике 2-5 мм. Все они состоят из, определенным образом, ориентированных микрокристаллов алмаза (их поперечник около одной десятитысячной доли сантиметра), отличающихся к тому же присутствием многочисленных линейных дислокаций, обнаруживаемых при специальных исследованиях. Поэтому импактные алмазы совершенно не похожи на прозрачные октаэдры или кристаллы алмазов другой формы, находимые в кимберлитах. Вместе с тем, высокая твердость и термическая стойкость (они нередко превышают таковые у кимберлитовых алмазов) позволяют использовать импактные алмазы в промышленности как ценное техническое сырье.

Импактные алмазы рассеяны в виде незначительной примеси в тагамитах и зювитах. Они распространены в этих породах повсеместно, в

ряде случаев образуют обогащенные зоны, располагающиеся как бы в виде радиальных лучей, исходящих из центра кратера. Алмазы встречены также в отдельных обломках интенсивно ударно метаморфизованных графитсодержащих гнейсов, которые включены в импактиты.



Рисунок 1.17 – Импактные алмазы, образовавшиеся при ударном сжатии графита, наследующие исходные формы шестиугольных графитовых пластинок [54]

Изучение импактитов из ряда других импактных кратеров мира также показало присутствие в них импактных алмазов, сходных с попигайскими. В большинстве случаев они также возникли за счет графита местных пород, подвергшихся ударному сжатию и плавлению (гнейсов, кристаллических сланцев), и встречаются совместно с различными ударно-преобразованными породообразующими минералами, а также фазами высокого давления по кварцу (коэзит, стишовит). Таким образом, присутствие импактных алмазов в породах может служить диагностическим признаком импактного происхождения соответствующей структуры, где эти породы найдены.

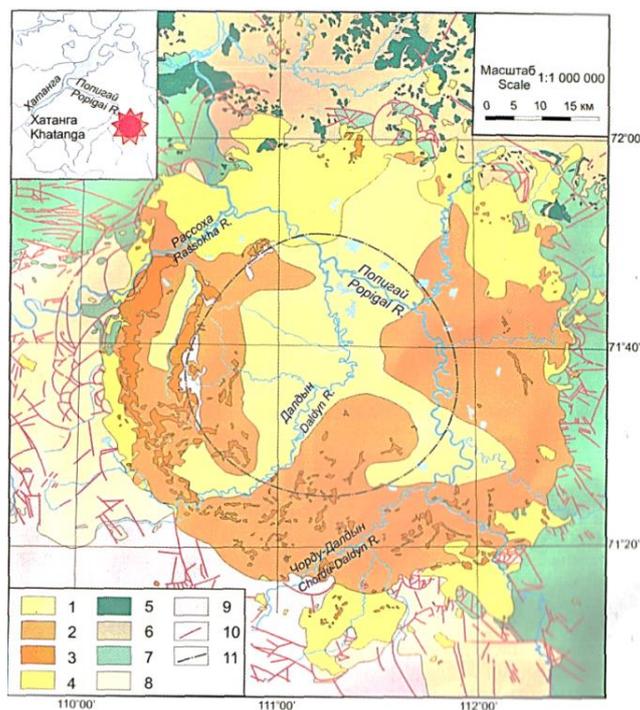
Разрушение импактитов при выветривании и при переносе обломков этих пород водными потоками ведет к высвобождению содержащихся в них алмазов, которые местами концентрируются в речных галечниках. Россыпи импактных алмазов установлены во многих долинах рек, пересекающих Попигайскую котловину, а также в руслах рек за ее пределами, куда алмазы попали при размыве покрова дальних выбросов.

Хотя импактные структуры известны и во многих других частях Земли, Попигайский кратер – крупнейший из выявленных к настоящему моменту кайнозойских импактных структур. Он входит в десятку крупнейших кратеров Мира, а достоверно установленных на Земле импактных кратеров диаметром 100 км и более в настоящее время известно вместе с Попигайским всего шесть. Как и другие гигантские импактные кратеры, он отличается

сложным внутренним строением, а также разнообразием отдельных элементов внутренней структуры, которые во многих случаях доступны для непосредственных наблюдений.

Попигайский кратер является крупнейшим вместилищем технических импактных алмазов, общие ресурсы которых, как отмечалось, превосходят суммарные запасы всех алмазоносных кимберлитовых провинций мира. По своему происхождению месторождения импактных алмазов, образно говоря, сотворенные силами небесными, не имеют аналогов среди других типов месторождений минерального сырья [54].

В южной части холмистого участка суши, на которую пришелся астероидный удар, на поверхности и на небольшой глубине были распространены архейские и нижнепротерозойские кристаллические породы фундамента Сибирской платформы: различные гнейсы, в меньшей мере кристаллические сланцы, граниты и другие магматические породы. Они развиты в настоящее время на юго-западном борту кратера и далее к югу и западу в пределах Анабарского кристаллического щита. Гнейсы, главным образом биотит-гранатовые и пироксеновые, а также кристаллические сланцы имеют преимущественно архейский и частично раннепротерозойский возраст, различные прорывающие их граниты раннепротерозойский. Редкие дайки основных пород, пересекающие все эти образования, также относятся к протерозою (рис. 1.18) [54].



1-4 – коптогенный комплекс: коптокластиты (1), зювиты (2), тагамиты (3), полимиктовые аллогенные мегабрекчии (4), 5 – раннетриасовые долериты, 6 – пермские осадочные породы, 7 – кембрийские осадочные породы, 8 – позднепротерозойские осадочные породы, 9 – архейские метаморфические породы, 10 – разрывные нарушения, 11 – ось кольцевого поднятия

Рисунок 1.18 – Схема геологического строения Попигайского импактного кратера [54]

Все эти кристаллические породы были перекрыты в центральной и северной частях рассматриваемой территории полого погружавшимися к северу и северо-востоку мощными толщами преимущественно осадочных

пород. Их общий геологический разрез можно наблюдать сейчас в окрестностях импактной структуры – от относительно более древних отложений верхнего протерозоя в южной части района до наиболее молодых, мезозойских на севере.

Детальное геологическое картирование в сочетании с анализом материалов космической съемки (рис. 1.19) [65], аэрофотосъемки, геофизических наблюдений и данных бурения дали возможность выяснить морфологию и внутреннее строение Попигайского кратера. Многие особенности рельефа также позволяют судить о первоначальной форме кратера и различных элементах его структуры.



Рисунок 1.19 – Попигайский импактный кратер на снимке Google Earth [65]

Внутреннее строение Попигайского кратера как бы многокольцевое, напоминающее строение крупных ударных структур на Луне и других планетах. От центра к периферии кратера в рельефе его так называемого истинного дна (т.е. дна, образованного раздробленными, но не подвергшимися значительным перемещениям и выбросу, местными породами) можно выделить несколько основных концентрических структурных элементов: центральную впадину, кольцевое поднятие, кольцевой желоб и примыкающую к нему пологую наклоненную к центру кольцевую террасу. Центральной впадине соответствует обширное заболоченное понижение в рельефе, где на поверхности распространены почти исключительно четвертичные глины, пески, галечники, которые по данным бурения подстилаются импактными брекчиями и импактитами, заполняющими эту часть кратера. Эта низина, диаметром около 40 км, охватывается в западной части группами холмов, на склонах и вершинах которых, достигающих высоты 100 м и более, выступают породы истинного

дна – раздробленные ударно-метаморфизованные гнейсы, местами перекрытые импактитами и брекчиями. Здесь гряда холмов совпадает с западной частью поднятия (или гребня) раздробленных кристаллических пород основания кратера. Гравиметрические съемки показывают, что на глубине этот гребень окружает центральную впадину сплошным кольцом радиусом 22-23 км. Гребень имеет асимметричный профиль: внутренний его склон значительно более пологий, чем внешний.

С внешней стороны кольцевое поднятие окружено кольцевым желобом в истинном дне кратера. Желоб имеет ширину около 12 км, ему соответствует понижение в современном рельефе. Желоб, как и центральная впадина, заполнен импактными брекчиями и импактитами. Бурение показало, что толщи этих пород подстилаются раздробленными гнейсами истинного дна кратера. В западной части кратера мощные пластовые тела импактитов, распространенные в этом желобе, отпрепарированы эрозией и образуют полукольцевую цепь плосковершинных холмов, высота которых достигает 150-200 м. Внешний борт кольцевого желоба, имеющий радиус около 37 км, проходит здесь у подножия этой цепи плоских вершин.

К внешнему борту кольцевого желоба примыкает кольцевая терраса шириной около 25 км. Рельеф этой кольцевой зоны представляет собой увалистую равнину с отдельными низкими холмами, на склонах и вершинах которых выступают частично смятые и разбитые разломами осадочные и кристаллические породы, окружающие кратер. Характерны дугообразные центробежные надвиги, взбросы, мелкие складки, радиальные и другие разломы. Наиболее возвышенные участки на кольцевой террасе могут рассматриваться как реликты первичного цокольного вала импактного кратера.

От поля развития брекчий и импактитов в кольцевом желобе на кольцевую террасу отходят рукавообразные тела этих пород, заполняющих неглубокие радиальные желоба. Импактные брекчии и импактиты, кроме того, встречаются на кольцевой террасе в виде небольших, сохранившихся от размыва полей выбросов из кратера. Отдельные их останцы находятся на расстоянии до 70 км от центра, здесь они залегают уже на ненарушенных породах, окружающих кратер.

Импактные брекчии и импактиты в центральной впадине и кольцевом желобе имеют мощность до 2 км. Бурение показало, что раздробленное гнейсовое основание, образующее склоны кольцевого поднятия, а также дно кольцевого желоба имеют сложный глыбовый рельеф с перепадами высот в десятки и первые сотни метров. Литоидные импактные брекчии и импактиты образуют преимущественно линзообразные и пластообразные тела, мощность которых значительно варьирует от десятков до многих сотен метров. Образованные при дроблении пород разного состава, главным образом, блоковые и глыбовые импактные брекчии развиты преимущественно в основании толщ, заполняющих кольцевой желоб и центральную впадину, а различные импактиты залегают преимущественно в

средней и верхней частях общего разреза этих толщ. В самом верху разреза располагаются полимиктовые, большей частью тонкообломочные импактные брекчии и другие породы, сохранившиеся в центральной впадине и в некоторых других местах. Иногда в них наблюдаются признаки сортировки обломочного материала, неясно выраженная слоистость.

Импактиты возникли при застывании и выбросе масс расплавленных при ударе местных пород, они включают два вида – зювиты и тагамиты. Первые состоят целиком из обломков и бомб импактного стекла, обломков осадочных и кристаллических пород и минералов в разных соотношениях. Вторые имеют массивный облик и полностью сложены застывшим и частью раскристаллизованным расплавом, в котором рассеяна примесь обломков различных пород, чаще всего гнейсов, гранитов и их минералов. Химический состав импактитов ближе всего к химическому составу биотит-гранатовых гнейсов кристаллического основания кратера, за счет плавления которых в основном и возник импактный расплав. Судя по соотношениям дополнительно привнесенных в этот расплав элементов – никеля, кобальта, хрома, иридия, которые установлены в импактитах, в последних заключено до 5% рассеянного вещества ударившего космического тела, которое полностью испарилось при кратерообразовании и затем в виде конденсата вошло в состав импактного расплава.

Обломки пород и минералов, которые в основном составляют литоидные импактные брекчии (особенно аллохтонные), а также входят и в состав зювитов и тагамитов, обычно несут признаки ударно-волновых и других преобразований. При относительно небольших ударных нагрузках в горных породах иногда образуются так называемые конусы разрушения – системы конических поверхностей, покрытых расходящимися от вершины конусов бороздками. Признаки более значительного ударного сжатия наиболее четко выражены в кварце, полевых шпатах, слюдах и в некоторых других минералах горных пород. Кристаллы этих минералов рассечены многочисленными системами параллельных трещин, деформированы, а также превращены в аморфное вещество без плавления. Подобные превращения, которые могут быть воспроизведены экспериментально, позволяют оценить амплитуды ударных нагрузок, которым подвергаются эти минералы в момент импактного кратерообразования. Например, переход кварца и полевых шпатов в стеклообразное аморфное вещество без его расплавления происходит при ударных нагрузках, достигающих 300-400 кбар или около 300-400 тыс. атм. При таком, а также более значительном сжатии, часть кварца переходит в минералы высокого давления (стишовит, коэсит), а содержащийся в породах графит может превратиться в алмаз. При более значительном ударном сжатии и последующей разгрузке большинство породообразующих минералов переходит в расплавленное состояние, поскольку остаточная температура при этом значительно превышает температуры их плавления, достигая 2500° и более.

Изучение Попигайской космогенной структуры оказалось весьма ценным, в связи с обнаружением в нём суперкрупного месторождения технических алмазов.

Исключительно велика и изученность этой структуры геофизическими методами и бурением. На площади, занимаемой кратером, проведены гравиметрические, магнитометрические, палеомагнитные наблюдения, частично электрзондирование, выполнен очень большой объем буровых работ, сопровождавшихся детальным петрографическим изучением керн. Общее количество пробуренных здесь скважин составляет более 800, самая глубокая достигла глубины 1,5 км. Наряду с детальным геологическим картированием это позволило с большой достоверностью определить форму, размеры геологических тел импактных брекчий и импактитов, их соотношения, состав и его изменчивость внутри этих тел. Все эти данные, полученные при изучении Попигайского кратера, могут использоваться при реконструкции и моделировании физических процессов импактного кратерообразования, а также и в сравнительно-планетологических целях при дистанционном изучении подобных объектов на других планетах.

***Импактный кратер Кондёр [120].*** Кондёр – горный массив в Аяно-Майском районе Хабаровского края, сложен щелочно-ультраосновными изверженными породами [120]. Кратер известен, прежде всего, из-за своей почти идеальной кольцеобразной формы диаметром около 8 километров при высоте от 1200 м до 1387 м.

На космических снимках хребет Кондер напоминает лунный или марсианский кратер (рис. 1.20) [120]. Его водораздел образует почти идеальную окружность, диаметр которой около восьми километров. Характерной особенностью Кондерского массива является концентрически зональное строение. Ядро массива диаметром около 5,5 км сложено дунитами и окружено концентрическими кольцевыми и дуговыми телами клинопироксенитов, косьвитов и различных метасоматитов. Лишь на юге и северо-западе изометричные очертания массива осложнены телами монцитонитов, распространение которых не полностью подчиняется его общему концентрическому структурному плану. Площадь массива на уровне современного эрозионного среза около 32 км<sup>2</sup>. Его форма и размер в вертикальном разрезе определены по комплексу геологических, петрофизических и геофизических данных.

В пределах Кондерского массива и его ближайшего обрамления наделяются четыре вещественных комплекса: архейский, раннепротерозойский, среднерифейский и мезозойский<sup>1</sup>. В породах этих различающихся по составу и времени формирования комплексов отмечаются дислокации только кольцевого структурного плана. Признаки дислокаций какого-либо иного структурного плана независимого от концентрически региольного строения массива отсутствуют. Отсюда следует, что все наблюдаемые на современном уровне эрозионного среза разломы связаны со становлением Кондерского массива [120].



Рисунок 1.20 – Кондёр спутниковая фотография из Google Earth [65]

Рудная минерализация массива генетически и пространственно связана с дунитами. Установлено, что, минералы платиновой группы (МПГ) пространственно приурочены в основном к дунитам, однако их повышение по сравнению с кларковыми концентрациями (по результатам химико-спектрального и минералогического анализов) отмечаются местами и в других породах (косьвитах, различных метасоматитах, перовскит-шпинель-монтичеллитовых и магнетит-амфиболовых скарнах, жерловых трахиандезитах и дацитах, субщелочных диоритах и др.). Установлено также определенное перераспределение рудной минерализации в пределах самого дунитового штока.

Довольно четко проявлена и вертикальная зональность в распределении платинометальной минерализации. Последняя постепенно убывает по всем скважинам до глубины 450-500 м, а ниже, в однородных крупно- и гигантозернистых дунитах, МПГ лишь изредка встречаются в единичных знаках. Можно предположить, что платинометальная минерализация, представляющая практический интерес, была заключена на интервале протяженностью по вертикали в первые сотни метров [120].

## **2 МЕТОДИКА ДЕШИФРИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ВЫЯВЛЕНИЕ МАСШТАБНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ**

### **2.1 Методика дешифрирования кольцевых и линейных структур**

Задачи настоящего дня требуют перехода от анализа закономерностей размещения известных объектов к перспективной оценке территорий, к прогнозу и поиску новых видов сырья, новых рудоносных площадей на базе комплексирования материалов ДЗЗ с геолого-геофизическими, формационными, геохимическими и другими видами специализированных прогнозно-поисковых исследований.

Методика дешифрирования геологических объектов на космических снимках – это обнаружение, распознавание и истолкование (интерпретация) объекта или явления на основе определенных критериев. На современном этапе разработана и успешно внедрена в геолого-разведочное производство методика применения материалов ДЗЗ для изучения геологической природы горных и предгорных территорий. Накоплен большой опыт космогеологических исследований по разным горно-рудным регионам, экспериментально установлены время съемки, диапазон спектра и масштабный ряд исследований наиболее приемлемых для решения задач прикладной геологии [12, 18, 81, 98-101, 112, 138].

Отметим, что наряду с усовершенствованием технических средств получения изображений (сканеры, радары, лазерные установки и др.), возможности применения материалов ДЗЗ намного расширились, существенно изменилась методика их геологического дешифрирования.

При геологическом дешифрировании выявляется геологическая природа объектов, не только выходящих на земную поверхность, но и скрытых растительным покровом, рыхлыми отложениями. Элементы распознавания внутренних структур Земли определяют «рентгеноскопичность» или интенсивности «просвечивания» глубинных структур на космических снимках. Это очень трудоемкий и сложный процесс, требующий от дешифровщика опыта и знаний – с одной стороны, с другой – многочисленных технических операций на базе современных компьютерных технологий.

Различают визуальное и автоматизированное дешифрирование. Визуальное – один из прогрессивных методов аэрокосмического исследования, не теряет своего значения, несмотря на развитие современных методов автоматизированной обработки снимков. Для достижения хороших результатов требуется высокая профессиональная подготовка и хорошее знание объектов дешифрирования. Процесс визуального анализа изображения основывается на трех стадиях: обнаружение, опознание, интерпретация. Последняя из них предполагает выявление существа объекта, отнесение его к какой-либо структурной категории, предусмотренной

легендой, или ранее известной дешифровщику, т. е. связана с логическим восприятием. Две первые – это особенности зрительного восприятия [18].

Технологическая схема визуального дешифрирования материалов ДЗЗ основана на двух признаках для решения геологических задач (рис. 2.1). Прямое, или непосредственное, дешифрирование заключается в регистрации спонтанно возникающих моделей космического изображения; косвенное или индикационное – в анализе изображений, выделении при наличии знаков (индикаторов) объекта или явлений, необходимых для решения поставленных задач, но непосредственно не наблюдаемых. Предпочтение выбора выделенных критериев прямо пропорционально изучаемым территориям, т. е. на геологически открытых территориях больше используются прямые, а на закрытых, скрытых под осадочно-рыхлыми отложениями, – косвенные критерии. Тем не менее, прямое и косвенное дешифрирование взаимосвязаны и при анализе материалов ДЗЗ производятся совместно.

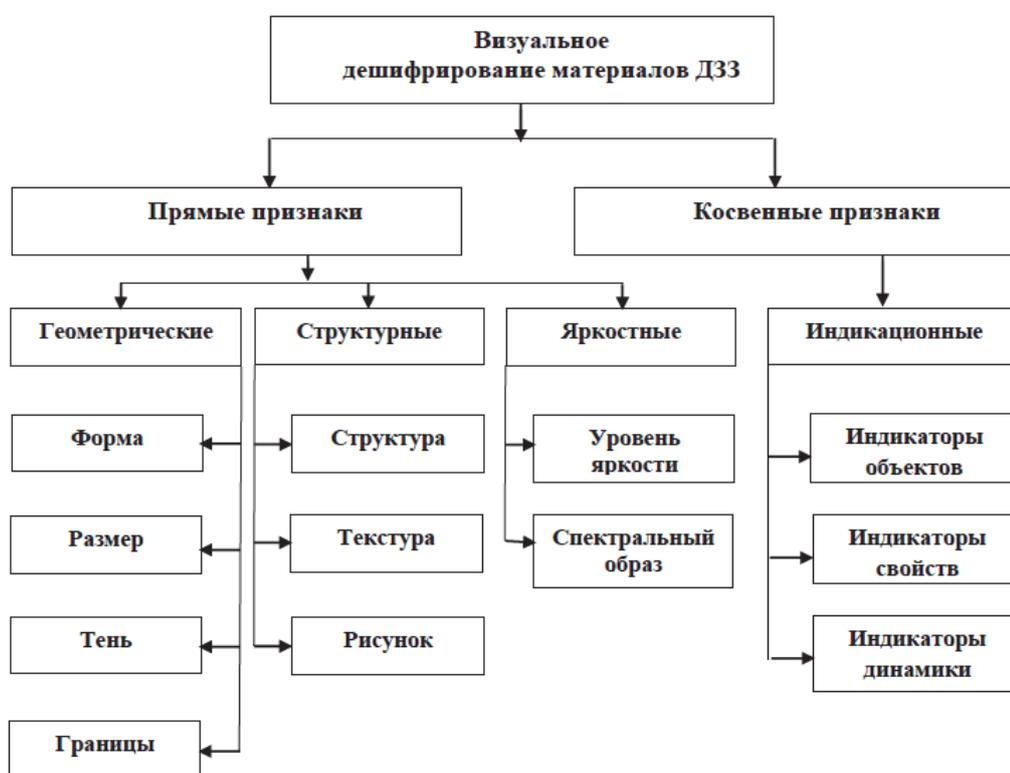


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема визуального дешифрирования материалов ДЗЗ [112]

Автоматизированное дешифрирование – это процесс компьютерной обработки материалов ДЗЗ, представленных в цифровом виде. Оно включает ввод изображений в компьютер, тематическое дешифрирование и интерпретацию результатов. Самыми широко используемыми программами для компьютерной обработки материалов ДЗЗ являются такие программы как ERDAS Imagime, ENVI, Geomatics и др. Далее современные геоинформационные системы позволяют формировать базу данных, обрабатывать материалы ДЗЗ и цифровой рельеф, проводить

дешифрирование. В процессе дешифрирования выбирается определенная последовательность операций, направленная на повышение информативности изображения.

Современная компьютерная технология позволяет использовать для распознавания объектов многие спектральные диапазоны одновременно и соответственно строить многомерное пространство откликов, что намного улучшает процесс распознавания. В этом заключается основная идея и преимущество автоматизированного дешифрирования.

При последних исследованиях [112] наиболее эффективным является комплексирование данных визуального и автоматизированного дешифрирования материалов космических съемок. Основная идея схемы – нововведение, основанное на принципах постепенной детализации элементов дешифрирования, направленное на повышение эффективности использования космических снимков.

В отличие от классической схемы дешифрирования КС (предварительное, полевое и послеполеовое), последняя методика имеет четыре последовательных этапа (рис. 2.2). В соответствии со схемой, методика комплексного дешифрирования начинается со сбора материалов для визуального дешифрирования (картографические данные, разномасштабные космические снимки и их композитные варианты) и подготовки данных ДЗЗ для автоматизированного дешифрирования (Landsat, Aster, WorldView и др.). На этом этапе важным считается качественный подбор операции каналов электромагнитного диапазона в RGB систем (Red – красный, Green – зеленый, Blue – голубой).

Второй этап – предварительная обработка космических снимков заключается в создании векторных слоев карт, выявлении структурно-дешифровочных комплексов, минералогических индексов, линейных и кольцевых структур, обнаружении идентичных средних значений пикселей и суммировании всех выявленных показателей в единое с результатами полевых заверочных работ.

Третий этап – предварительное обобщение накопленных материалов, корреляция с данными эталонного объекта, комплексирование геофизических, геохимических и геологических данных с использованием фондовых материалов, что осуществляется непосредственно опытным геологом. Качество выполняемых операций прямо пропорционально опыту и знаниям геолога. Значимость и ответственность данного этапа заключается именно в этом.

Четвертый этап – создание дистанционной основы, принятие решения по определению прогнозных участков и площадей. Результаты всех проведенных исследований суммируются на данном этапе с неоднократной проверкой достоверности полученных результатов. Для повышения эффективности и достоверности принимаемых решений привлекаются результаты аналитических исследований.

Созданная дистанционная основа – космогеологическая карта по данной схеме – картографический документ для последующего определения направлений поисково-оценочных работ. Это одно из приоритетных направлений комплексных геологических исследований на современном этапе [112].

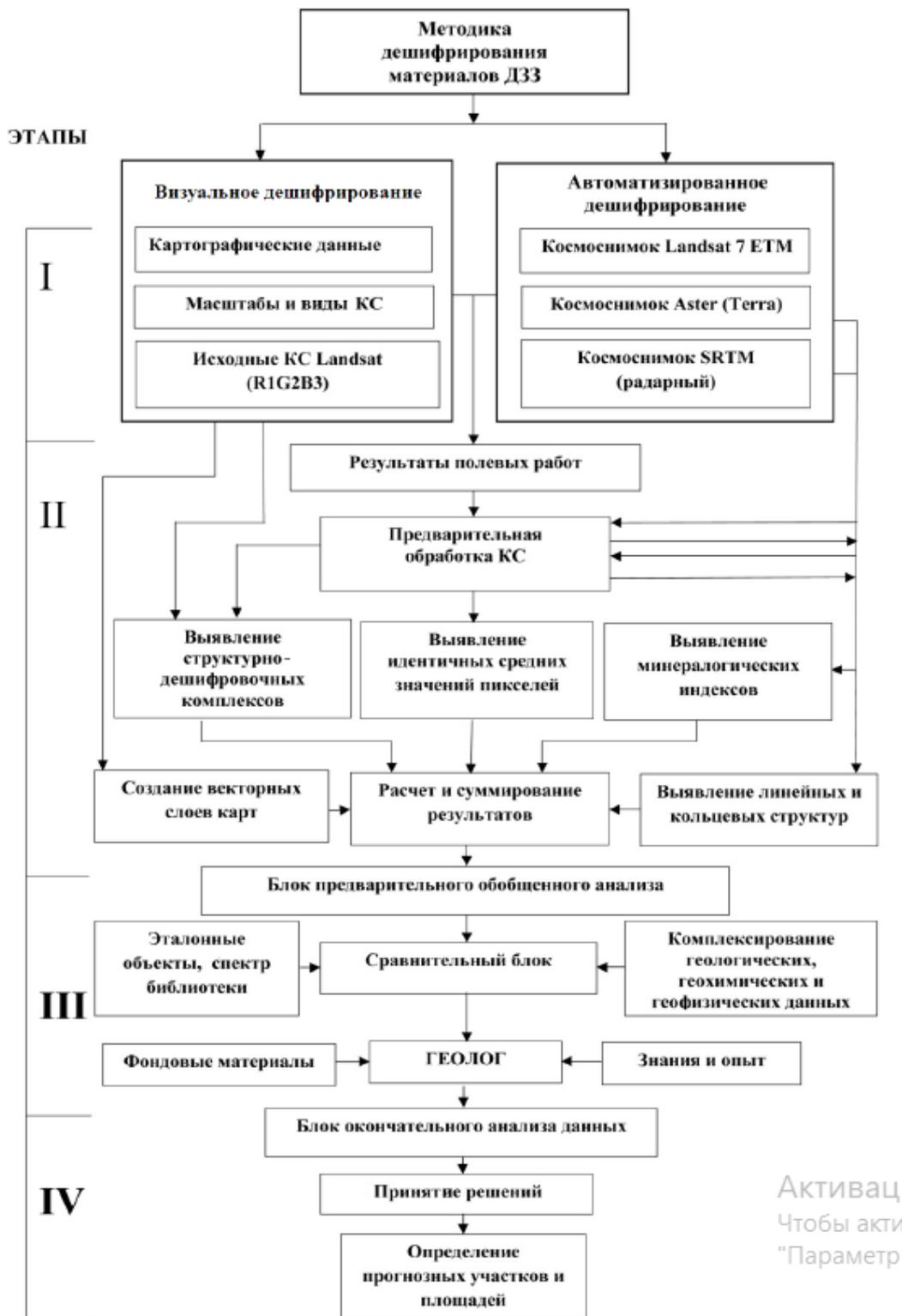


Рисунок 2.2 – Новая технологическая схема комплексного дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли [112]

## 2.2 Дешифрирование материалов дистанционного зондирования Центрального Казахстана и создание геоинформационной базы данных кольцевых структур

В качестве района исследования была выбрана территория Центрального Казахстана (рис. 2.3). Последняя охватывает территорию 16 планшетов масштаба 1:500 000, в которую входят Девонский (Центрально-Казахстанский) вулcano-плутонический пояс (ВПП) с обрамляющими его с тыловой части ранними каледонидами и северные части обоих позднепалеозойских вулcano-плутонических поясов – каменноугольного окраинно-континентального Тасты-Кусак-Котырасан-Алтынэмельского и каменноугольно-пермского внутриконтинентального Балхаш-Илийского и внутренние структурно-формационные зоны (СФЗ) краевого (окраинного) Жонгаро-Балхашского палеобассейна.

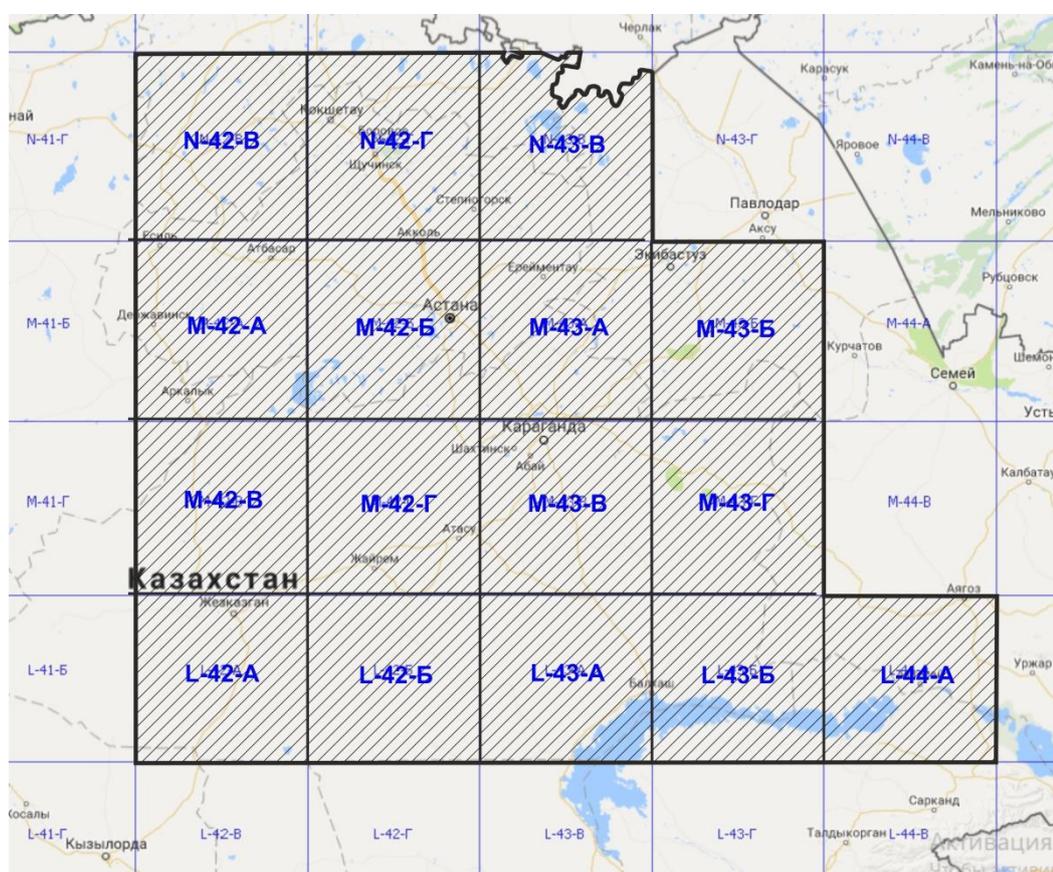


Рисунок 2.3 – Схема расположения района исследования

Дешифрирование материалов ДЗЗ производилось в три этапа:

- подбор космических снимков и предварительная их обработка;
- визуальное дешифрирование с выделением кольцевых и линейных структур;
- оцифровка материалов дешифрирования в программе ArcGIS.

Подбор космических снимков осуществлялся, исходя из доступности. В работе использовались сканерные снимки Landsat-7 и радиолокационные Radarsat-1. Снимки с радиолокационного спутника Radarsat обрабатывались в

программе ERDAS IMAGINE, в котором задавались необходимые параметры (угол наклона солнца, превышение рельефа, освещенность и др.) для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) местности. Далее в программе ArcGIS снимок Landsat совмещался с цифровой моделью рельефа для придания объема (рис. 2.4).

Визуальное дешифрирование проводилось во врезках космических снимков 1:500 000 масштаба, соответствующих конкретным номенклатурным листам. При дешифрировании выделялись изометричные, овальные, дугообразные, полукольцевые структуры с размерами от 500 метров до 50 и выше километров. Выделялись линейные структуры разного размера. Часть линеаментов и кольцевых структур соответствует разрывным нарушениям на геологической карте, большинство отдешифрированы впервые (рис. 2.5).

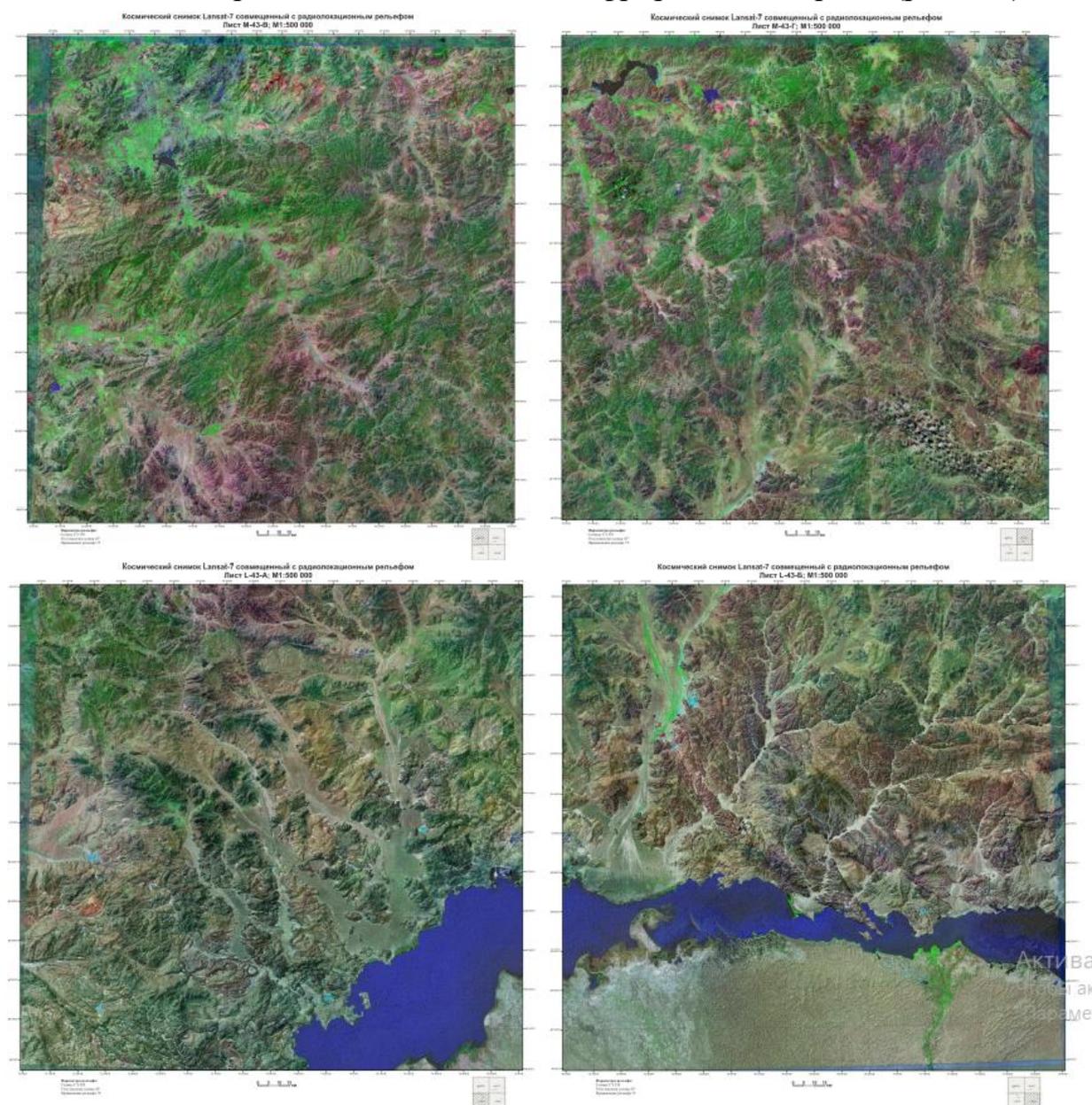


Рисунок 2.4 – Космические снимки Landsat-7 совмещенные с цифровой моделью рельефа листов М-43-В,Г; L-43-А,Б; М-б 1:500 000

Оцифровка результатов визуального дешифрирования проводилась в программе ArcGIS ручным способом без применения методов трассирования из растровой графики. При дешифрировании составлялась таблица атрибутов в которой отражены номер структуры, для известных КС – наименование, параметры, рудоносность, если она имеется, и её количество (рис 2.6). Таблицу атрибутов можно наращивать с появлением новых данных при анализе геолого-геофизических материалов.

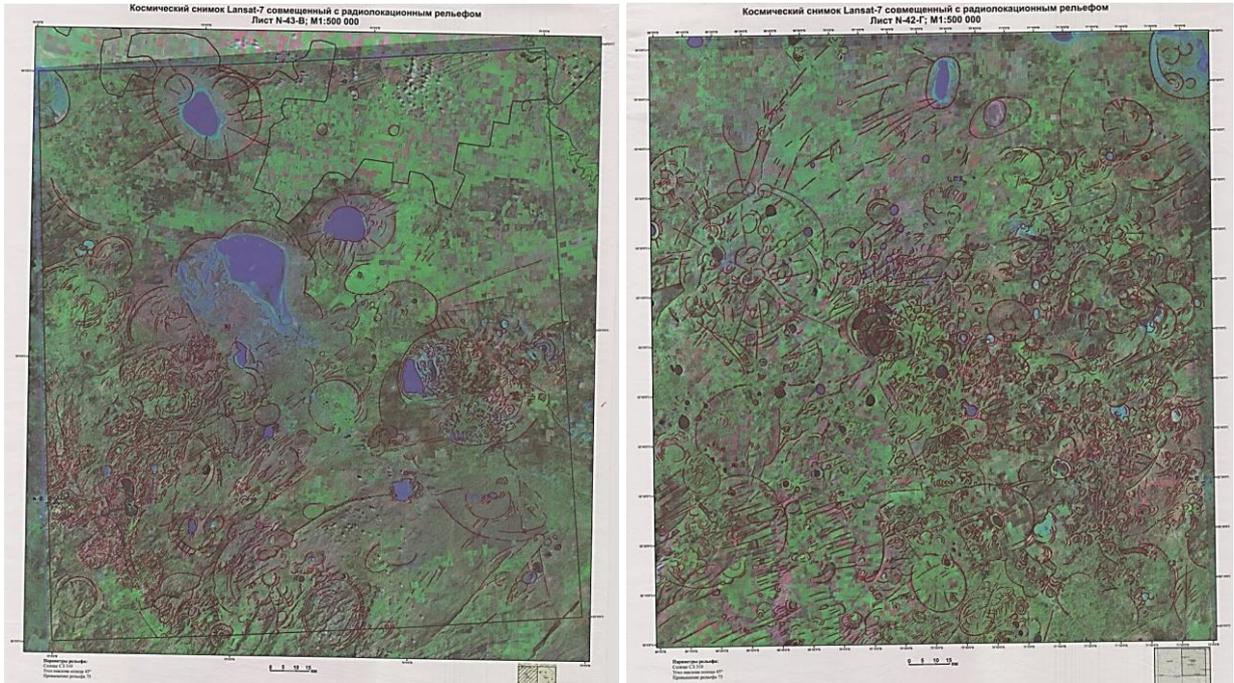


Рисунок 2.5 - Пример результатов визуального дешифрирования листов N-43-В и N-42-Г

| г/п | Шпале | Имя                                    | досто       | Y         | X         | Возра                         | Диам    |
|-----|-------|--|-------------|-----------|-----------|-------------------------------|---------|
| 1   | Точка | Айдарлы, Агузский                      | достоверные | 46,95     | 80        | подземнаеугольный             | 2,7     |
| 2   | Точка | Айгай, Агузский                        | достоверные | 46,97     | 80,04     | 296 (подземнаеугольный)       | 4       |
| 3   | Точка | Айранаты                               | достоверные | 46,460165 | 79,629130 | Термь / Гринь                 | 20      |
| 3   | Точка | Вайкоурская *                          | достоверные | 46,95     | 83,75     | ор-желез.плосци               | 170     |
| 4   | Точка | Биган                                  | достоверные | 48,58     | 82,03     | В-3 (5)                       | 7       |
| 5   | Точка | Жаманши **, Праралы                    | достоверные | 48,36414  | 80,95304  | ~0,01 (0,75+0,06:1-8;тр; 4;5; | 14      |
| 6   | Точка | Ишанский (Тенгиз, Тенгиз)              | достоверные | 51,7      | 69,8      | 430 (460)                     | 350-700 |
| 7   | Точка | Кундыколь                              | достоверные | 53,15     | 88,97     |                               | 17      |
| 8   | Точка | Кунгуртау *                            | достоверные | 51,496959 | 81,869527 |                               | 8       |
| 9   | Точка | Кызылмер                               | достоверные | 45,36     | 88,868    |                               | 26      |
| 10  | Точка | Северо-Каспийско-Горномангышская *     | достоверные | 44,9      | 52,3      | рубеж триас-юра               | 800     |
| 11  | Точка | Табалта                                | достоверные | 47,328707 | 88,985181 |                               | 35      |
| 12  | Точка | Тотыз                                  | достоверные | 47,5      | 60,4      | -0,01                         | 20      |
| 13  | Точка | Торуауская                             | достоверные | 47,73     | 75,48     | 297+20 (280+25)               | 220     |
| 14  | Точка | Чепар-Аральская *                      | достоверные | 47,3      | 61        | -0,01                         | 420     |
| 15  | Точка | Шайлы Чаулы, Кызылорда *               | достоверные | 49,175    | 67,65     | 46+7                          | 3,2     |
| 16  | Точка | Шубарбайтал                            | достоверные | 47,9      | 81,45     |                               | 3,5     |
| 17  | Точка | Шулак                                  | достоверные | 47,2      | 72,76     | 12 (45+10), С1(?)             | 31      |
| 18  | Точка | Анчол (Ашшар)                          | вероятные   | 47,7      | 72,38     |                               | 16      |
| 19  | Точка | Вайбаусукая (Хатифнатская)             | вероятные   | 46,988206 | 73,009178 | KZ                            | 0,48    |
| 20  | Точка | Волчанкиская                           | вероятные   | 50,509815 | 62,813931 | +320                          | 14      |
| 21  | Точка | Боровская                              | вероятные   | 53,222274 | 70,235659 |                               | 40      |
| 22  | Точка | Жамантуз                               | вероятные   | 53,05427  | 69,760078 |                               | 6,0     |
| 23  | Точка | Жилансид *                             | вероятные   | 49,183108 | 57,122195 | млн                           | 0,6     |
| 24  | Точка | Жуан-Тобе                              | вероятные   | 47,834167 | 79,216667 | поздний Рз- ранний Мз         | 1,2     |
| 25  | Точка | Орловский                              | вероятные   | 50,3466   | 63,0357   |                               | 5       |
| 26  | Точка | Кайбско-Муйский                        | вероятные   | 46        | 72,5      |                               | 350     |
| 27  | Точка | Конус                                  | вероятные   | 48,541121 | 76,606253 |                               | 0,25    |
| 28  | Точка | Пробакшино-Илийская (Балхашское оз.) * | вероятные   | 47        | 73        | конец верх. олд.              | 120     |
| 29  | Точка | Северо-Курардакая                      | вероятные   | 47,015    | 75,04     |                               | 15      |
| 30  | Точка | Синоцинская                            | вероятные   | 50,52     | 83,1788   |                               | 20      |

Рисунок 2.6 – Оцифровка результатов дешифрирования

## 2.3 Анализ интенсивности проявления кольцевых структур в Центральном Казахстане, ранжирование их по генезису и определение доминирующих типов

### 2.3.1 Частота встречаемости и особенности распределения кольцевых структур Центрального Казахстана

Для выявления частоты встречаемости или интенсивности распространения кольцевых структур был проведен подсчет их на отдешифрованных планшетах космических снимков исследованной территории (листы N-42-В, N-42-Г, N-43-В, М-42-А, М-42-Б, М-42-В, М-42-Г, М-43-А, М-43-Б, М-43-В, М-43-Г, L-42-А, L-42-Б, L-43-А, L-43-Б, L-44-А). При этом выделялись три группы кольцевых структур по размерности: первая группа – крупные кольцевые структуры диаметром 30-50 и >50 км, вторая – средних размеров 10-29 км, третья – мелкие кольцевые структуры диаметром 0,5-10 км. Результаты этих подсчетов приведены в таблице 2.1. Однозначно, за исключением листа N-43-В, из всех отдешифрованных кольцевых структур преобладающими являются мелкие, что видно из таблицы 1 и «Карты кольцевых и линейных структур Центрального Казахстана» масштаба 1:500 000 (рис. 2.7). Эти же геологические материалы свидетельствуют об очень широком распространении кольцевых структур на исследуемой территории. Следует также подчеркнуть, что количество выявляемых кольцевых структур зависит от масштаба дешифрируемого космического снимка.

Таблица 2.1 - Частота встречаемости кольцевых структур (КС) различной размерности в Центральном Казахстане

| Номенклатура листа | Количество КС по размерности |                    |                    | Общее количество КС |
|--------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                    | крупные<br>30-50 км и >50    | средние<br>8-29 км | мелкие<br>0,5-8 км |                     |
| N-42-В             | 1                            | 15                 | 247                | 263                 |
| N-42-Г             | 2                            | 29                 | 112                | 143                 |
| N-43-В             | 4                            | 20                 | 74                 | 98                  |
| М-42-А             | 8                            | 45                 | 271                | 324                 |
| М-42-Б             | 2                            | 58                 | 250                | 310                 |
| М-42-В             | 0                            | 97                 | 224                | 321                 |
| М-42-Г             | 3                            | 69                 | 46                 | 118                 |
| М-43-А             | 7                            | 66                 | 54                 | 127                 |
| М-43-Б             | 6                            | 37                 | 46                 | 89                  |
| М-43-В             | 10                           | 89                 | 102                | 201                 |
| М-43-Г             | 5                            | 78                 | 119                | 202                 |
| L-42-А             | 3                            | 45                 | 20                 | 68                  |
| L-42-Б             | 8                            | 41                 | 36                 | 85                  |
| L-43-А             | 4                            | 31                 | 145                | 180                 |
| L-43-Б             | 11                           | 15                 | 82                 | 108                 |
| L-44-А             | 5                            | 31                 | 69                 | 105                 |
| <b>Итого</b>       | <b>79</b>                    | <b>776</b>         | <b>1897</b>        | <b>2742</b>         |



В целом на листах, запланированных для изучения, было отдешифрировано **2742** кольцевых структур. В частности, в пределах территории СССР, на Космогеологической карте показано 4849 КС. На Космогеологической карте России выделено 2713 КС, на Карте Космогеологических объектов России отображено 840 КС, на Космогеологической карте Казахстана показано 36 крупных и гигантских кольцевых структур. В связи с этим полученную нами цифру можно было бы подвергнуть сомнению относительно ее объективности. В то же время, если учесть, что масштаб 2500000 не позволил показать на карте СССР наиболее распространённый класс мелких кольцевых структур, то полученный исполнителями результат следует принимать в качестве достоверного.

Дальнейший анализ «Карты кольцевых и линейных структур Центрального Казахстана» масштаба 1:500 000, составленной на базе выше указанных отдешифрированных планшетов этой территории, показывает крайне неравномерное проявление кольцевых структур в регионе.

Как видно из анализа интенсивности проявления КС на территории Центрального Казахстана частота встречаемости КС на исследованной территории поистине выглядит следующим образом:

*Лист N-42-B* содержит **293** кольцевые структуры. Распределение кольцевых структур на листе неравномерное. Так, примерно на 1/4 листа в северо-западном углу и вдоль западного края листа кольцевые структуры практически не наблюдаются. Наибольшая концентрация их отмечается в центральной части листа. Преобладающими являются мелкие кольцевые структуры (277) диаметром от 0,5-0,3 до 2-3 км. На фоне этой россыпи мелких КС выделяются 15 структур диаметром от 12-15 до 30-35 км. Диаметр около 50 км наблюдается лишь часть эллипсоидальной структуры на юге листа. Также интересным представляются 3 протяженных СВ простирания линеамента. Анализ структурно-тектонической позиции месторождений не показывает рудоконтролирующей роли кольцевых структур.

*Лист N-42-Г* содержит **143** кольцевые структуры. На листе дешифрируются всего 2 крупные кольцевые структуры диаметром около 40 (северная) и 30 (южная) км. Наиболее характерными для данного планшета являются кольцевые структуры диаметром 20-10 км. Эти структуры (29) четко дешифрируются и равномерно проявлены по всей площади листа. Численно преобладающими (112) являются мелкие (0,5-5 км) КС, которые дешифрируются часто внутри крупных в виде группы структур, тесно примыкающих друг к другу.

*Лист N-43-B* содержит **42** кольцевые структуры, из которых 4 крупных КС диаметром до 30-40 км с четко выраженными радиальными разломами. 3 кольцевых структуры из них четко отрицательные, в центральных впадинах которых фиксируются озера с соленой водой. 3 КС с диаметром 18-20-25 км. Большая часть этих структур положительные с целой серией мелких структур. Среди отмеченных крупных структур, независимо от них,

наблюдается 18 КС диаметром от 4-5 км и меньше. Наиболее загружена КС юго-западная часть планшета. Эти же структуры и наиболее рудоносны.

На листе *М-42-А* отдешифрировано всего **324** кольцевые структуры, среди которых крупных структур диаметром от 30 км и до >50 км – 8, средних диаметром от 10 до 29 км – 45 и мелких диаметром от 0,5 км до < 10 км - 271 структура. Наблюдается преобладание структур мелкого размера. Кольцевые структуры крупного размера включают в себе структуры и среднего и мелкого размеров, которые накладываются друг на друга, образуя сложный дешифрировочный рисунок поверхности. Мелкие структуры на листе распределены не очень равномерно, а собраны как-бы отдельными скоплениями в разных частях планшета. Наименьшее скопление мелких структур наблюдается в северо-западной части листа, здесь на фоне кольцевых структур среднего размера хорошо заметно распространение линейных структур, скорее они создают рисунок поверхности. Вообще бросается в глаза именно наличие крупных и средних структур, хотя численно их гораздо меньше, чем мелких.

*Лист М-42-Б* содержит **536** кольцевых структур. В юго-западном углу листа дешифрируется крупная структура диаметром около 40 км. Внутри ее дешифрируется большое количество КС среднего и мелкого размеров (от 0,5-1 км до 7-10 км). Кроме южной крупной КС на севере дешифрируются фрагменты также очень крупной КС, диаметр которой около 50-60 км. Большая же часть кольцевых структур листа проявлены на юге: мелкие (от 0,5 до 1,5 км) и средние по размеру (от 2-3 до 15-20 км). В целом по всей площади насчитывается 58 средних и 476 мелких кольцевых структур.

Примечательно, что на северо-западе листа отмечен достоверно доказанный метеоритный кратер Ишимский (Тенизский, Тенгиз) (данные А.В. Михеевой) [65, 122].

*Лист М-42-В* содержит **321** кольцевую структуру. Вся территория листа равномерно покрыта кольцевыми структурами преимущественно среднего (5-10-18 км) и мелкого (0,5-1-4 км) размера. Наряду с кольцевыми структурами обращают на себя внимание в западной части листа субмеридиональный протяженный линеамент, на который плотно нанизаны КС. Так же четко выражены два протяженных северо-западного простирания субпараллельных линеамента в северо-восточной – северной части листа. В целом на площади листа *М-42-В* насчитываются 321 КС, из которых 97 средние по размеру, а остальные 224 мелкие. Не все КС выражены четко, часто дешифрируются лишь фрагменты, наложение одной структуры на другую, из-за чего могут быть ошибки в подсчете структур. Исследование рудоносности планшета было проведено очень тщательно, так как равномерно по всей площади наблюдаются многочисленные точки минерализации и разномасштабные месторождения различных полезных ископаемых.

*Лист М-42-Г* содержит **189** кольцевых структур. Кольцевые структуры на площади листа распространены повсеместно. Крупных структур размером

больше 30 км на листе насчитывается 3, КС среднего масштаба насчитывается 69, преобладающими являются мелкие – 117 структур. Все КС явно эндогенной природы и в большинстве своем вулканогенные. КС малых размеров часто бывают приурочены к кольцевым разломам более крупных КС, а также группируются внутри их, перекрывая друг друга.

*Лист М-43-А* содержит **147** кольцевых структур. На площади листа кольцевые структуры распространены по всему листу, но в основном сосредоточены в центральной и восточной частях вдоль разломов субширотного направления и частично вдоль субмеридионального тектонического разлома. Кольцевые структуры преимущественно среднего (8-12-22 км) и мелкого (2,5-1-8 км) размера, а также шесть крупных структур (30-32 км) размером. В целом, на площади листа – 147 КС, из них крупных – 6, средних – 67, мелких – 74 структур по размеру. Не все кольцевые структуры четко выражены, часто дешифрируются лишь фрагменты, наложение одной структуры на другую, из-за чего могут быть ошибки в подсчете структур.

*Лист М-43-Б* содержит **169** кольцевых структур. Коренные породы планшета примерно на 15-18 % перекрыты в северо-восточной части чехлом рыхлых отложений, под которым, тем не менее, дешифрируется несколько КС. Распределение кольцевых структур и дугообразных разломов на листе относительно равномерное. При этом, как обычно, преобладают мелкие – 126 КС, средних КС насчитывается до 37, а крупных обнаруживается 6 (таблица 2.1). Наиболее крупная кольцевая структура (Найманжалайырская), расположенная в ЮВ части листа, в диаметре составляет ~ 70 км. Это явная система магматогенных структур среднего и мелкого размера, развивающихся в надочаговой зоне, оконтуренной данным кольцевым разломом. Остальные крупные КС фиксируют интрузивные купола или вулканические структуры.

*Лист М-43-В* содержит **201** кольцевую структуру. Территория листа характеризуется довольно широким распространением кольцевых структур, ими равномерно покрыта вся территория. Такое массивное проявление кольцевых структур объясняется тем, что на описываемом планшете сочленяются структурно-формационные зоны Центрально-Казахстанского (девонского) и позднепалеозойского Балхаш-Илийского вулканоплутонического поясов. Крупных и очень крупных кольцевых структур, соответствующих крупным и очень крупным вулканотектоническим и вулканоплутоническим структурам немного – всего 10, одна из которых диаметром около 55-57 км очерчивает ареал проявления нескольких КС рангом ниже. Структур среднего размера (диаметр 8-24 км) на листе выделяется 89, преобладающими являются мелкие КС диаметром от 0,5 до 8 км. Мелкие КС чаще всего соответствуют центральным или паразитическим жерлам, некам вулканических структур, реже мелким интрузивным телам, численно (102) они преобладают над КС других рангов.

*Лист М-43-Г* содержит **383** кольцевые структуры. Кроме эндогенных кольцевых структур на листе имеется 7 предполагаемых космогенных. Вся

площадь листа совпадает с частями позднепалеозойского Балхаш-Илийского ВПП и вулканическими поясами Шынгыс-Тарбагайской системы островных дуг.

Вулканогенные и интрузивные образования внутриконтинентального Балхаш-Илийского ВПП картируются на ~ 80% листа. Плотность проявления КС на площадях упомянутых мегаструктур примерно одинаковая. В целом на планшете откартировано **202** КС, среди которых 5 крупных КС с диаметрами до 50-55 км, 78 КС средних размеров (8-29 км) и 119 мелких КС. Крупные структуры, включая по несколько КС среднего и мелкого размеров, являются по сути системами кольцевых структур. Сопоставление планшета космических снимков с изданной картой масштаба 1:500 000 обнаруживает некоторые различия в рисовке не только КС и дугообразных разломов, но и в расположении линеаментов.

*Лист L-42-А.* Геологическая карта листа показывает широчайшее развитие на его площади мезозойских и кайнозойских отложений. Лишь в северо-западном углу листа, примерно на территории 15-20 % от площади планшета наблюдается субмеридионального направления полоса коренных пород преимущественно протерозойского возраста, перемежающихся с удлиненными субсогласными телами комагматичных гранитоидов. Крайние западные выходы представлены кембрийскими и ордовикскими отложениями. Среди древних пород картируются блоки каменноугольных отложений ( $C_{1t_1}-C_{1v}$ ), которые с востока непрерывной полосой обрамляют с юга на север древние толщи Улутау. Несмотря на отмеченную резко различную геологическую ситуацию, проведенное дешифрирование показывает развитие КС в регионе почти повсеместно. В целом на месте дешифрируются **142** КС, из которых одна диаметром чуть более 50 км расположена в центре листа в чехле рыхлых отложений. Выделяются 2 крупных КС диаметром до 30 км, расположенные также в чехле рыхлых отложений. Довольно много (45) КС средних размеров (от 8 до 25 км). Они дешифрируются по всей площади листа. Наиболее распространенными являются мелкие КС, которых насчитывается 94.

*Лист L-42-Б.* Общее количество отдешифрированных кольцевых структур на листе **85**, из них 8 крупных структур, в их числе КС с диаметром более 50 км в поперечнике, структуры среднего размера от 10 до 30 км – 41, мелкие структуры от 0,5 до 10 км в количестве 36, являются доминирующими. Крупные структуры включают в себе структуры средние и мелкие. Структуры на листе размещаются равномерно.

*Лист L-43-А* содержит **180** кольцевых структур, из которых 4 – крупные структуры диаметром до 40 км, 31 – средние, диаметр их от 8 до 29 км и большое количество мелких – 145 структур, диаметром от 0,5 до 8 км. Таким образом, наблюдается абсолютное преобладание мелких структур. Крупные и средние структуры включают в себе мелкие структуры. На листе кольцевые структуры расположены довольно равномерно. Юго-восточный угол листа занят частью оз. Балхаш. На листе по данным Зейлика Б.С. и

Хряниной Л.П [69] наблюдается 1 достоверный метеоритный кратер Шунак, 6 вероятных метеоритных кратеров и 4 предполагаемых.

*Лист L-43-Б* содержит **215** КС, в том числе крупных КС всего 4, среднего размера – 29 и мелких КС -182. Территорию листа озеро Балхаш делит на две неравные части. Рисунок дешифрирования на обеих частях довольно равномерный и не слишком густой. Вообще в первую очередь бросаются в глаза линейные разломы, протягивающиеся практически через весь лист. На северной половине листа отдешифрирована большая часть КС всех размеров – крупных, средних и мелких. Средние КС очень часто пересекаются, накладываются друг на друга и содержат в себе мелкие КС. Разломы часто рассекают КС крупного и среднего размера.

На южной трети листа дешифрируется две крупные КС и некоторое количество КС среднего и мелкого размера. Отдешифрированы также разломы прямолинейные и не слишком протяженные, оборванные озером Балхаш. Рисунок дешифрирования выглядит более редким, чем на северной половине листа.

*Лист L-44-А.* Здесь отдешифрировано всего **105** кольцевых структур, среди которых крупных структур – 5, средних – 31, мелких – 69. В связи с не очень большим количеством КС рисунок создан довольно редкий и неравномерный. Большая часть КС располагается на северной половине листа. Здесь наблюдается основное количество крупных КС, включающих в себя КС среднего и мелкого размера, а также отдельно расположенные КС среднего размера. На южной половине листа наблюдается три четко отдешифрированных КС крупного размера, одна из которых срезана озером Балхаш, и несколько КС среднего и мелкого размера. Рисунок дешифрирования очень разреженный. Вся территория листа пересечена прямолинейными очень протяженными, протяженными и короткими разломами разной направленности. Часто эти разломы срезают КС.

Как видно из анализа интенсивности проявления КС исследуемой территории Центрального Казахстана, наибольшее их количество дешифрируется на листе *М-42-Б* – **536** кольцевых структур, хотя более 60% территории листа перекрыто чехлом рыхлых отложений. Соответственно, говорить о природе дешифрируемых под ним кольцевых структур очень трудно. Постановка вопроса о дифференциации кольцевых структур по генезису на начальной стадии исследования без проведения детального картирования, минералого-петрографического изучения слагающих их горных пород, без сопоставления с геофизическими материалами, является преждевременной. Меньшее, но достаточно большое количество кольцевых структур отмечается на листах *М-42-А* (**324** КС), *М-42-В* (**321** КС), *L-42-Б* (**352** КС). На всех перечисленных планшетах картируются обширные поля выходов девонских вулканогенных и плутоногенных образований Девонского (Центрально-Казахстанского) вулcano-плутонического пояса (ВПП), что во многом объясняет большое количество кольцевых структур.

Этот же геологический фактор позволяет относить большую часть из них к эндогенным кольцевым структурам.

Заметно меньшее количество кольцевых структур отмечается на листах *М-42-Г (189)*, *М-43-А (147)*, *М-43-Б (155)*, несмотря на то, что территория и этих листов входит в границы Девонского (Центрально-Казахстанского ВПП) Различное количество КС в различных секторах Девонского ВПП свидетельствует о различной активности магматической деятельности в них. Преобладающими и на этих листах, несомненно, являются эндогенные кольцевые структуры. Заметное количество кольцевых структур фиксируется и на листах *М-43-В (201 КС)*, *М-43-Г (202)* и *Л-43-А (180)*, представляющими западный, северо-западный и северный сегменты каменноугольного Тасты-Кусак-Котырасанского окраинно-континентального и каменноугольно-пермского внутриконтинентального Балхаш-Илийского ВПП.

Большое количество кольцевых структур в разновозрастных ВПП объясняется единым механизмом образования вулканических, вулканоплутонических, вулканотектонических структур. Широкое развитие внутри них мелких кольцевых структур определяют эндогенные купола и паразитические жерла, отвечающие по составу толщам кислых, средних или основных вулканитов, чаще всего распространены эндогенные купола кислого состава.

Форма эндогенных куполов различна: нередки удлиненные трещинные экструзии, но преобладают изометричные трубообразные по форме купола. Вне зависимости от формы экструзий в связи с тем, что они выдавливаются из трещин сквозь перекрывающие их толщи, вокруг них возникают дугообразные полукольцевые и кольцевые разломы, которые дешифрируются на высотных и космических снимках как малые кольцевые структуры.

### **2.3.2 Ранжирование КС Центрального Казахстана по генезису и определение доминирующих типов**

Следует обратить внимание на то, что большая часть работ, касающихся кольцевых структур, принадлежит казахстанским геологам. Эти работы, связанные преимущественно с крупномасштабным (1:50 000) картированием 1960-70-х годов, большей части территории Казахстана, привели к массовому выделению структур центрального типа. Они были описаны А.А. Абдулиным, А.В. Авдеевым, К.А. Абдрахмановым, М.К. Бахтеевым, О.М. Гаек, Б.С. Зейликом, А.В. Кожевым, В.В. Коптевой, В.Я. Кошкиным, В.Н. Лариным, В.С. Поповым, М.Я. Решко, Е.В. Рыбалтовским, Г.Т. Скубловым, А.М. Тарасенко, М.М. Уколовым, Л.Н. Шарпенко, М.Н. Щербаковой, И.Г. Щербой и др. [3, 13, 22, 23, 25-27, 33, 34, 37, 40-42, 69, 72, 74, 121-131 и др.] В результате этих работ на территории Центрального Казахстана было описано около 100 магматогенных КС, 34 - метеоритных, из которых 5 являются достоверными.

Для предварительного ранжирования отдешифрованных кольцевых структур по генезису был проведен совместный анализ составленной диссертантом «Карты кольцевых структур Центрального Казахстана» м-ба 1:1 000 000 с другими картами:

- геологическими картами м-ба 1:500 000 Центрально-Казахстанской серии, Л.Ф. Думлер, И.В. Орлов, В.Ф. Беспалов, 1981 г. [132];

- «Схемой размещения интрузивных массивов Центрального Казахстана» м-ба 1:2 000 000, В.И. Серых (1985-1995 гг.) [133];

- «Космогеологической картой Казахстана» м-ба 1:1 000 000, Б.С. Зейлик, 2008 г. [134];

- «Схемой размещения позднепалеозойских магматогенных кольцевых структур Центрального Казахстана» м-ба 1:500 000, Э.Ю. Сейтмуратова, 2004 г. [114];

В результате этого анализа было проведено ранжирование отдешифрованных кольцевых структур по генезису, итоги которого отражены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты ранжирования кольцевых структур Центрального Казахстана по генетическим признакам [в квадратной скобке указано количество достоверных метеоритных структур]

| № п/п | Номенклатура листа | Магматогенные КС | Тектоногенные | Космогенные КС | КС неустановленной природы | Общее количество КС |
|-------|--------------------|------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------------|
| 1     | L-44-A             | 64               | 13            | 3 [1]          | 26                         | 106                 |
| 2     | L-43-B             | 63               | 21            | 4              | 20                         | 108                 |
| 3     | L-43-A             | 107              | 30            | 12 [1]         | 31                         | 180                 |
| 4     | L-42-B             | 44               | 16            | 1              | 24                         | 85                  |
| 5     | L-42-A             | 11               | 26            | [1]            | 30                         | 68                  |
| 6     | M-42-B             | 31               | 38            |                | 192                        | 261                 |
| 7     | M-42-Г             | 69               |               | 1              | 48                         | 118                 |
| 8     | M-43-B             | 156              |               | 2              | 43                         | 201                 |
| 9     | M-43-Г             | 171              |               | 8              | 23                         | 202                 |
| 10    | M-43-B             | 62               |               | 1              | 26                         | 89                  |
| 11    | M-43-A             | 71               |               |                | 56                         | 127                 |
| 12    | M-42-B             | 47               |               | 2 [1]          | 261                        | 310                 |
| 13    | M-42-A             | 50               |               |                | 184                        | 324                 |
| 14    | N-42-B             | 48               |               | 2 [1]          | 219                        | 269                 |
| 15    | N-42-Г             | 96               |               | 2              | 44                         | 143                 |
| 16    | N-43-B             | 44               |               | 1              | 53                         | 98                  |
|       | Всего              | 1206             |               | 39             | 1352                       | 2689                |

Как видно из таблицы большая часть – 1352 дешифрируемые кольцевые структуры относятся к группе неустановленного генезиса. Такие структуры в основном отмечались на плохо обнаженных территориях и на территориях с выходами осадочных и метаморфических отложений. Магматогенные КС дешифрируются на всех изучаемых листах, некоторые из них фрагментарно. Дешифрируются также КС, которые полностью

представлены магматическими образованиями и распространены, главным образом, в Широтном и Западном секторах Девонского, Северных частях каменноугольно-пермского Балхаш-Илийского и каменноугольного Тасты-Кусак-Котырасан-Алтынэмельского ВПП, а также в Северо-Западном секторе островодужной Бозшаколь-Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы. Также согласно «Каталога импактных структур Земли» А.В. Михеевой [65] на территории изучаемых листов фиксируются 39 импактных структур из которых 5 отнесены к группе достоверных КС (Шунак, Кумдыколь, Инталы, Ежебай, Бешпоки Южное), остальные 34 - к группе вероятных и предполагаемых.

При проведении ранжирования главным критерием являлся вещественный состав пород, слагающих ту или иную кольцевую структуру. При этом наиболее достоверно идентифицируются магматогенные КС, в строении которых участвуют вулканоплутонические ассоциации моно- и полициклического характера. Космогенные КС больших размеров (с диаметром больше 50-80 км) опознаются также достаточно уверенно за счет полигенного состава слагающих пород (осадочные, метаморфические, магматические), геологического строения, когда хорошо опознается «центральное поднятие», представленное породами фундамента, структуры, хорошо дешифрируемыми радиальными и кольцевыми разломами, реже достаточно четко выраженным цокольным валом или его фрагментами. Учитывая очень широкое распространение КС, которые невозможно изучить в рамках даже нескольких проектов, а тем более в рамках одной работы, становится понятным наибольшее количество их в графе – «Кольцевые структуры неустановленного генезиса». Также, учитывая доказанную рудоконтролирующую роль КС, необходимость изучения их является перспективным направлением геологических исследований. Тем более, что фонд возможного выявления рудоносных структур уже обозначен в таблице 2.2.

### 3 ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТИПОВЫХ ЭНДОГЕННЫХ И КОСМОГЕННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

#### 3.1 Особенности геологического строения эндогенных кольцевых структур и типовые эндогенные кольцевые структуры Центрального Казахстана

Согласно многочисленным исследованиям магматогенных структур областей широкого развития вулканоплутонических ассоциаций пород, к которым в Центральном Казахстане относятся: Девонский окраинно-континентальный вулканоплутонический пояс (ВПП), позднепалеозойские окраинно-континентальный и внутриконтинентальный ВПП, раннепалеозойские островодужные вулканические пояса. Большинство исследователей выделяют среди них две основные группы структур: 1 – отрицательные вулканоплутонические и вулканотектонические структуры простого и сложного строения (ВПС и ВТС); 2 – купольные вулканоплутонические и вулканотектонические структуры простого и сложного строения, многие из которых относятся к кольцевым структурам типа «конка». Структуры типа «конка» В.И. Влодавцу [20] – это пологие, частично ступенчатые вулканические депрессии (прогибо-сбросы), возникающие в результате оседания кровли над периферической магматической камерой при уменьшении в ней давления. Образуются они при проявлении эруптивной деятельности в прилегающем регионе [134]. Центральный Казахстан является регионом широчайшего проявления магматогенных структур. Здесь находятся прекрасные примеры центрально-кольцевых вулканотектонических, вулканоплутонических структур, показанных в таблице 3.1, изученных и описанных многими исследователями [3, 13, 23, 37, 40, 41, 88, 121 и др.].

Таблица 3.1 - Магматогенные КС Центрального Казахстана

| № п/п | Наименование КС        | Тип        | Размер, км | Возраст                        | Лист              | Автор, Источник                |
|-------|------------------------|------------|------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1     | 2                      | 3          | 4          | 5                              | 6                 | 7                              |
| 1     | Жантау                 | ВТС        | 5x5        | P <sub>2</sub> -P <sub>3</sub> | М-43-115-127      | Тацинина М.В.,<br>Донских В.В. |
| 2     | Архарлы                | ВТС        |            | C <sub>2</sub> -P <sub>3</sub> | М-43              |                                |
| 3     | Кызыладыр              | ВПС        | 20x20      | C <sub>1</sub> -P <sub>3</sub> | L-43-19           | Щербакова М.Н.,<br>1967        |
| 4     | Майтас                 | ВПС        | 17x16      | C <sub>2</sub> -P <sub>3</sub> | L-43-7            |                                |
| 5     | Бектау-Ата             | ВПС        | 37x30      | P <sub>2</sub> -T <sub>1</sub> | L-43-18           |                                |
| 6     | Котанэмель             | ВПС        | 30x25      | C <sub>1</sub> -P <sub>3</sub> | L-43-VI           |                                |
| 7     | Каргалинская           | кальдерная | 42x30      | C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> | М-43-137          | Шарпенюк Л., 1964              |
| 8     | Кызылрайская           | кальдерная | 35x28      | C <sub>1</sub> -T <sub>1</sub> | М-43-127          | Шарпенюк<br>Л.Н., 1964         |
| 9     | Бугулинская            | кальдерная | 35x50      | C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> | М-43-XXV-<br>XXVI | Курчавов А.М.,<br>1984         |
| 10    | Улькен-<br>Каракууская | кальдерная | 15x17      | C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> | М-43-103-115      | Малахов В.С., 1964             |

|    |                           |                                  |       |                                |              |                               |
|----|---------------------------|----------------------------------|-------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|
| 11 | Чубарайгырская            | ВТС                              |       |                                |              | Коптева В.В., 1974            |
| 12 | Тас-Кызыльская            | ВТС                              |       |                                |              | Трифонов В.Г., 1967           |
| 13 | Ушкаинская                | ВПС                              |       |                                |              | Коптева В.В., 1974            |
| 14 | Джангельдинская           | ВТС                              | 20x17 | C <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-29      | Сейтмуратова Э.Ю. и др., 2000 |
| 15 | Бесикжальская             | ВТС                              | 13x12 | C <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-41      | Сейтмуратова Э.Ю. и др., 2000 |
| 16 | Кокдомбакская             | ВПС                              | 28x17 | C <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-29-41   | Сейтмуратова Э.Ю. и др., 2000 |
| 17 | Архарлинская              | ВТС                              | -     | C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-11      | Зейлик Б.С., 1968             |
| 18 | Кызылтасская              | ВПС<br>длительного<br>развития   | 20x18 | C <sub>2</sub> -P <sub>3</sub> | M-43-138     | Зейлик Б.С., 1961             |
| 19 | вулкан<br>Михневича       | ВС                               | 7x7   | C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> | M-43-138     | Зейлик Б.С., 1961             |
| 20 | Жалпак-Адыр               | купольная                        | 28 км | O                              |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 21 | Зерендинская              | докембрийская<br>купольная       | 90 км |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 22 | Боровская                 | купольная                        | 17x23 | D <sub>1</sub>                 | N-42-XXIX    | Коптев-Дворников В.С., 1953   |
| 23 | Жаман-<br>Койтаская       | купольная                        |       |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 24 | Араульская                | кальдерная                       |       | S-D                            |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 25 | Восточный<br>Коньрат      | купольная                        | 15x13 | P <sub>1</sub>                 | L-43-31      |                               |
| 26 | Каркарала                 | купольная ПС                     |       |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 27 | Ортау                     | купольная ПС                     | 14x14 |                                | M-43-XXXI    | Авдеев А.В., 1965             |
| 28 | Сарытау                   | купольная ПС                     |       |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 29 | Шалтас                    | купольная ПС                     |       |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 30 | Кызылтау                  | купольная ПС                     |       |                                |              | Авдеев А.В., 1965             |
| 31 | Кент                      | купольная ПС                     | 19x20 | C <sub>3</sub>                 | M-43-XXVIII  | Коптева В.В., 1974            |
| 32 | Кувская                   | купольная ПС                     | 13x14 | P <sub>2</sub>                 | M-43-XXIII   | Коптева В.В., 1974            |
| 33 | Жаман-Карабас             | сложного<br>строени ВТС          | 20x17 | D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub> | M-43-121-122 | -                             |
| 34 | Жанет                     | сложного<br>строени ВТС          | 19x16 | C <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-17      | -                             |
| 35 | Найзакара I               | система<br>кольцевых<br>структур | 20x22 | C <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> | L-43-6       | -                             |
| 36 | Баян-Аул                  | купольная                        | 20x36 | Pz <sub>3</sub>                | M-43-X       | Монич В.К., 1957              |
| 37 | Темирши                   | купольная                        | 19x16 |                                |              |                               |
| 38 | Акбастау-<br>Кусмурунская | сложного<br>строени ВТС          | 35x40 | O <sub>3</sub>                 | M-44-XXXI    | Каипов А.Д., 1970             |

Э.Ю. Сейтмуратова в своей докторской диссертации [26], проанализировав наиболее широко используемые классификации магматогенных структур, приняла для проведения палеовулканологического анализа Жонгаро-Балхашской складчатой области (ЖБСО) морфогенетическую классификацию ВТС и ВПС Г.М. Фремда и В.И. Рыбалко [39], внося некоторые изменения (таблица 3.2).

**Таблица 3.2 – Морфогенетические типы магматогенно-тектонических структур (МТС) [26, 39, 129]**

| Отрицательные вулcano-тектонические структуры |                                 |                                      |                                      |   |  |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| I. Вулcano-тектонические депрессии            | Простые депрессии               | II. Кальдеры проседания              | Простые очаговые кальдеры проседания | Вершинные кальдеры                                  | III. Вулcano-тектонические структуры длительного развития (полигенные) |
|   | Сложные депрессии               |                                      |                                      | С центральным лавовым нечком                        |  |
|   |                                 |                                      | Рифтовые депрессии (грабены)         | С центральным нечком и кольцевой лавовой экструзией |  |
|   |                                 |                                      |                                      | Сложные очаговые кальдеры проседания                |  |
|   |                                 |                                      | С центральным поднятым блоком        |   |  |
| Положительные вулcano-тектонические структуры |                                 |                                      |                                      |   |  |
| I. Вулcano-купольные структуры                | Экструзивно-купольные структуры | С кольцевыми разломами и дайками     |                                      | II. Вулканические горсты                            |  |
|   |                                 | С прямолинейными разломами и дайками |                                      |   |  |
|   |                                 | С экструзивными куполами             |                                      |   |  |
|   | Интрузивно-купольные структуры  |                                      |                                      |   |  |
|   |                                 |                                      |                                      |   | Безинтрузивный горст   |
|   |                                 |                                      |                                      |   | Интрузивный горст  |

**I. Отрицательные вулcano-тектонические структуры (ВТС) [3, 14, 20, 21, 36-39, 126, 134, 137]**

1. *Вулcano-тектонические структуры I-го типа (вулcano-тектонические депрессии)*. Структуры этого типа возникают в результате погружения блоков складчатого фундамента, сопровождаемого мощными эффузиями и эксплозиями, первичной, а затем дифференцированной магмы. Выделяются следующие морфогенетические типы ВТ депрессий: простые, сложные и рифтовые депрессии.

Простые депрессии представляют собой выполненные вулcanoгенно-осадочными и вулcanoгенными образованиями грабенообразные впадины, для которых характерно отсутствие жерловых и околожерловых фаций вулканитов в центральных частях впадин.

Большинство впадин имеет в плане удлиненную форму, изредка встречаются структуры изометричной формы. Они со всех сторон ограничены системами прямолинейных разломов, при этом их борта, особенно продольные, обычно осложнены сериями параллельных сбросов и имеют ступенчатое строение. Размеры впадин, как правило, составляют первые десятки километров.

В поперечном разрезе депрессии имеют блюдцеобразную форму: сравнительно крутое, под углом 20-30°, центриклинальное залегание вулканитов у бортов депрессии сменяется почти горизонтальным залеганием на всей остальной площади. Образование депрессий этого типа представляется как простое заполнение ступенчатых грабенов продуктами деятельности трещинных вулканов. Амплитуда опускания простых депрессий достигает 700-1500 м.

*Сложные депрессии* заполняются продуктами извержения трещинных вулканов, возникающих вдоль бортов депрессии, а в

завершающие стадии и в центральной ее части. С завершающей стадией связано образование даек длиной до 10-15 км и шириной 50-100 м, куполов и штоков, часто вытянутых цепочками, а также неправильной формы массивами. В большинстве случаев интрузивные и экструзивные тела являются некками эродированных вулканов. Амплитуда опускания сложных депрессий достигает 2-2,5 км и более.

Таким образом, сложные депрессии по сравнению с простыми проходят еще один этап формирования: после грандиозных трещинных эксплозий новые порции магматического расплава выжимаются в зоны крупных разломов и в нижние горизонты вулканитов в виде экструзий и субвулканических интрузий.

*Рифтовые депрессии* – это узкие (5-10 км) грабены в десятки километров (до 100 км), приуроченные к зонам глубинных разломов. Для структур этого типа характерно большое количество очень протяженных продольных разломов, разбивающих днище впадины на серию узких и длинных блоков со значительной амплитудой относительного перемещения. Борты депрессии имеют ступенчатое строение. Общая мощность выполняющих рифтовые депрессии пород, среди которых много грубообломочных осадочных и вулканогенно-осадочных, достигает нескольких километров.

Прекрасным примером в Северном Прибалхашье подобных отрицательных ВТС 1-го типа является Жантау-Архарлы-Кызыладырский грабен протяженностью 120-130 км и шириной 25-35 км. Магмопроницаемость данной рифтогенной депрессии была длительной, так как в разрезах магматогенных структур, развивающихся в его пределах (вулканическая структура Жантау, магматогенная система кольцевых структур Кызылрай, кольцевые вулканоплутонические депрессии Майтас, Кызыладыр и т.д.), картируются породы как каменноугольных вулканических свит – каркаралинской ( $C_{1v2-s_1kr}$ ), калмакэмельской ( $C_{1-2} kl$ ), керегетасской ( $C_2 kq$ ), коскызыльской ( $C_{2-3} ks$ ), так и пермских – достарской ( $P_1^1 ds$ ), шангельбайской ( $P_1^2 \check{sn}$ ), майтасской (жантауской  $P_{1-2} mt$ ), жанской ( $P_2 \check{zn}$ ). Не менее четко выраженными рифтовыми магматогенными депрессиями являются Успенская и Восточно-Токрауская СФЗ с вулканотектоническими депрессиями, вулканокупольными структурами простого и сложного строения [26].

2. *Вулкано-тектонические структуры 2-го типа (кальдеры проседания)* – это наложенные структуры, возникающие в результате оседания кровли близповерхностных магматических очагов. Главными факторами, определяющими характер развития структур, их морфологию и особенности, являются энергия периферического магматического очага и вес вулканической постройки. Тектонические процессы при образовании кальдер проседания играют второстепенную (пассивную) роль. Характерными особенностями структур этого типа являются кольцевые и дугообразные разломы, ограничивающие впадину, и руины одного или нескольких

крупных вулканов в центральной части кальдеры. В целом ВТС 2-го типа можно представить как опущенную по кольцевым или дуговым разломам вулканическую постройку или её часть. Таким образом, кальдера проседания является структурой одного или группы сближенных вулканов, имеющих единый магматический очаг.

Кальдеры проседания образуют как самостоятельные структуры, так и участвуют, как составная часть в строении ВТС 1-го типа [26, 28, 39, 89, 135-137 и др.].

По морфогенетическим особенностям среди кальдер проседания можно выделить вершинные кальдеры, очаговые простые и сложные кальдеры, разделенные на ряд подтипов.

Кальдеры проседания любого типа обычно ограничены дугообразными, реже кольцевыми разломами, часто ступенчатыми, с крутым центриклинальным направлением падения плоскости сместителя. От дуговых расколов, ограничивающих впадину, во внешние стороны отходят оперяющие их разломы. Внутренняя часть кальдеры часто разбита разнонаправленными сбросами на ряд блоков разной величины. Внутренняя впадина имеет блюдцеобразную форму. Крутое центриклинальное залегание слоев вулканитов по периферии кальдеры быстро сменяется по направлению к центру горизонтальным. В центре часто сохраняется первичное периклиналиное залегание пород, характерное для вулканического конуса. Для всех кальдер характерно более или менее ясно выраженное грубо концентрическое расположение вулканитов.

В центральных частях структур наблюдаются простые или полигенные некки, сложенные лавами или же интрузивными породами. Экструзивы или интрузивы, аналогичные с центральным некком, обычно имеются также по периферии кальдер в зоне ограничивающих их разломов, в виде сплошных кольцевых экструзий и интрузий, либо же цепочек отдельных массивов. Исходя из количества, характера и расположения интрузий и экструзий представляется возможным выделить следующие подтипы простых очаговых кальдер: а) кальдеры с центральным лавовым некком б) кальдеры с центральным лавовым некком и кольцевой лавовой экструзией; в) кальдеры с центральным интрузивным некком и кольцевой интрузией.

Вулканиты, заполняющие кальдеры, тесно связаны с комагматичными интрузиями. Эти интрузии обычно располагаются за ограничивающими кальдеру разломами, а в некоторых случаях захватывают краевые части кальдеры. Амплитуда проседания простых очаговых кальдер достигает 800 м.

*Сложные очаговые кальдеры* характерны для наиболее крупных вулканических построек. От простых кальдер они отличаются некоторыми элементами усложнения, в зависимости от характера которых выделяется два подтипа сложных структур: кальдеры с опущенным центральным блоком и кальдеры с поднятым центральным блоком.

*Кальдеры с опущенным центральным блоком* построены по типу Сомма-Везувий и состоят из двух вложенных друг друга впадин. Внешние кальдеры с диаметром, достигающим 40-50 км, по своей морфологии аналогичны простым очаговым кальдерам. Внутренние кальдеры обычно небольшого диаметра (до 5 км) по своему характеру ближе всего к вершинным кальдерам. В пределах внутренней кальдеры или в зоне ограничивающих ее разломов часто встречаются небольшие интрузии и экструзии. В некоторых случаях вулканиты над интрузиями бывают куполообразно изогнуты. В этом проявляется связь данных структур со сложными кальдерами второго подтипа (Карабасанская, Чубарайгырская структуры и др.) [126, 129, 136 и др.].

В кальдерах с приподнятым центральным блоком воздымание центрального блока бывает настолько значительным, что в его пределах обнажаются не только нижние горизонты вулканитов, но и складчатый фундамент кальдеры. Центральные части вулканической постройки оказываются при этом сильно разрушенными и центр извержения устанавливается лишь по наличию глубоко эродированного некка (или нескольких некков) и концентрическому расположению вулканических фаций. Кроме того, в центральном блоке всегда отмечаются гранитные интрузии, которые и явились, по-видимому, причиной его поднятия (структуры Бектау-Ата, Котанэмель и др.) [27, 34, 79, 126, 137 и др.]

3. *Вулкано-тектонические структуры 3-го типа (полигенные ВТС длительного развития)* – это чрезвычайно сложные структурные комплексы, возникающие при наложении вулкано-тектонических структур 2-го типа на вулкано-тектонические структуры 1-го типа. Вначале, при погружении блоков фундамента, образуются сложные вулкано-тектонические депрессии, выполненные мощными толщами вулканитов. Затем в пределах депрессий в связи с опусканием кровли близповерхностных очагов в процессе эксплозивной деятельности вулканов возникают кальдеры проседания и кольцевые интрузивные комплексы. Формирование их протекает в несколько этапов (Байназарская, Каргалинская, Кызылрайская и др. системы кольцевых структур) [125, 126, 129 и др.].

## **II. Положительные вулкано-тектонические структуры [23, 105, 106]**

1. *Вулкано-купольные структуры.* Формирование этих структур происходит под давлением внедряющихся экструзий и интрузий. В этом отношении они сходны с куполообразными структурами острова Искья и вулкана Монте-Амиата в Италии. Вулкано-купольные структуры – это куполообразные вздутия складчатого фундамента, к которым приурочены штокообразные массивы лавовых субинтрузивных или интрузивных пород. Эти интрузивы могут быть некками глубоко эродированных вулканов или штоками, отходящими от непрорвавшейся к поверхности магматической камеры.

Выделяется два типа вулкано-купольных структур – экструзивно-купольные и интрузивно-купольные. Экструзивно-купольные ВТС

характеризуются наличием в центре куполообразного вздутия штока экструзивных или субинтрузивных пород. Формирование купола в некоторых случаях сопровождается образованием системы концентрических – кольцевых и дугообразных разломов. Большинство разломов залечено дайками. В других случаях кольцевые разломы и дайки не образуются, зато широко проявлены взаимно перпендикулярные прямолинейные трещины с внедрившимися вдоль них дайками. Амплитуда воздымания экструзивно-купольных структур порядка 300 - 500 м.

*Интрузивно-купольные* [34, 40, 41, 126, 137 и др.] структуры представляют собой куполовидные структуры с системой кольцевых и радиальных разломов и крупным интрузивным телом в центре. Сюда относятся известные структуры Кызылтас, Котанэмель и другие. Размеры интрузивно-купольных структур достигают 25 и более километров в поперечнике при относительной высоте до 1200-1500 м. Склоны купола разбиты системой радиальных и концентрических кольцевых разломов и в общем имеют грубоконцентрическое ступенчато-глыбовое строение. Мелкие интрузивные тела того же состава, что и центральный интрузив, бывают приурочены к кольцевым разломам. Иногда эти мелкие тела образуют цепочки или сливаются в единую кольцевую интрузию. Склоны купола сложены вулканогенными периклинально залегающими толщами. Благодаря такому залеганию вулканитов и их большей по сравнению с интрузией прочностью возникают своеобразные кальдерообразные формы: глубокие (до 400 м) цирки с пологим днищем, сложенным гранитами, крутыми внутренними и пологими внешними склонами, сложенными вулканогенными породами. Небольшие поля вулканитов того же состава часто встречаются по периферии купола с внешней стороны кольцевых разломов. В слабо эродированных структурах вулканитами сложена значительная часть купола.

2. *Вулкано-тектонические горсты* являются блоками складчатого фундамента, расположенными рядом с отрицательными ВТС или же между ними. В силу своего расположения они испытали относительное или компенсационное поднятие. По характеру строения выделяются два типа горстов – безинтрузивный и интрузивный.

*Безинтрузивные горсты* – это приподнятые блоки, сложенные почти исключительно интенсивно смятыми породами фундамента. Форма и размеры горстов самые разнообразные. Обычно они со всех сторон ограничены разломами, иногда дугообразными. В некоторых случаях по периферии горстов сохраняются остатки некогда покрывавших их вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород.

Примерами структур этого типа могут быть Биркси-Коскызыл-Кокдомбакский, Кенелийский и многие другие горсты.

*Интрузивные горсты* в отличие от предыдущих сложены на 70-80% гранитоидными интрузиями, прорывающими отложения складчатого фундамента. К этому типу относятся Бешокинский, Кувско-Бохтинский и некоторые другие.

Во всех выделенных типах структур, как это видно из их краткой характеристики, устанавливается тесная генетическая связь интрузий и вулканогенных образований. Они представляют собой различные формы развития общего процесса, в котором ведущую роль играют, с одной стороны, блоковые движения складчатого фундамента и, с другой стороны, - магматические процессы, в значительной степени зависящие от глубины залегания магматических очагов и состава магмы. Намечаются вполне определенные ряды морфогенетических типов вулканотектонических структур, в которых каждый последующий морфогенетический тип проходит стадию предыдущего типа, например, простая депрессия – сложная депрессия – полигенная депрессия. Таким образом, взаимосвязь и последовательность развития ВТС различных морфогенетических типов может быть многоэтапной и очень сложной, что приводит к образованию сложных систем магматогенных структур типа Каргайлинской, Кызылрайской, Карасуранской, Кызылсуранской, Байназарской и других.

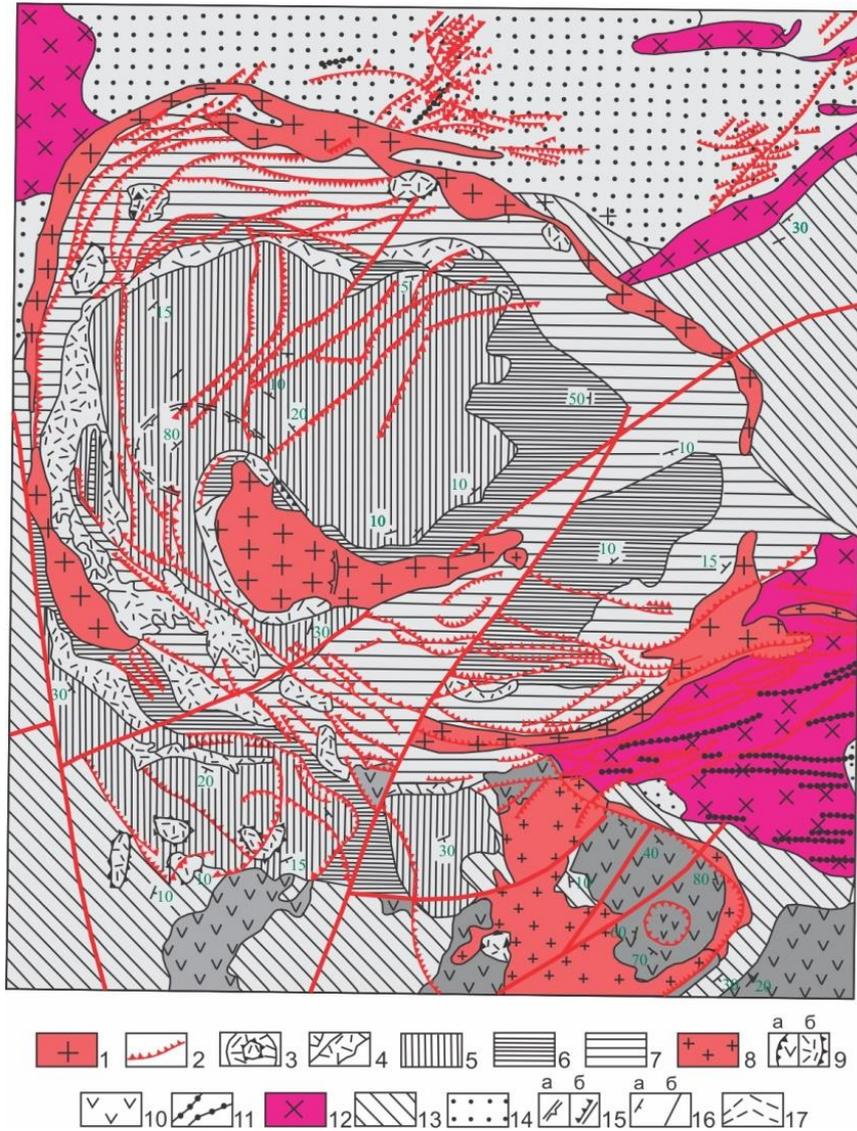
Из каталога, по упомянутой выше информации, четко видно, что ведущими морфогенетическими типами магматогенно-тектонических структур ЖБСО являются отрицательные ВТС кальдерного типа простого и сложного строения. В меньшем количестве проявлены кольцевые кальдеры проседания сложного строения с центральными и кольцевыми интрузиями, названными нами вулканоплутоническими структурами (ВПС). Также достаточно широко проявлены рифтовые депрессии или вулканические грабены [126, 129].

**Вулканотектоническая структура длительного развития Улькен-Каракуу** (рис. 3.1) [34, 41 и др.] расположена в 45 км к югу от г. Каркаралинска. В современном рельефе она представляет собой крупный, более 18 км в диаметре, горный массив, состоящий из системы концентрически расположенных куэстовых гряд. По форме куэстовых гряд в этом массиве четко выделяются две зоны: внешняя, где куэсты узкие, с пологими склонами, направленными к центру массива, и центральная – с широкими куэстами, пологие склоны которых обращены к периферии массива. В центре горного массива куэсты резко обрываются, сменяясь крупной куполовидной возвышенностью. Эти морфологические особенности массива являются отражением характерных черт структуры вулкана.

Улькен-Каракууская кольцевая вулканотектоническая структура сложена вулканогенными образованиями архарлинской свиты верхнего карбона-нижней перми (см. рис. 3.1). В основании разреза залегает довольно мощная и фациально пестрая слоистая толща туфов и туфолов дацитового и риолитового составов с пластами и линзами туффитов и туфогенных песчаников.

Эта толща развита в краевой части гор Улькен-Каракуу (внешняя зона куэст) и частично вскрывается в центре из-под покровов верхней лавовой толщи в экзоконтакте гранитного плутона и на юге за пределами кольцевой структуры. В толще развиты преимущественно разнообломочные, (до

пелитовых) туфы дацитового и риолитового состава, слагающие мощные пласты (до 30—40 м) и пачки (до 150—200 м).



1-2-пермский интрузивный комплекс: 1 - аляскитовые граниты центрального плутона и порфировидные граниты, гранит-порфиры кольцевой интрузии, 2- дайки гранит-порфиров и риолит-порфиров; 3-7- архарлинский вулканогенный комплекс позднекаменноугольного-раннепермского возраста (вулкан Улькен-Каракуу): 3- побочные неки с короткими покровами риолитов и трахириолитов (куполовидные вулканы), 4 - неки (а) трахириолитов, силлы и центральные субвулканические тела риолитовых и трахириолитовых порфиров (б), 5 - туфолавы и агломератовые туфы плагиориолитов и трахириолитов (верхняя толща архарлинской свиты), 6 - туфы и флюидальные лавы риолитового состава с прослоями туффитов (средняя толща), 7 - туфы и лавы дацитового состава (внизу туффиты и туфогенные песчаники, сверху нижняя толща); 8 - верхне-каменноугольные граниты; 9-10 - калмакэмьельский вулканогенный комплекс среднего карбона (вулкан Аиртас): 9 - жерловое тело крупнопорфировых андезитов (а), экструзивные купола кислого состава (б), 10- покровы андезитов, реже туфы и туфолавы кислого состава в верхней части (калмакэмьельская свита); 11-14 - породы фундамента вулканов: 11 - дайки гранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, диорит-порфиров, 12 - плагиограниты, гранодиориты и кварцевые диориты (балхашский интрузивный комплекс предсреднекаменноугольного возраста), 13 - риолиты, дациты и их туфы сверху, андезиты, их туфы, туффиты, туфогенные песчаники и конгломераты внизу (каркаралинская свита визейского и намюрского ярусов нижнего карбона), 14 - песчаники и сланцы турнейского яруса нижнего карбона; 15 - границы; а - предполагаемая центральная жерла вулкана Улькен-Каракуу, б - вершинной и периферических кальдер; 16 - элементы залегания покровов (а), разрывные нарушения (б); П - положение покровов постройки до эрозионного среза.

Рисунок 3.1 – Геологическая карта вулканов Улькен-Каракуу и Аиртас, Центральный Казахстан [41]

По литологическому составу и петрофизическим особенностям пород, а также по преобладанию и характерному сочетанию последних в отдельных частях разреза слоистую туфовую толщу можно разделить на три крупные пачки: нижнюю (мощностью до 500 м), состоящую из серых и темно-серых грубообломочных туфов и лав дацитового состава, среднюю (мощностью до 200 м), преимущественно туффитовую, и верхнюю (мощностью в 200-300 м), сложенную белесыми туфами и туфолавами риолитов. Общая мощность слоистой туфовой толщи 900-1000 м.

Углы падения пород туфовой толщи изменяются от 15 до 35°. Крутые наклоны слоев наблюдаются на периферии структуры, у контакта с кольцевой интрузией, где они образуют центриклиналь, и в центре структуры, в контакте с центральным гранитным плутоном, где отмечается периклиналь. Пологое залегание к центру структуры туфы приобретают вблизи верхней толщи туфолав и от центра - на юге массива, за пределами кольцевой структуры.

Таким образом, по слоистой туфовой толще устанавливаются две периклинали (центральная и внешняя) и между ними одна центриклиналь, ограниченная кольцевым разломом (см. рис. 3.1).

На нижней туфовой толще залегают туфолавы и лавы риолитов и трахириолитов верхней толщи, слагающие центральную часть вулканического массива и южное его окончание за пределами кольцевой интрузии (гора Карашоқы). Данные породы внешне очень однообразны, имеют всюду игнимбритоподобный облик и образуют очень протяженные и довольно мощные полого залегающие покровы, протягивающиеся в общем параллельно кольцевой интрузии и пластам туфов нижней слоистой толщи. Намечаются общая тенденция выполаживания углов падения покровов по направлению к центру структуры и смена центриклинального их залегания периклинальным в ядерной части. При этом редко происходит плавное изгибание покровов, чаще они ломаются в местах перегиба, и вследствие этого складки имеют форму треугольников.

В нескольких километрах от центрального плутона в риолитовых лавах появляются мелкие обломки стекла и пород фундамента постройки. Их количество постепенно увеличивается к центру структуры, и вблизи гранитного интрузива обломков настолько много, что породы приобретают облик, характерный для прижерловых агломератовых лавобрекчий и туфобрекчий. Размеры обломков колеблются от 1,5 до 10-15 см. Лавовые брекчии особенно широко развиты в северо-западном экзоконтакте гранитного плутона.

Наличие периклинально залегающих туфолав верхней толщи вокруг гранитного плутона, прижерловый ее характер вблизи гранитов, появление силлов риолитовых порфиров, опоясывающих тело гранитов, радиальные дайки, расходящиеся от гранитов - все это указывает на существование на месте плутона крупного вулканического центра, с которым связано формирование вулканической постройки Улькен-Каракуу.

Центриклинальное залегание покровов вызвано кальдерным проседанием свода вулкана по кольцевому разлому.

В результате опускания постройки возникла крупная кальдера диаметром до 18 км. Граница кальдеры отбивается кольцевым разломом, вдоль которого прослеживается кольцевая интрузия порфировидных гранитов и гранит-порфиров. Кроме того, край кальдеры хорошо распознается по повторению разреза вулканогенной толщи в опущенной и приподнятой (за кольцевым разломом) частях постройки. Наиболее полный разрез приподнятого блока постройки сохранился с южной стороны кольцевой структуры.

В вершинной зоне вулканического сооружения по резкому обрыву куэстовых гряд, дугообразно изгибающихся вдоль массива аляскитовых гранитов, прослеживается кальдера меньших размеров, которая, вероятно, образовалась взрывным путем, на что указывает большое количество грубой пирокластики в туфолавах риолитов верхней толщи. Другими признаками кальдеры являются брекчирование туфолав и резкие срывы силлов риолитовых порфиров вдоль крутых уступов куэстовых гряд. Размеры вершинной кальдеры 3х4 км.

Большое распространение в пределах вулcano-тектонической структуры Улькен-Каракуу получили силлы, приуроченные в основном к полостям отслоения на границе нижней и верхней толщ. Они представляют собой дугообразные в плане субвулканические залежи, которые, кулисообразно сменяя друг друга, концентрически опоясывают всю внешнюю часть структуры и при этом всюду погружаются к центру структуры. Залегая согласно с вмещающими покровами, силлы вместе с ними испытали обращение первоначально периклинального залегания в процессе проседания постройки. Только вдоль центрального плутона и с внешней стороны кольцевой интрузии силлы находятся в первичном залегании.

Наличие концентрической зоны силлов, как известно, указывает на процесс куполообразования в период роста вулканической постройки и на прогрессивно-пульсирующий характер вулканизма, при котором наряду с излиянием лавы на поверхность, происходили отслоение нижних частей постройки и заполнение образующихся полостей расплавом. Продолжительные извержения привели к значительному опорожнению магматической камеры и ослаблению давления магмы на сводовую часть постройки. Это, естественно, привело к проседанию постройки с образованием центриклинали и серии краевых кольцевых расколов, по которым поднималась оставшаяся в камере магма, образуя кольцевые дайки. Конфигурация возникшей системы кольцевых трещин и даек в плане является в значительной мере отражением формы расположенной ниже магматической камеры.

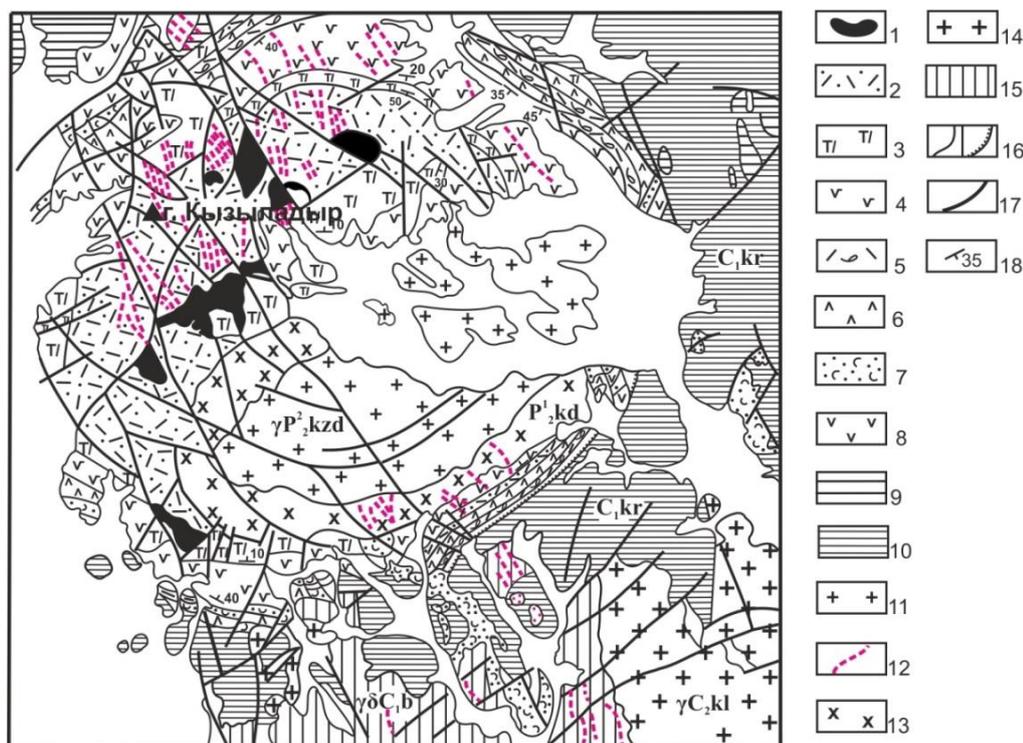
В посткальдерный период в зоне кольцевых разломов образовался ряд побочных вулканов, поставивших небольшие объемы кислого материала.

Реликты этих вулканов наблюдаются в виде некков, окружающих их мелких силлов и даек, реже коротких лавовых потоков и туфовых накоплений. В пределах Улькен-Каракууской кальдеры выявлено около 10 некков, сложенных риолитами и трахириолитами, близкими по составу породам покровов верхней толщи. Все они имеют в плане изометричную или несколько вытянутую, в соответствии с кольцевой трещинной структурой, форму. Размеры жерловых тел варьируют от 0,2 до 1,5 км в поперечнике. Они располагаются преимущественно в нижней слоистой толще туфов, вокруг них наблюдаются куполовидные вздутия вмещающих пород. У двух некков сохранились короткие потоки трахириолитовых (некк к северу от горы Аюшат) и риолитовых (некк к югу от гранитного плутона) лав. Данные тела отражают заключительный этап вулканизма в формировании полигенной вулканической постройки.

Раскрытие и заполнение магмой трещин в посткальдерную стадию деятельности вулкана происходило неоднократно, в результате чего возникла сложная система кулисообразно сменяющихся и взаимно переплетающихся кольцевых и радиальных даек риолитовых порфиров и кольцевых интрузий граносиенит-порфиров, гранит-порфиров и порфировидных гранитов. Кольцевые интрузии и дайки круто погружаются к центру структуры под углами 70-80°, при этом более крутые углы наклона наблюдаются у внутренних кольцевых тел. Место периферической магматической камеры вулкана занял центральный плутон аляскитовых гранитов.

**Кызыладырская кольцевая структура** (рис. 3.2) [42, 126, 129] расположена на листе L-43-19-A, в 120 км на север-северо-восток от г. Балхаша. Первыми исследователями (С.Е. Колотухиной, М.И. Александровой, О.М. Гаек) она рассматривалась как правильная брахисинклинальная складка. В 1964 г. в процессе геолого-съёмочных работ масштаба 1:50 000, проводившихся в пределах Кызыладырской структуры М. Н. Щербаковой, был установлен ряд особенностей в геологическом строении структуры, что позволило описать её в дальнейшем в качестве кольцевой [42], но при этом была допущена ошибка в оценке ее размеров, в связи с тем, что в ее площадь не были включены каркаралинская ( $C_1kr$ ), калмакэмельская ( $C_{1-2}kl$ ) и керегетассая ( $C_2kg$ ) свиты, составляющие её основание, которое сильно «разбито» радиальными разломами, поэтому не совсем чётко вписывается в периферические кольцевые разрывы.

Характеристика Кызыладырской структуры даётся по материалам М. Н. Щербаковой с учётом материалов Э.Ю. Сейтмуратовой [42, 126, 129], по которым доказывается участие в строении Кызыладырской структуры всех фациальных разновидностей восьми вулканогенных комплексов позднего палеозоя и нескольких интрузивных – топарского ( $C^1_2tp$ ), кадырского ( $P^1_2kd$ ), кызыладырского ( $P^2_2kzd$ ). В связи с этими данными для структуры допускается длительное развитие от нижнего карбона (ранний серпухов) до поздней перми.

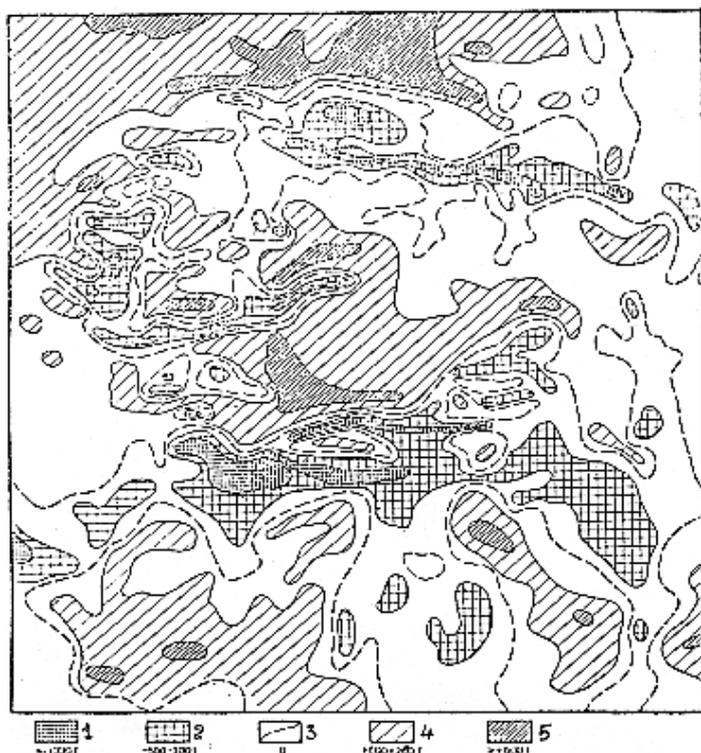


1-3 - жанская свита: 1 -жерловая и субвулканическая фации жанской свиты, 2 - туфы и игнимбриты риолитового состава, 3 - игниспумиты и лавы трахириолитового состава; 4 - майтасская свита; 5 - шангельбайская свита; 6 - достарская свита; 7 - нерасчлененная керегетасская и коскызыльская свиты; 8 - калмакэмельская свита; 9-10 - каркаралинская свита; 9 - субвулканические интрузии и жерловины (риолитовые, трахириолитовые порфириды), 10 - эффузивные фации; 11 - калиевые граниты кызыладырского комплекса; 12 - разновозрастные дайки; 13 - монцониты, монцогаббро, монцогранодиориты кадырского комплекса; 14 - биотит-роговообманковые граниты калдырминского комплекса; 15 – диориты, гранодиориты, плагиограниты балхашского комплекса, 16 – геологические границы: а – нормальных взаимоотношений, б – контакты налегания; 17 – разломы; 18 – элементы залегания

Рисунок 3.2 – Схематическая геологическая карта Кызыладырской кольцевой структуры [42, 126]

Предположение о том, что Кызыладырская структура представляет собой реликт крупного вулкана центрального типа, с развившейся на его месте вулcano-тектонической депрессией, возникло по целому ряду признаков. Первым из них является морфологический. На фоне достаточно выравненного мелкосопочника (характерной формы рельефа рассматриваемого района) «внешнее эффузивное кольцо» внутренней части Кызыладырской структуры хорошо выражено в рельефе в виде останцовой конусообразной возвышенности. Идеально круглая форма её отчётливо читается на аэрофотоснимках различного масштаба и хорошо выражается на топокартах. В целом, слагающие структуру вулканогенные образования вписываются во внешние дугообразные разломы, особенно чётко проявленные в северной части, так как в южной части структуры внешняя дуга вулканитов срезана субширотным Исабайским глубинным разломом

(см. рис. 3.2). Достаточно выразительно она интерпретируется и на схеме изодинам  $\Delta T$ , составленной Ю.В. Юнаковской (рис. 3.3).



Значения  $\Delta T$ : 1 – менее минус 1000 $\gamma$ ; 2 – минус 500-200 $\gamma$ ; 3 – 0; 4 – +200-500; 5 – более +500  $\gamma$

Рисунок 3.3 - Схема изодинам  $\Delta T$ . Составлена Ю.В. Юнаковской [42]

О том, что структура действительно кольцевая весьма убедительно говорят все геологические признаки. Как видно из геологической карты (см. рис. 3.2), вулканогенные породы, слагающие Кызыладырскую ВПС, характеризуются мульдообразным залеганием, т. е. центриклинальным падением пород. Так породы, слагающие северный борт, наклонены под углом 30-40°, редко 20-25°. В южном борту в среднем углы падения измеряются в 35-45°, достигая в отдельных случаях 55°. К центру ВПС отмечается значительно более пологое залегание пород (10-15°), как в северном борту, так и в южном. Кольцевая форма структуры подчёркивается, прежде всего, расположением вулканогенных образований внешнего обрамления в виде правильных концентрических слоёв. «Центральное эффузивное кольцо», сложенное переслаивающимися, круто залегающими лавами и туфами, выделяется достаточно резко на фоне крупных по площади, практически горизонтально лежащих покровов с крайне выдержанным составом эффузивов её центральной части.

Диаметр структуры, оконтуриваемой кольцевыми разломами, составляет 20-22 км. Хорошо выражены в Кызыладырской ВПС также характерные для кольцевых структур радиальные разломы, осложняя строение сохранившейся части стратовулкана. В посткальдерную стадию её развития кольцевые и радиальные разломы, по-видимому, контролировали размещение в пространстве жерловых тел (см. рис. 3.2).

В общем, разрез вулканитов, слагающих Кызыладырскую структуру, характеризуется закономерной сменой следующих вулканогенных комплексов. Мощная толща вулканогенно-осадочных пород (каркаралинская свита,  $C_1V_2-S_1$ ), вулканиты которой типизируются с последовательно-дифференцированной андезит-андезидацит-дацит-риолитовой формацией с частыми прослоями туфогенно-осадочных пород – туффитами, туфопесчаниками, туфогравелитами, туфоалевролитами. Свита прекрасно обнажена и прослеживается по северо-западному, северному, и северо-восточным бортам структуры (горы Кара-Кенели). Толща прорвана множеством некков и экструзий собственно каркаралинской и вышележащих свит, в связи с чем, породы каркаралы интенсивно переработаны. Выше после незначительного размыва картируются андезитоиды преимущественно зелёно-серого цвета калмакэмельской свиты ( $C_1S_2-C_2b_1kl$ ), которые, в свою очередь, перекрываются светлоокрашенными вулканогенно-осадочными породами керегетасской свиты ( $C_2b_2-m_1kg$ ), представляющей собою частое чередование туфопесчаников, туффитов, с прослоями пепловых и литокристаллокластических туфов дацитового и риодацитового состава. Породы в целом плохо обнажены, поэтому в разрезах предшественников часто отсутствуют, несмотря на то, что на отдельных участках мощности их достигают 550-600 м. Выше в нормальных скальных обнажениях картируется перекрывающая риолитовая вулканогенная свита - коскызыльская ( $C_2m_2-gks$ ), наиболее примечательными породами которой являются светло-серые, голубовато- сиреневато-серые преимущественно пепловые и спекшиеся кристаллотуфы с “глазками” кварца и розово-, лилово- и малиново-бежево-серые короткофьяммовые игнимбриты. Последние перекрываются маломощной толщей фиолетово-, рыжеватобурых андезидацитов и их автомагматическими брекчиями достарской свиты ( $P^1_{1ar-kn,ds}$ ). Характерным для них является частое присутствие среди кристаллокластов биотита. Далее разрез “эффузивного кольца” наращивается вулканитами внутренней части структуры, которая строго по кольцевому разлому оконтурена серией трещинных субвулканических интрузий игнимбритов риолитового состава шангельбайской свиты ( $P^2_{1sn}$ ). Игнимбриты почти субсогласные с покровами игниспумитов и туфов шангельбайской свиты всё же местами обнаруживают с ними рвущие контакты. Тонкослоистая толща шангельбайских светлоокрашенных вулканитов с небольшим размывом перекрывается зелёно-, серо-буро-чёрными, реже бордово-фиолетово-чёрными афировыми и миндалекаменными трахиандезибазальтами, трахиандезитами, трахибазальтами и андезибазальтами майтасской свиты ( $P_{1-2}mt$ ). На весь описанный разрез ложится практически горизонтально несколько покровов агломератовых туфов и игниспумитов трахириолитового и трахитового состава жанской свиты ( $P_2zn$ ). К кольцевым и радиальным трещинам и к центру структуры приурочены жерловины и некки различных размеров, выполненные крупнообломочными, до глыбовых, лавовыми и

вулканическими брекчиями (жерловина могилы Дамеле, гор Кызыладыр и другие) [126].

Все перечисленные вулканогенные породы прорываются в центральной части структуры кольцевой интрузией монцогаббро-диорит-монцогранодиоритовой формации, которая, в свою очередь, рвётся центральным плутоном граносиенит-лейкогранитовой формации (см. рис. 3.2).

Среди пород эффузивной фации резко преобладают игнимбриты, игниспумиты и лавы кислого состава, что свидетельствует о близости вулканического кратера [14, 28 и др.]. В пользу вулкана центрального типа свидетельствуют также широко развитые, преимущественно в центральной части ВПС, субвулканические и жерловые образования и большая, чем в сопредельных районах, мощность эффузивов, достигающая 3000-4700 м, не менее 1/3 которой составляют разновозрастные игнимбриты. Последние, по мнению Г.С. Горшкова [139], являются продуктами деятельности вулканов центрального типа. Учитывая неоднократное появление игнимбритов в разрезе структуры, можно предполагать и несколько стадий образования кальдеры обрушения. Предположение именно такого хода эволюции вулкана Кызыладыр согласуется с тем, что многие исследователи, как бывшей советской школы, так и дальнего зарубежья [3, 19, 24, 30, 32, 34, 35, 43, 137 и др.], рассматривают эксплозивное извержение игнимбритов, как причину кальдерообразующих обрушений. В то же время, крайне пологое залегание игнимбритов центра (порядка 3-10°) отчасти свидетельствует о том, что извержение игнимбритов, являющееся причиной образования кальдеры, происходило наряду с заполнением ее самыми последними игнимбритами и игниспумитами. Диаметр образовавшейся кальдеры достигает 15-18 км, что хорошо согласуется с размерами современных кальдер, например, на Камчатке [14, 16, 17, 19, 20 и др.]. Кальдерное обрушение, как правило, осуществляется по системе сложных трещин. По-видимому, к этой категории следует отнести разломы, вырисовывающиеся на схеме изодинам  $\Delta T$  в виде зон интенсивных отрицательных аномалий. Вероятно, именно эти зоны впоследствии, в посткальдерную стадию, являлись магмоподводящими каналами последующих эффузий и интрузий. Центральное положение интрузивных пород в структуре вполне согласуется с рассматриваемым вариантом её эволюции. И ещё одним важным признаком, позволяющим рассматривать Кызыладырскую структуру в качестве реликта вулкана, является её тектоническое положение. Она располагается на простирании крупной, по-видимому, длительно проявлявшей себя зоны разломов северо-западного простирания, которая в заключительные стадии развития структуры (в перми) была использована дайками. Общая ширина пояса даек достигает 7,5 км и он прослеживается в направлении с северо-запада на юго-восток. Подобные пояса даек характерны и для других участков Жантауской СФЗ, к которой приурочена описываемая структура. Параллельно поясу даек прослеживается зона крупных разрывных нарушений, ограничивающая в

современном эрозионном срезе Кызыладырскую структуру с запада. Последним на схеме магнитного поля соответствует вытянутая в северо-западном направлении положительная магнитная аномалия, с запада и с востока ограниченная полями отрицательных значений  $\Delta T$  (см. рис. 3.3).

Приведенное описание Кызыладырской структуры позволяет классифицировать её в качестве отрицательной ВПС 3-го типа – полигенной сложной ВПС длительного развития.

### **3.2 Особенности геологического строения типовых космогенных кольцевых структур Центрального Казахстана**

В ряду кольцевых образований Земли особое место занимают структуры, возникшие в результате падения крупных небесных тел: метеоритов, астероидов и комет.

В бывшем СССР изучением импактных структур занимались многие исследователи, среди которых в первую очередь следует назвать: Л.В. Фирсова, В.В. Федынского, В.Л. Масайтиса, А.А. Вальтера, А.И. Дабижу, Б.С. Зейлика, И.А. Нечаеву, В.И. Фельдмана, Л.П. Хрянину. В зарубежной литературе методы выявления метеоритных кратеров и их характерные признаки описаны в работах Short N. (1970), Stoffler D (1971), Val'ter A. (1988), Reimold (2005) и др. Изучение результатов метеоритной бомбардировки имеет существенное значение при исследовании планет земной группы. Кольцевые структуры ударного происхождения отчетливо видны и теперь достаточно подробно изучены [1, 4, 7, 8, 11, 18, 46, 53-58, 61-64, 66, 67, 69-71, 77, 83, 84, 105, 113, 131 и др.].

Наиболее яркими примерами космогенных кольцевых структур в Центральном Казахстане являются метеоритные кратеры Шунак, Акшоки и астроблема –Арганаты.

**Метеоритный кратер Шунак** (рис. 3.4) [69, 131]. Кратер Шунак расположен в 250 км к запад-северо-западу от г. Балхаша. Он хорошо виден на аэро- и космических снимках. Импактная природа кратера была установлена Б.С. Зейликом, Л.П. Хряниной, А.И. Дабижей в 1977 г. после обнаружения в нем ударно-метаморфизованных пород. По своему внешнему виду эта огромная впадина размером около 2,5 км, окруженная кольцевым валом высотой более 100 м, весьма напоминает лунный или марсианский кратер. Долгое время (а некоторыми геологами и поныне) кратеру Шунак приписывалось и приписывается вулканическое происхождение.

В 1977 г. в результате комплексных геолого-геофизических исследований, которые проводились совместно сотрудниками Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (руководитель Л.Б. Грановский), Балхашской геолого-географической экспедиции (руководитель Б.С. Зейлик) и Комитета по метеоритам (руководитель А.И. Дабижа), выявлен ряд факторов, свидетельствующих в пользу метеоритного происхождения этой кольцевой структуры. Кратер наложен на среднедевонские и верхнедевонские кислые вулканогенные породы.

Структура представляет собой круглую впадину с диаметром по валу 3 км и внутренним 2 км. Превышение цокольного вала над дном впадины составляет 400 м. Как показало бурение, мощность образовавшихся в центральной части кратера озерных отложений составляет 190 м. По результатам электроразведки удалось проследить характер залегания аллогенной (перемещенной) брекчии, заполнившей кратер во время взрыва. Отметим, что для кратеров вулканического происхождения характерны вертикальные границы между нарушенными и ненарушенными породами - брекчия заполняет вертикальное жерло вулкана; в Шунаке же обнаружено выклинивание брекчии по краям структуры, что обычно для взрыва. Магнитная съемка показала понижение напряженности магнитного поля в пределах структуры, характерное для большинства метеоритных кратеров и связанное с размагничиванием горных пород при ударе. В гравитационном поле выделяется круговая отрицательная аномалия с амплитудой более 3 мГл, типичная для многих кратеров. По гравитационной аномалии вычислена масса выброшенного при взрыве материала земной коры - она составляет более 300 млн т. Возраст структуры, по предварительным данным, оценивается примерно в 12 млн лет.

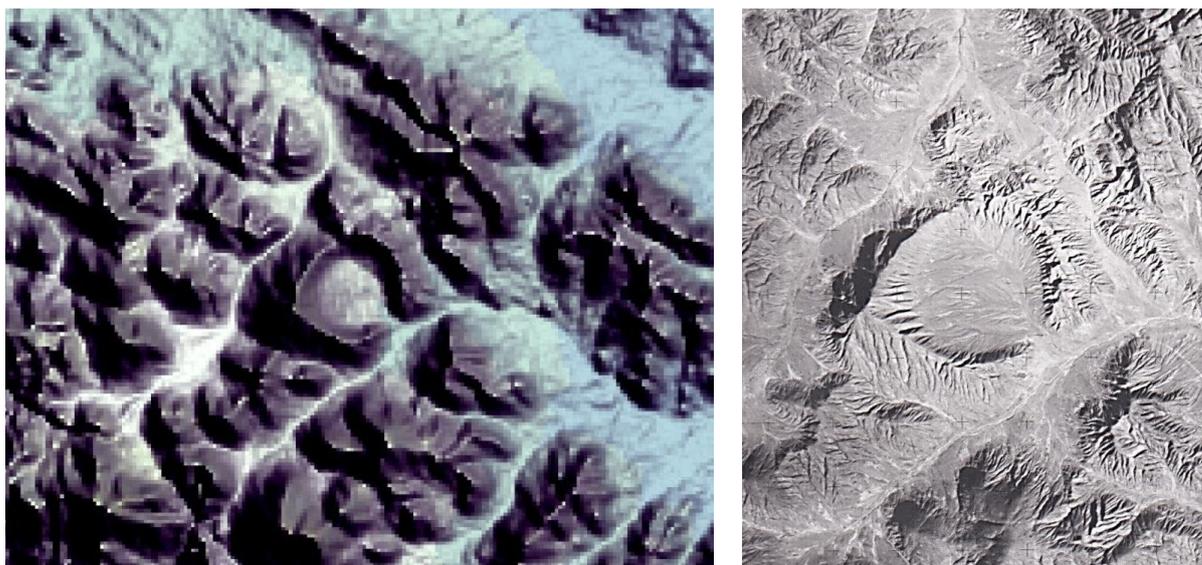


Рисунок 3.4 - Метеоритный кратер Шунак; а) радиолокационный космический снимок, б) аэрофотоснимок

Итак, внутреннее строение структуры, характер дробления и залегания перемещенной и не перемещенной брекчии, наличие конусов разрушения, свидетельствующих о больших динамических нагрузках, перечисленные геофизические признаки - все это говорит об ударно-взрывной, метеоритной природе кратера Шунак. Скважины внутри кратера пересекли аллогенную брекчию мощностью около 30 м. Предварительные результаты исследования материала этой брекчии с помощью нейтронно-активационного и рентгенофлуоресцентного анализов, выполненных в Институте ядерной физики АН КазССР в поисковом плане, показывают в ней повышенное содержание  $\text{Ir} - 0,1 \text{ нг/г}$ , что значительно выше среднего содержания этого элемента в земной

коре (0,02-0,04 нг/г) и может служить дополнительным указанием на космогенную природу кратера. Соотношения *Ir*, *Ni*, *Cr* в брекчии по порядку величин близки таковым в кратере *Нордлинген Рис*, а также в иридиевой аномалии на мел-палеогеновом рубеже в Сумбарском разрезе Туркмении. Они также близки к каменным метеоритам Саратов, Крымка, Индрах. Все это может указывать на хондритовый состав ударника, образовавшего кратер.

Заполняющий комплекс кратера мощностью около 200 м вскрыт всеми скважинами. Это озерные, проллювиальные, оползневые фации.

К кратеру приурочено месторождение подземных вод. Несомненно, что линза дробленых пород, представляющих эпицентрально-подкратерную и боковую приповерхностные зоны дробления (69, 131 и др.), является артезианским бассейном.

Имеющиеся данные по возрасту пород «мишени» и образований заполняющего комплекса дают основание предполагать образование кратера в конце мезозоя или в палеогене.

Свежесть форм кратера указывает на его «молодость» в сравнении с другими взрывными кратерами, развитыми на рассматриваемой территории и проявившимися при космических съемках в косом солнечном освещении.

**Метеоритный кратер Акшоки [65, 140]** Метеоритный кратер Акшоки расположен в том же районе, что и кратер Шунак, т.е. к запад-северо-западу от г. Балхаша. Кратер отчетливо виден на космическом снимке, полученном в косом освещении (рис. 3.5). Кратер находится между двумя радиальными разломами крупной кольцевой структуры, центр которой размещается у северо-западного угла рисунка.

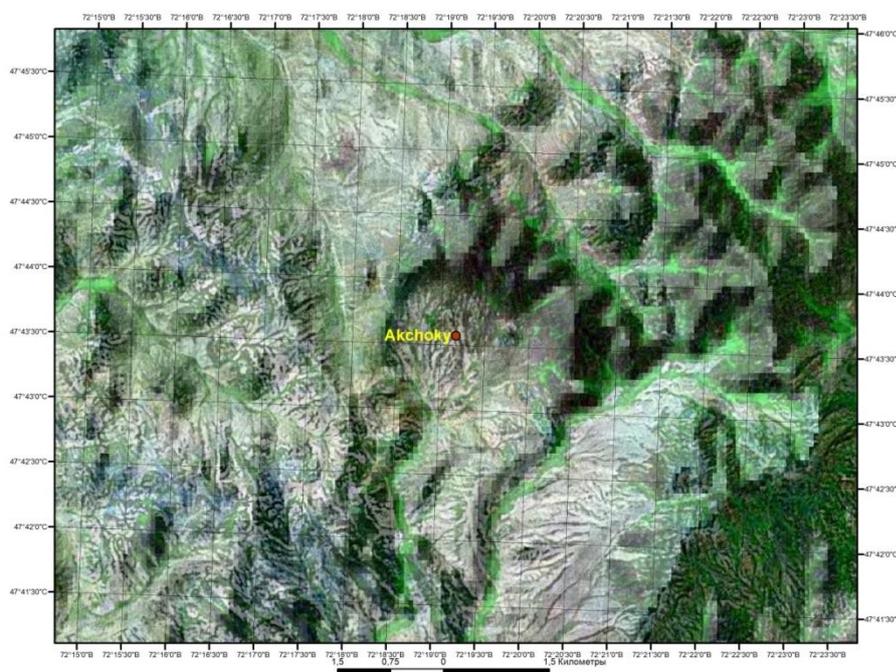


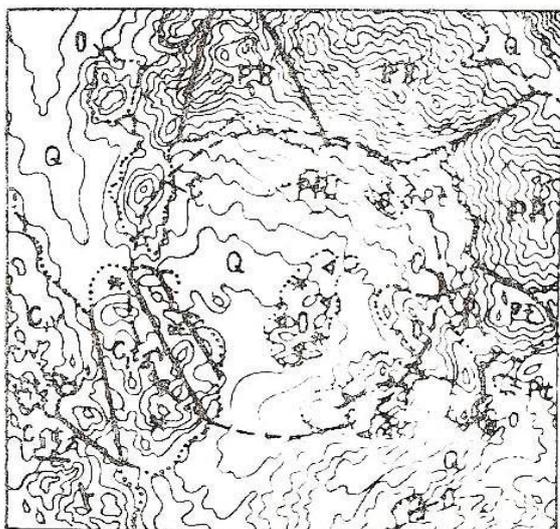
Рисунок 3.5 – Снимок Landsat 7 совмещенный с цифровой моделью рельефа района кратера Акшоки [140]

Кратер был обнаружен в пятидесятых-шестидесятых годах румынским гражданином Бойко, который возвращаясь из командировки самолетом рейса

Алма-Ата-Москва, обратил внимание на сходство этой структуры с лунным кратером и направил ее краткое морфологическое описание в Комитет по метеоритам АН СССР.

При проведении крупномасштабной геологической съемки в районе (имеются в виду геологические съемки м-ба 1:50 000) кратер не был обнаружен, в отличие от кратера Шунак.

Кратер Акшоки находится в пределах Атасу-Моинтинского антиклинория в северном борту так называемой Акбастауской зоны разломов. Он наложен на гетерогенную геологическую ситуацию, причем большей своей частью на породы осадочного генезиса, что исключает для него версию вулканической природы (рис. 3.6).



Отложения: 1 - четвертичные, 2 - каменноугольные осадочные, 3 - ордовикские осадочные, 4 - верхнекембрийские осадочные, 5 - протерозойские порфириды, 6 - брекчированные, железненные, 7 - горизонтали рельефа, 8 - разломы.

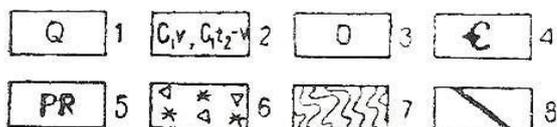


Рисунок 3.6 - Схема геологического строения и топография Акшоки [139]

Кратер хорошо выражен в рельефе и благодаря этому отчетливо читается на топографической карте масштаба 1:25 000 (см. рис. 3.6). Внутренний контур цокольного вала и радиальные разломы, рассекающие этот вал, показаны пунктирными линиями на приведенной топографической карте кратера. Диаметр кратера, измеренный по гребню цокольного вала, составляет несколько более 3 км, внутренний диаметр, т.е. диаметр дна кратера около 2350 метров. Превышение цокольного вала над дном кратера резко возрастает в направлении с юга, где этот вал почти срезан эрозией, на север, где он лучше всего сохранился. Превышение на севере достигает 100 метров. На юге и юго-западе оно уменьшается до 10-15 м, а на отдельных участках вал полностью разрушен. Дно кратера полого опускается в направлении с севера на юг от отметки 825 м до отметки 785 м.

Склоны цокольного вала асимметричны: внутренние склоны более крутые, нежели внешние. Наибольшая крутизна отмечается в северо-

восточном сегменте цокольного вала. Здесь она достигает местами  $20^{\circ}$ , изредка  $30^{\circ}$ . Внешние склоны нигде не имеют крутизны превышающей  $15^{\circ}$ .

В аномальном магнитном поле на карте масштаба 1:200 000 кратер отмечается отчетливой отрицательной аномалией эллипсоидной формы с длинной осью, ориентированной в меридиональном направлении. Аномалия вписывается в контуры кратера и облекается пониженным магнитным полем, полностью вмещающим кратерную воронку и выходящим за ее пределы в северном и южном направлениях. Интенсивность отрицательной магнитной аномалии равна одному миллиэрстеду. Общая интенсивность аномалии, отвечающая кратеру, с учетом пониженного положительного магнитного поля, облекающего отрицательную аномалию, составляет два миллиэрстеда.

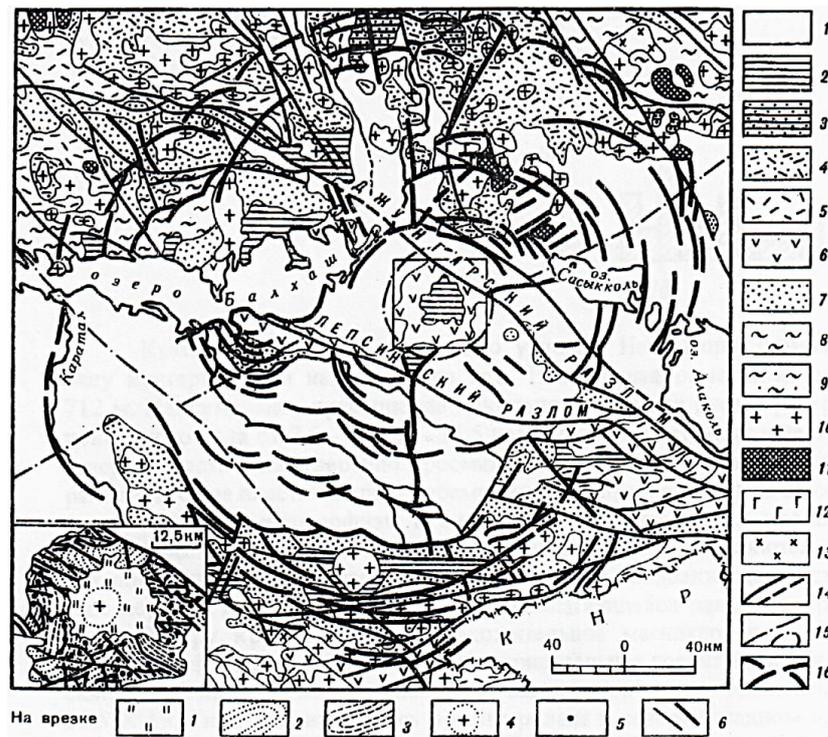
Таким образом, кратеру соответствует обычная для подобных структур аномалия магнитного поля.

Ярко выраженная гетерогенность цокольного комплекса и отсутствие в нем вулканогенных образований являются особенностями, выгодно отличающими эту структуру от кратера Шунак.

О возрасте кратера Акшоки можно судить только на основании сопоставлений с кратером Шунак. Учитывая большее разрушение цокольного вала на кратере Акшоки, можно заключить, что последний древнее Шунака. Об этом же, по-видимому, свидетельствует и присутствие магматических проявлений инъекционного комплекса. Для точной датировки необходимы определения абсолютного возраста по дайкам. Если дайки параллелизовать с дайками среднего и основного составов, секущими позднепермско-раннетриасовые граниты массива Кызылтау, относящиеся к кызылрайскому комплексу (а такая параллелизация вполне правомерна, учитывая пространственную близость кратера к упомянутому массиву), то возраст кратера не может быть древнее среднего триаса.

Таким образом, поскольку возникновение кратера Шунак предположительно относится к концу мезозоя или началу палеогена, постольку кратер Акшоки, скорее всего, образовался в середине мезозойской эры, в первой ее половине.

**Астроблема Арганаты** (рис. 3.7) [139, 141 и др.] расположена между озерами Балхаш и Сасыкколь и находится в контуре генетически связанной с ней кольцевой структуры, которая была выделена уже на первом этапе использования космических снимков. Структура показана по внутреннему, наименьшему из отвечающих ей, концентру, на различных картах, в том числе, и на Космогеологической карте СССР, в виде кольца с поперечником 50-55 км. По внешним дугообразным разломам диаметр структуры достигает 300-315 км. Однако на Космогеологической карте СССР эти разломы не показаны. Западнее кратера Арганаты дешифрируются дугообразные разломы другой кольцевой структуры, охватывающей акваторию восточной части оз. Балхаш.



1 - неогеновая и четвертичная системы: суглинки, супеси, глины, песчаники, галечники; 2 – эоцен-миоцен: глины с прослоями песков и песчаников, пески; 3 – юрская система: песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты; 4 - верхний карбон-пермь: туфы и лавы различного состава; 5 - каменноугольная система: лавы и туфы преимущественно среднего состава, алевролиты, туффиты; 6 - верхний девон-нижний карбон: песчаники, алевролиты, известняки, лавы и туфы среднего состава; 7 - девонская система: лавы и туфы различного состава, туффиты, песчаники, конгломераты, алевролиты, известняки; 8 - кембрийская, ордовикская и силурийская системы: аргиллиты, песчаники, конгломераты, известняки; 9 - нижний-средний кембрий: порфиритоиды, кварциты, сланцы, туффиты, песчаники, алевролиты; 10 - позднепалеозойские граниты, гранодиориты; 11 - позднепалеозойские щелочные граниты; 12 - позднепалеозойские интрузии и субвулканические тела основного состава; 13 - раннепалеозойские граниты, гранодиориты; 14 - линии разрывных нарушений, прослеженные и предполагаемые; 15 - элементы структур по дистанционным наблюдениям: линейные и кольцевые; 16 - дугообразные и линейные элементы структур

Рисунок 3.7 - Геологическая карта района кратера Арганаты. Составлена на основе дешифрирования космического снимка ИСЗ "Метеор", 1982 г. [139]

На рисунке 3.7, на котором показаны элементы дешифрирования космических снимков, видны многочисленные дугообразные и радиальные структурные элементы, связанные с кратером Арганаты. На Геологической карте Казахстана масштаба 1:1 000 000 1996 г. кольцевые структуры, дешифрирующиеся на космических снимках, не показаны. Тем не менее, отраженная на карте геологическая ситуация дискордантно накладывающаяся на гетерогенную геологическую основу (рис. 3.8), большинством геологов интерпретируется как кольцевая структура. Учитывая, что в геологическом строении структуры принимают участие лишь терригенные осадочные породы, генезис её можно считать космогенным.

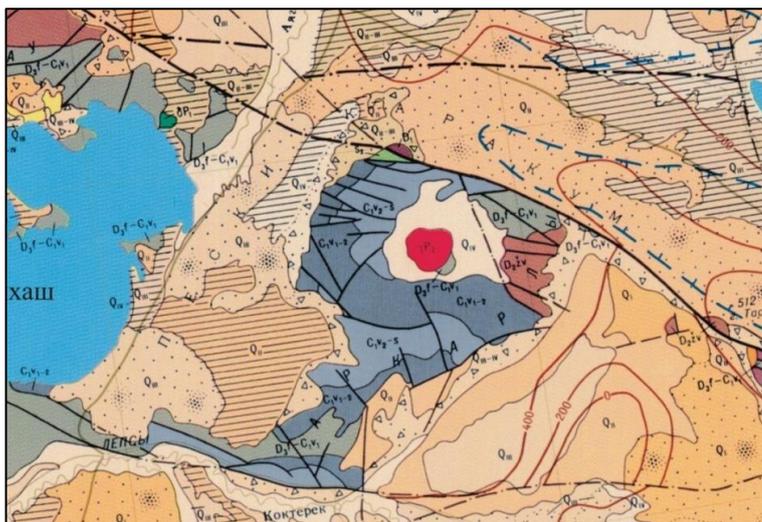


Рисунок 3.8 - Фрагмент Геологической карты Казахстана 1:1000 000 м-ба 1996 года [142]

Центральная часть астроблемы в виде кратера Арганаты прекрасно выражена в рельефе, построенном на основании радиолокационных космических снимков. Помимо кратера, в рельефе просматриваются кольцевые и дугообразные элементы, предположительно связанные с космогенными структурами, интенсивно модифицированными эрозионными процессами (рис. 3.9) [141].

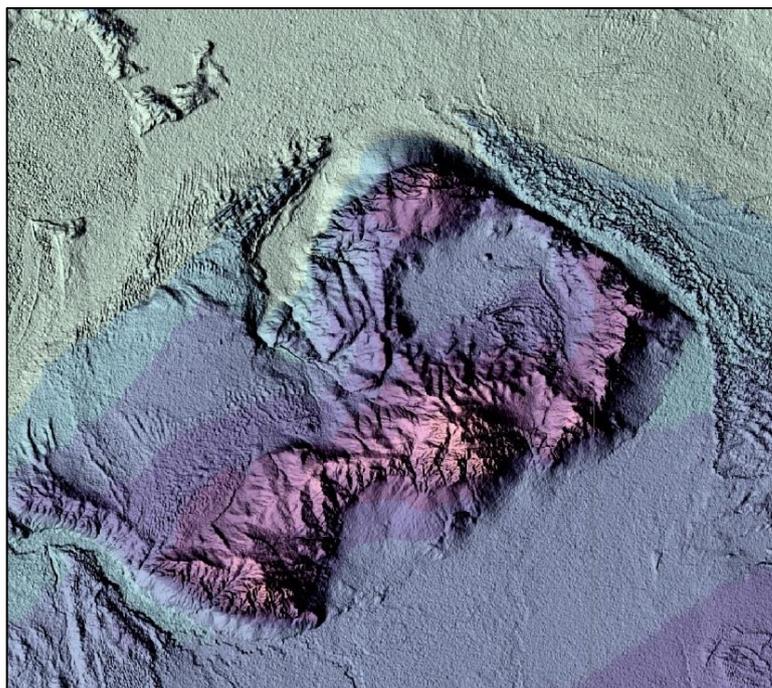


Рисунок 3.9 - Радиолокационный космический снимок района кратера Арганаты [141]

Внутренний концентр первой структуры, показанный на рисунке 3.7, описывает цокольный вал кратера Арганаты, который виден на всех космических снимках, включая синтезированные. Вал срезается Жонгарским разломом северо-западного простираения (см. рис. 3.8, 3.9).

Предположение о космогенной природе кратера было выдвинуто при просмотре топографических карт, а также на основании полевых работ в 1982 г. группы Б.С. Зейлика. Оно подтвердилось при петрографическом изучении шлифов из кварцевых жил, секущих горные породы цокольного вала.

Кольцевой цокольный вал кратера складывается преимущественно осадочно-вулканогенными образованиями раннесилурийского, раннекаменноугольного, позднедевонского-раннекаменноугольного возраста. Закратерное подножие цокольного вала на большей территории покрыто барханными песками. Такой же песчаный чехол характерен и для внутрикратерного пространства. Мощность чехла внутри кратера составляет 10-70 м.

Породы интенсивно дислоцированы, образуют многочисленные складки, часто опрокинутые и осложненные взбросами. Нередко пласты горных пород поставлены «наголову», в них выявляется интенсивный кливаж течения, обычный для пород, подвергшихся мощному взрывному воздействию. В углеродистых сланцах в значительном количестве выявляется муассанит. Кратер изометричен, угловат. Наивысшая отметка в цокольном валу кратера 755 м находится на юге. Наибольшая отметка на севере составляет 712 м. Максимальное превышение цокольного вала над дном кратера 305 м. Ширина цокольного вала от 7,5-9 до 10-11,5 км. В скальных стенках ущелья, пересекающего северную часть вала, уверенно просматривается его надвиговая, чешуйчатая структура. Надвиговые пластины здесь перемещены в направлении с юга на север.

Ударный метаморфизм в виде планарных структур в кварце, ударный кливаж, полосатое и поперечнополосатое угасание в нем выявляются во многих участках цокольного кратерного вала. Те же признаки удара установлены в горных породах кольцевой структуры, располагающейся западнее кратера Арганаты.

Центру кратера отвечает положительное магнитное поле с интенсивностью 3-6 мЭ на фоне 0-1 мЭ и локальная отрицательная гравитационная аномалия интенсивностью до -4 мгал. Аномалия магнитного поля овальная, изометричная: 22,5x19,5 км, длинная ось ориентирована в северо-западном направлении. Гравиметрическая аномалия отвечает эпицентральной подкратерной зоне дробления. Ее диаметр составляет 40-50 км.

Рудопроявления полезных ископаемых, кварцевые жилы, дайки и малые интрузивные тела обнаруживают приуроченность к узлам пересечения цокольного вала кратера субширотными, северо-западными и реже меридиональными разломами.

Важной особенностью астроблемы и кратера Арганаты является наличие в их центре под чехлом рыхлых песчаных отложений лейкократовых гранитов, отмечающихся упомянутой положительной магнитной аномалией. Никаких признаков ударного метаморфизма в гранитах не устанавливается.

Массив имеет изометричные овальные очертания и поперечник в верхнем сечении около 8 км. Подобная форма и размеры характерны для многих пермских и триасовых лейкократовых и аляскитовых гранитов в Казахстане.

Поступление гранитной магмы из глубинного магматического очага, вероятно, было инициировано космогенным взрывом. Внедрение гранитного массива представляет собой наглядный пример триггерного магматизма. Камерное пространство для интрузии, по-видимому, было обеспечено в эпицентральной подкратерной зоне дробления за счет механизма обмена мест, который подразумевает обрушение раздробленных пород мишени-рамы в магматический очаг на глубине по принципу образования кальдер оседания в вулканических областях.

Не исключено, что само образование гранитной магмы на глубине было обеспечено возникновением глубоко проникающих разломов и снятием колоссальной нагрузки пород кровли, удаленных космогенным взрывом при образовании данного крупного кратера. Интрузивный массив внедрился в основание центрального поднятия метеоритного кратера.

Высоту центрального поднятия, игравшего вместе с коптогенным комплексом роль кровли для массива и удаленного эрозией совместно с этим комплексом, можно оценить путем сравнения кратера Арганаты с молодой Карской астроблемой [64]. Поперечник последней примерно в 1,5 раза больше. На основе такого сопоставления приходим к заключению, что мощность кровли могла быть не менее 0,85 км и, скорее всего, не превышала 1,0 км. Эта величина справедлива, если допустить, что верхняя кромка гранитного массива соответствовала нынешнему ее положению.

Для такого допущения есть основание. Оно заключается в том, что кратер Арганаты является бессточной котловиной (горизонтالي 460 и 470 м полностью замкнуты внутри кратера, а горизонталь 480 м имеет очень узкий разрыв в северо-восточной стенке кратера), гранитный массив перекрыт чехлом рыхлых песков и удалены эрозией (с какого-то момента только ветровой эрозией) могли быть лишь раздробленные породы центрального поднятия и коптогенного комплекса, игравшие роль кровли для свежего монолитного магматического тела.

Вместе с тем нельзя полностью исключать, что верхняя кромка гранитного массива в момент его становления находилась выше ее нынешнего положения, т.е. кровля могла иметь и меньшую мощность – не более первых сотен метров – и быть представленной только породами коптогенного комплекса. В таком случае гранитный массив должен был возникнуть под зоной взрыва на месте горных пород мишени, испытавших воздействия колоссальных температуры и давления.

Таким образом, возникновение гранитного массива, поперечник которого составляет  $1/5$  диаметра кратера и  $1/40$  внешнего диаметра кольцевой структуры, может быть предположительно поставлено в зависимость от космогенного взрыва, создавшего этот кратер. Мы

специально подчеркнули соотношение названных диаметров, так как этим определяются соответствующие энергетические характеристики.

Все изложенное приводит к мысли о том, что образование гранитов, во всяком случае, какой-то их части, представленной округлыми изометричными плутонами, обязано процессам «ядерного палингенеза», сопутствующим космогенным взрывам, вызванным падением крупных метеоритов, в соответствии с гипотезой Ж. Шубера [7, 70, 71, 74 и др.].

Возраст кольцевых структур и кратера Арганаты определяется удовлетворительной сохранностью его форм в рельефе, а также временем образования центрального гранитного массива. С учетом этих данных кратер, скорее всего, возник на рубеже перми и триаса. Кольцевая структура, центр которой расположен западнее кратера, является более древней. Она возникла, по-видимому, в пермское время [139].

## **4 ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОНОСНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА**

Магмо- и рудоконтролирующая роль многих магматогенных и космогенных кольцевых структур Земли, наблюдается и для КС Центрального Казахстана. Так, анализ геологических условий размещения месторождений полезных ископаемых в Казахстане показывает приуроченность многих из них к кольцевым структурам. В пределах кольцевых структур Казахстана выявлены железорудные, полиметаллические, золоторудные, золото-серебряные и редкометальные рудопроявления и месторождения [79, 82, 85, 88, 143, 144 и др.], что позволяет для названных типов месторождений рекомендовать их в качестве надежного поискового критерия. Выявление же природы кольцевых структур, учитывая различия их внутреннего строения и слагающих их комплексов пород во многом определяет методику или стратегию дальнейших поисково-разведочных работ в их пределах.

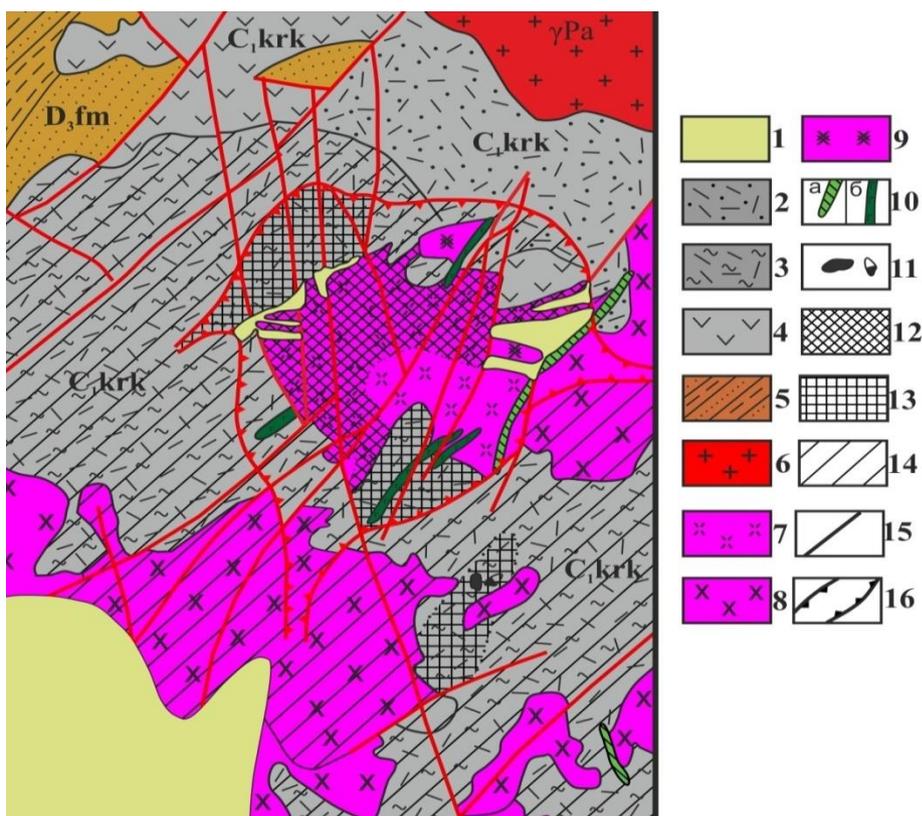
Иногда сложно построенные и долгоживущие КС играют роль рудоконтролирующих для разного типа месторождений. Например, в северо-западной части Каргалинской кольцевой структуры, являющейся вулканотектонической структурой типа «конка», локализуется полиметаллическое месторождение Жусабай, на северо-восточной ее окраине – золоторудное месторождение Слушокы, а на севере золото-серебряное месторождение Айлы.

В юго-западном секторе ВПС Кызылтас размещается золоторудное месторождение Кудер, а к апикальным выступам гранитного массива Кызылтас, расположенного в центре ВПС Кызылтас, приурочены редкометальные рудопроявления Кызылтас I и II. Редкометальное месторождение Акчатау контролируется кольцевой структурой простого строения. То есть, взаимосвязь месторождений с КС разнообразна. Наиболее распространенным рудоконтролирующим фактором часто являются узлы пересечения радиальных и кольцевых разломов и собственно кольцевые разломы. Именно в такой позиции находятся все золоторудные проявления в астроблеме Арганаты.

### **4.1 Ранее известные рудоносные кольцевые структуры Центрального Казахстана**

**Месторождение Коунрад** (рис. 4.1) являлось первым из открытых в СССР медно-порфировых месторождений и служило своеобразным эталоном для поисков, оценки и разведки подобного типа месторождений. Коунрад расположен в Приозерном районе Карагандинской области в 15 км севернее г. Балхаш. Месторождение было открыто М.П. Русаковым в 1928 году. Его изучали и разведывали М.П. Русаков, Н.И. Наковник, К.Б. Роговер, Я.Д. Гетман, Н.Д. Доля, М.К. Чехович, А.С. Богатырев, Ф.В. Чухров, К.С.

Газизова, С.Н. Гаврикова, Л.И. Сериков, И.М. Юдин, А.И. Полетаев, В.В. Колесников, З.М. Нурбаев и другие.



1 - современные образования; 2 - каркаралинская свита, риолитовые, риолит-дацитовые туфы; 3 - флюидальные, сферолитовые лавы, лавобрекчии риолитового состава; 4 - андезиты, андезито-базальты, андезито-дациты и их туфы; 5 - песчано-алевролитовые отложения фаменского яруса ( $D_{3fm}$ ); 6 - лейкократовые граниты акштатауского комплекса; 7-9 - балхашский интрузивный комплекс: 7 - гранодиорит-порфиры поздней фазы, 8 - гранодиориты основной фазы, 9 - габбро-диориты первой фазы; 10 - дайки диоритовых (а) и диабазовых (б) порфиритов; 11 - эксплозивные брекчии; 12 - аргиллизированные гранодиорит-порфиры с медным оруденением; 13, 14 - вторичные кварциты: 13 - андалузитовые, 14 - серицитовые, каолинит-серицитовые; 15 - тектонические нарушения; 16 – кольцевой разлом

Рисунок 4.1 - Схема геологического строения месторождения Конырат. Составлена по материалам М.К. Чеховича, Н.И. Наковника, К.С. Газизовой, А.И. Полетаева, С.Н. Гавриковой, Н. М. Юдина и с дополнениями В.В. Колесникова и В.В. Солодиловой [143, 144 и др.]

В геологическом строении месторождения участвуют песчано-алевролитовые образования с редкими прослоями туфов кислого состава фаменского яруса. Выше с резким угловым несогласием залегают андезито-базальты, андезито-дациты каркаралинской свиты нижнего карбона. Широко развиты интрузивные породы, представленные аляскитовыми гранитами акштатауского комплекса с редкометальной минерализацией (вольфрам, молибден и др.), а также гранитоидами Токрауского плутона, относящегося к балхашскому нижнекаменноугольному комплексу и имеющему трехфазное строение. Первая фаза представлена габбро-диоритовыми порфиритами, слагающими небольшие штокообразные тела; вторая фаза (основная) -

кварцевыми диоритами, гранодиоритами, плагиогранитами, тоналитами, гранитами; третья фаза, вмещающая основную часть рудной минерализации, сложена породами, аналогичными основной фазе, но имеющими порфирировые структуры. Для гранитоидов комплекса типична повышенная глиноземистость и резкое преобладание в составе натрия над калием. Форма тела пород III-ей фазы в центральной части близка к изометричной с многочисленными *апофизами*, а в южной - линейно-удлиненная. В тесной пространственной связи со штоками кварцевых диоритов и гранодиорит-порфиров находятся взрывные брекчии. Распространены дайки диоритовых и диабазовых порфиритов.

Вмещающие оруденение гранодиорит-порфиры и взрывные брекчии в различной степени аргиллизированы, серицитизированы, окварцованы, иногда пропилитизированы. Распространены вторичные кварциты.

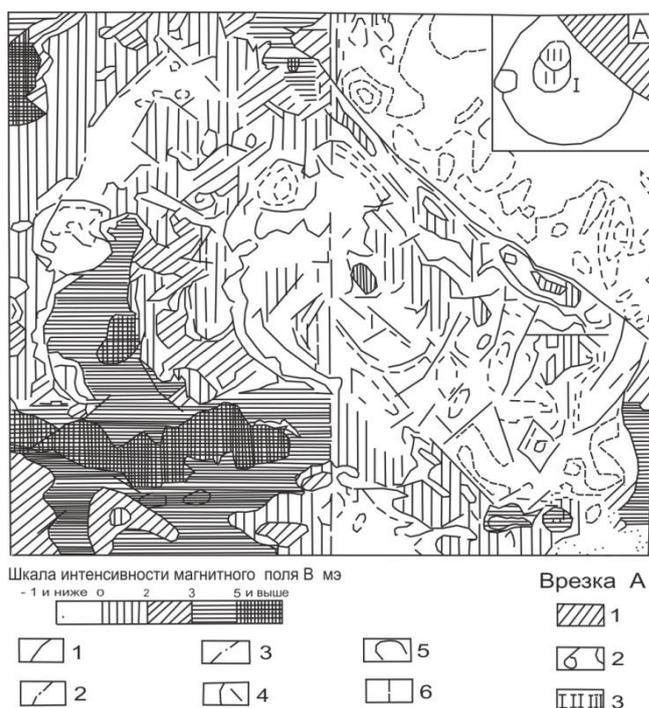
Разноориентированные разрывные нарушения обусловили блоковое строение месторождения. Одни из них (кольцевые и радиальные разломы) сформированы в связи с вулканизмом, другие (линейные) в большинстве случаев имеют древнее заложение и контролируют размещение магматитов, метасоматитов и оруденения (см. рис. 4.1).

К кольцевым разломам в рудном поле приурочены дайки кварцевых порфиров, штоки диоритов и трубчатые тела своеобразных взрывных брекчий, которые группируются в два концентрических дайковых пояса. Первый такой пояс прослеживается по периферии мульды в девонских образованиях. Он представлен как дайками кварцевых порфиров, так и штоками диоритов и брекчиями. Второй пояс проходит в зоне контакта мульды с фаменскими песчаносланцами и сложен уже исключительно дайками, реже штоками кварцевых порфиров. Оба этих пояса отчетливо наблюдаются только в северной и северо-западной частях рудного поля, на юге они срезаются гранитоидами Коунрадского и Восточно-Коунрадского массивов [145].

Рудное тело имеет форму конусовидной опрокинутой слегка вытянутой чаши протяженностью около 1000 м при ширине от 100 до 800 м. «Дно» чаши сложено преимущественно халькозиновыми рудами и рудами зоны окисления, развитыми до глубины 20-25 м, максимально 60 м. Минералы зоны окисления - гематит, лимонит, куприт, мелаконит, самородная медь, ярозит, малахит, азурит, брошантит, халькантит, атакамит, хризокolla. Халькозиновые руды с пиритом, халькопиритом, минералами группы энаргита и люционита распространены до 200 м. Представляя собой зону вторичного сульфидного обогащения, они имеют частично гипергенное, но в основном гипогенное (в связи с формированием вторичных кварцитов и аргиллизитов) происхождение. Первичные руды установлены на глубине 5-70 м и продолжаются до 700 м и более. Сложены они пиритом, халькопиритом, халькозином, молибденитом, теннантитом, марказитом, блеклыми рудами, сфалеритом, галенитом, молибденитом, арсенопиритом,

магнетитом, гематитом, стиббиолуцитом и др. Характер оруденения вкрапленный и прожилково-вкрапленный.

Рудный штокверк, как и радиально-кольцевые сетки разломов, запечатленные в аномальном магнитном поле (рис. 4.2), наложен на вулканогенные и интрузивные горные породы различного состава и возраста. Он развит как в гранодиорит-порфирах, так и в фельзитовых флюидально-полосчатых лавах, риолитовых лавах, базальтовых и андезито-базальтовых порфиритах, в дайках диоритовых порфиритов. Ярко выраженная наложенность выявленных кольцевых структур, а также наложенность мелкой трещиноватости, вмещающей рудный штокверк, едва ли не самые поразительные особенности Коунрадского рудного поля, не получающие удовлетворительного объяснения с позиций существующих гипотез о генезисе Коунрадского медно-порфирового месторождения.



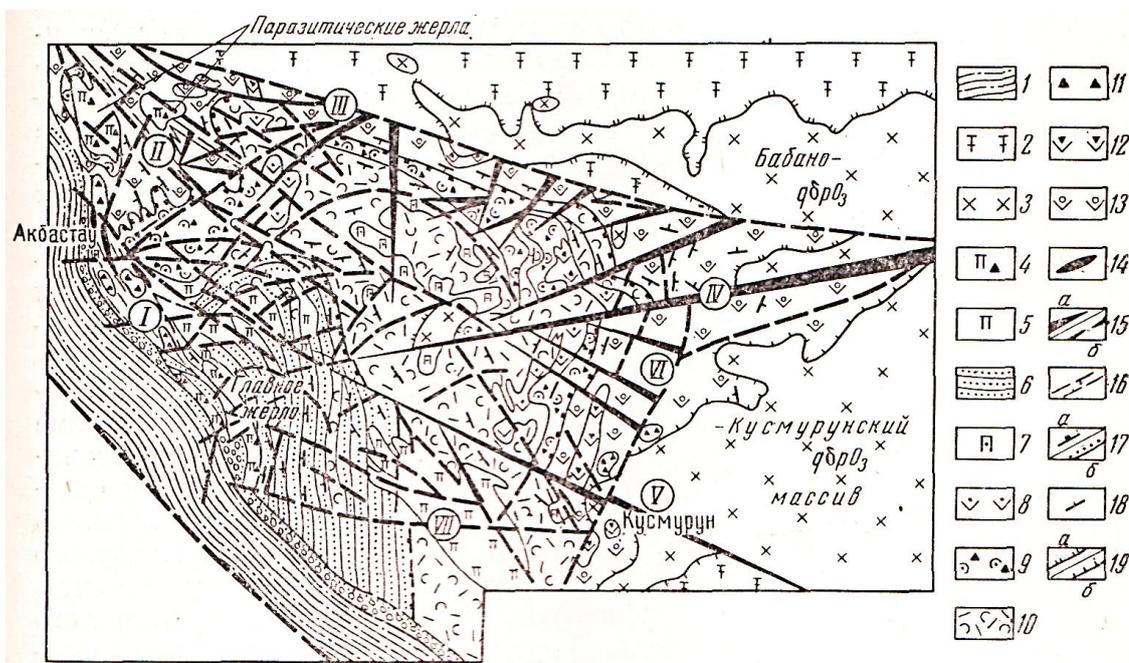
Изолинии ( $\Delta T$ ) в миллиэрстедах: 1 - положительные; 2 - отрицательные; 3 - нулевые; 4 - структурные линии, предположительно отмечающие дугообразные и прямолинейные разломы; 5 - контур карьера на месторождении; 6 - граница аэромагнитных съемок разных лет; Врезка А. 1 - отрицательная магнитная аномалия, соответствующая Восточно-Коунрадскому верхнекаменноугольному гранитному массиву; 2 - внешние контуры кольцевых структур, выраженных в аномальном магнитном поле; 3 - номера кольцевых структур, отвечающие последовательности их возникновения: I - структура первого порядка, наиболее ранняя; II - структура второго порядка, более поздняя; III - структура третьего порядка, наиболее молодая

Рисунок 4.2 – Карта аномального магнитного поля района Медного Коунрада [84]

На месторождении проявлена вертикальная и горизонтальная рудная зональность. Вертикальная зональность выразилась в смене с глубиной борнит-халькозиновых руд рудами борнит-халькопиритовыми, а затем снова борнит-халькозиновыми, халькопиритовыми, пирит-халькопиритовыми и магнетит-пиритовыми. Горизонтальная зональность обусловлена преимущественным развитием в центральной части борнит-халькопиритовых и халькозин-борнитовых руд, а по периферии - пирит-халькопиритовых и полиметаллических руд.

**Акбастау-Кусмурунская вулcano-тектоническая структура** (рис. 4.3) (вулcano-кальдера по Каипову А.К., 1970) [85]. Акбастау-Кусмурунская вулcano-кальдера, выявленная в (1970 г.) отложениях среднего ордовика,

приурочена к изгибу региональной тектонической зоны, фиксирующей границу двух крупных структурно-тектонических элементов северо-востока Центрального Казахстана - каледонид Шынгыс-Акшатауского мегантиклинория и герцинид Северо-Балхашского мегасинклинория, и контролирует размещение двух крупных золото-медноколчеданных месторождений (Акбастау, Кусмурун), более десятка рудопроявлений (Джусалы, Бастау, Медное) и точек минерализации.



1 - осадочные породы нижнего силура; 2 - эффузивно-осадочные образования верхнего ордовика; 3 - диориты и кварцевые диориты; 4 - жерловые плагиоклаз-пироксеновые порфириты и их лавовые брекчии андезито-базальтового состава (III этап); 5 - субвулканические плагиоклаз-пироксеновые порфириты андезито-базальтового состава (III этап); 6 - вулканогенно-осадочные образования верхней толщи (III этап); 7 - субвулканические плагиоклаз-пироксеновые порфириты андезито-базальтового состава (II этап); 8 - субвулканические плагиоклазовые порфириты андезитового и андезито-дацитового состава (II этап); 9 - глыбовые (бомбовые) и глыбово-агломератовые туфы; 10 - эффузивно-пирокластические образования средней толщи (II этап); 11 - эксплозивные брекчии андезитового и андезито-дацитового состава (I этап); 12 - субвулканические афировые андезито-дацитовые порфириты (I этап); 13 - эффузивные образования нижней толщи (I этап); 14 - рудные тела; 15 - разломы: III - Северный, IV - Бабанский. V - Основной, VI - Кусмурунский и др.; 16 - зоны разломов и расланцевания: I - Акбастауская, II - Джусалинская и др.; 17 - границы толщ (а) и стратиграфического несогласия (б); 18 - элементы падения пород; 19 - контуры слабо (а) и глубоко (б) эродированных интрузивных тел

Рисунок 4.3 – Геолого-структурная карта Акбастау-Кусмурунского вулканического аппарата по Каипову А.К. [85]

Породы, слагающие вулкано-кальдеру, сформированы на разных глубинах и представлены эффузивной, жерловой, околожерловой, экструзивной, субвулканической и гипабиссальной фациями. Породы эффузивной фации отчетливо стратифицированы и состоят из нижней эффузивной (порфиритовой), средней эффузивно-пирокластической и верхней вулканогенно-осадочной толщ, соответствующих трем этапам

вулканизма. Суммарная мощность вулканитов, слагающих аппарат, 2,5-3 км. Видимая площадь их распространения составляет 45-50 км<sup>2</sup>.

Нижняя эффузивная (порфирировая) толща (I этап) сложена лавами и лавовыми брекчиями дацитового, андезито-дацитового и андезитового состава. Резко подчиненное значение имеют андезито-базальтовые лавы и пирокласты. В толще присутствуют как радиально расходящиеся потоки, так и дугообразно простирающиеся слои. Падение слоев также непостоянно, меняется от крутого центриклинального во внутренней части вулканической постройки до пологого периклинального в периферических частях ее. Строение толщи осложнено многочисленными куполовидными поднятиями, сложенными эксплозивными брекчиями, разнообразными по форме субвулканическими телами, некками и широкими полями измененных пород - пропицитов и кварцитов. Мощность толщи колеблется от 350 до 900 м.

Средняя эффузивно-пирокластическая толща (II этап) обнажается во внутренней части вулканической постройки и со скрытым угловым несогласием лежит на породах нижней толщи. Разрез толщи начинается мощным (100-150 м) дугообразно простирающимся горизонтом грубо- и гигантообломочных туфов, состоящих из обломков пород нижней толщи, фундамента и бомб из питавшего вулкан очага. Для толщи характерны неоднородность состава, постепенная смена (снизу вверх) крупнообломочных туфов мелко- и тонкообломочными разностями, резкое преобладание пирокластов над лавами и брахисинклинальное залегание слоев. Толща разбита многочисленными дугообразными и радиально расходящимися разломами на ряд центриклинально падающих клиновидных тектонических блоков. Дополнительную сложность вносят разнообразные по форме и составу экструзивные, субвулканические и дайковые тела, контролируемые центриклинально падающими синвулканическими трещинами. Наблюдаемая мощность толщи 950-1050 м.

Верхняя вулканогенно-осадочная толща (III этап) развита в центральной части вулканической постройки и состоит из тонко- и ритмично-слоистых горизонтов и линз туфов, туфогенных песчаников, алевролитов и алевропелитов. В основании толщи преобладают вулканогенные, а в верхах - осадочные образования. Средняя часть разреза сложена чередующимися прослоями вулканогенных и осадочных пород. Для толщи характерны мелкая гофрировка, косая слоистость и наличие брекчий, возникших при подводных оползнях. По составу и условиям формирования ритмично-слоистые породы верхней толщи сопоставимы с осадками современных кратерных озер. Породы толщи пронизаны большим количеством дайкоподобных субвулканических и жерловых тел, сложенных лавами и лавовыми брекчиями андезито-базальтового состава и их туфами. Видимая мощность толщи 850-1050 м.

Приведенные данные о характере и условиях проявления пород эффузивной фации и комагматичных им экструзивных, субвулканических и жерловых разностей, а также широкое развитие центриклинально падающих

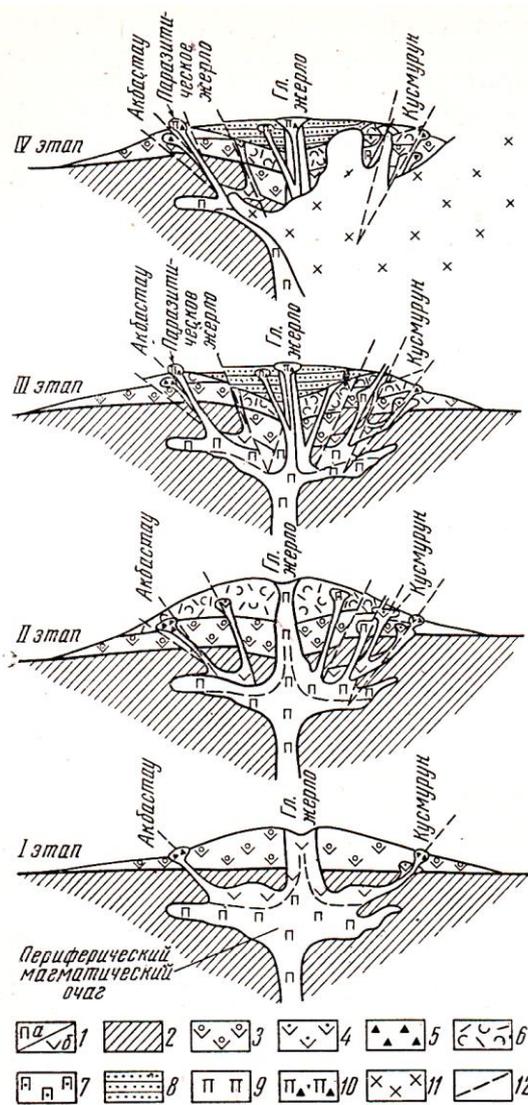
синвулканических трещин, имеющих в плане дугообразное и расходящееся расположение, указывают на вулcano-тектоническую (кальдерную) природу структуры рудного поля [20].

Кальдера возникла в результате частичного опорожнения питавшего вулкан периферического магматического очага и проседания пород вулканической постройки. Границы кальдеры фиксируются прерывистым кольцом глыбовых (бомбовых) и глыбово-агломератовых туфов и туфолав, а также поясами центриклинально падающих субвулканических и дайковых тел, контролируемых системой дугообразных и радиально расходящихся трещин. Центр кальдеры располагается в фокусе радиальных трещин.

Формирование кальдеры происходило в три этапа вулканизма (рис. 4.4). Четвертый, поствулканический - интрузивный этап отделен от третьего складчатостью (размывом). Начало кальдерного проседания трудно установить, однако существование открытого углового несогласия между породами нижней и средней толщ позволяет говорить, что оно, вероятно, имело место после формирования нижней толщи, в момент катастрофического выброса огромной массы грубообломочного (до бомбовых) пирокластического материала средней толщи. Дальнейшие эксплозивно-экструзивные процессы происходили в условиях уже наметившегося кальдерного проседания.

Возникшая таким образом структура имеет вид полукальдеры (компенсационной впадины) и характеризуется всеми признаками, присущими этой группе структур. По классификации отрицательных вулканических форм рельефа В.А. Влодавца она может быть отнесена к «кальдерам проседания», образовавшимся в результате понижения уровня магматического очага. По классификации рудоносных палеовулканических кальдер П.Д. Яковлева описываемая кальдера близка к группе кальдер с опущенным центральным блоком, к подгруппе кальдер с редкими кольцевыми и широко развитыми радиальными нарушениями.

Проявления медного и медно-колчеданного оруденения располагаются в прикальдерных частях вулcano-тектонической структуры и контролируются зонами центриклинально падающих (под углом 45-50°) синвулканических трещин - радиальных (Акбастау, Джусалы, Бастау) и дугообразных (Кусмурун, Медное). Формирование руд месторождений сложное, двухэтапное, тесно связано с этапами развития вулcano-тектонической структуры. В течение первого - синвулканического этапа сформировались серно-колчеданные руды; формирование последних, судя по многоярусному их расположению, происходило многократно. Рудоотложение второго этапа разобщено во времени с первым и проявилось в поступлении постинтрузивных золото-медь-свинец-цинкосодержащих растворов с барием. Источником постинтрузивных растворов являлся питавший вулкан периферический магматический очаг (см. рис. 4.4). Поступление их происходило по синвулканическим трещинам, испытывавшим впоследствии неоднократные подновления.



1 - магма андезито-базальтового (а) и андезитового (б) состава; 2 - фундамент; 3 - эффузивные образования нижней толщи (I этап); 4 - субвулканические афировые андезито-дацитовые порфиры; 5 - эксплозивные брекчи андезитового и андезито-дацитового состава; 6 - эффузивно-пирокластические образования средней толщи (II этап); 7 - субвулканические плагиоклаз-пироксеновые порфиры андезито-базальтового состава (II этап); 8 - вулканогенно-осадочные отложения верхней толщи (III этап); 9 - субвулканические плагиоклаз-пироксеновые порфиры андезито-базальтового состава (III этап); 10 - жерловые плагиоклаз-пироксеновые порфиры и их лавовые брекчи андезито-базальтового состава (III этап); 11 - диориты и кварцевые диориты верхнего ордовика; 12 - разрывные нарушения

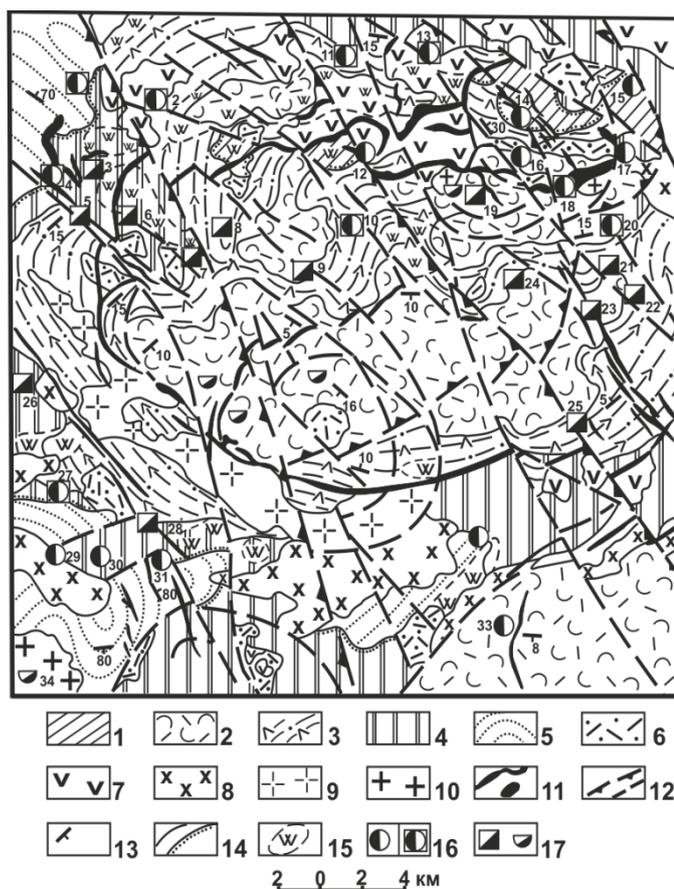
Рисунок 4.4 – Реконструкция Акбастау-Кусмурунского вулканического аппарата по Каипову А.К. [85]

По классификации В.И. Смирнова месторождения относятся к классу комбинированных колчеданных месторождений, характеризующихся широким развитием в нижних горизонтах гидротермально-метасоматических (синвулканически синметасоматических, по М.М. Василевскому) тел - Нижнее рудное тело, Кусмурун; Рудные тела, Акбастау, переходящих кверху в пластовые вулканогенно-осадочные залежи - Верхнее рудное тело, Кусмурун [85].

**Каргалинская сложная система кольцевых структур длительного развития** (рис. 4.5). Система кольцевых структур, расположенная в Западно-Токрауской СФЗ, в зоне её сочленения со среднепалеозойским Жаман-Сарысуйским антиклинорием, была детально изучена при проведении геолого-съёмочных работ м-ба 1:50 000 Г. Т. Скубловым [146, 147], затем описана Л. Н. Шарпёнок [41].

Особенностью Каргалинской системы кольцевых структур является непостоянное положение центра магматизма для различных этапов её развития. Об этом можно судить по приуроченности магматических образований того или иного возраста к определённой части структуры.

Первый этап формирования Каргалинской структуры характеризуется накоплением слоистых вулканогенно-осадочных толщ с резким преобладанием в составе вулканитов пирокластических пород (каркаралинская свита,  $C_1kr$ ). Эксплозивные извержения происходили, скорее всего, из полигенных вулканов центрального типа, и в то же время существовали депрессии (шовные прогибы), где происходило осадконакопление частично в условиях мелководья. Это позволяет предположить, что в районе Каргалы в начальный этап вулканизма существовал крупный (60x40 км) стратовулкан, продуктами которого являются толщи каркаралинской свиты.



1-4 - вулканогенные образования эффузивной фации: 1 – нижней перми (шангельбайская  $P_1^2 \text{ш}$ ; достарская  $P_1^1 ds$  свиты); 2 – среднего-верхнего карбона (керегетасская  $C_2kg$ ; коскызыльская  $C_{2,3ks}$ ); 3 – нижне-среднего девона (калмакэмельская  $C_{1,2kl}$  свита); 4 - нижнего карбона (каркаралинская  $C_1kr$  свита); 5 – терригенные отложения нижнего силура-верхнего девона; 6 – жерловые образования; 7 – вулканиты субвулканической фации; 8 - граниты и гранодиориты топарского комплекса ( $C_2tp$ ); 9 – гранитоиды кокдомбакского комплекса ( $P_1kk$ ); 10 – граниты кызылрайского комплекса ( $P_2-T_1kz$ ); 11 – дайковый комплекс; 12 – линейные и кольцевые разломы; 13 – элементы залегания пород; 14 – линия контактов пород; 15 – массивы вторичных кварцитов; 16-17 – месторождения и рудопроявления: 16а – существенно золото-серебряные (16 – Айлы, 17 – Сулушоки, 29 – Кызыл, 30 – Актау, 31- Балажилан); 16б – золото-серебро-полиметаллические (2 – Жосабай, 10 – Жиланишик, 27 - Алтуайт); 17а – серебро-полиметаллические (5 – Акбулак, 8 – Туе-Тумсук, 19 – Мукур, 21 - Караоба Сев., 22 – Караоба Вост., 23 – Улькен-Караоба, 25 – Шуль-Караоба, 26 – Кузюк-Адыр), 17б – редкометалльные (34 – Акишатау)

Рисунок 4.5 – Схема строения Жосабай-Сулушокинского рудного района Каргалинской кольцевой структуры и положение в ней месторождений и рудопроявлений (по Г.Т. Скублову, А.В. Авдееву, 1968; П.К. Жукову, 1972)

[123]

Второй этап характеризуется извержениями лав и пирокластов калмакэмельской свиты, которые происходили, главным образом, вдоль кольцевых расколов, существовавших ранее и возникавших вновь в процессе вулканизма.

Третий этап. На фоне сформированной крупной мульды обособливается целый ряд более мелких кольцевых структур, распространённых в её южной части. В их строении большая роль принадлежит коническим трещинам. Это позволяет предположить, что формирование структур связано с магматическим давлением, создаваемым непосредственно периферическими очагами. Данный этап характеризуется мощными извержениями, представленными сваренными, кристаллокластическими и литокристаллокластическими туфами и игнимбритами дацитового и риодацитового состава.

Четвертый этап. В среднем-позднем карбоне, на площади развития Каргалинской системы, претерпевшей в целом слабо выраженное магматическое давление, обособилась кольцевая структура Слушоки. Она имеет изометричную в плане форму и небольшие размеры и фиксирует участок, где проявилось максимальное по интенсивности магматическое давление над периферическим очагом и, возможно, куполообразование.

Пятый-шестой этапы развития Каргалинской структуры. Одновременно с вулканом Слушоки и его кальдерой, сложенной породами слушокинской свиты ( $C_{2-3sl}$ ), вдоль СВ полукольца Каргалинской магматогенной системы образуется ряд ещё более мелких мульд и эндогенных куполов (Жартас, Каргалы, Жосалы и др.), спровоцировавших извержения в небольших объёмах ранне-пермских трахиандезитов, андезибазальтов и андезидацитов достарской ( $P_1^1 ds$ ) и игнимбритов и игниспумитов шангельбайской свит ( $P_1^2 \text{шн}$ ).

Вслед за вулканическими извержениями, вероятно, произошло подземное котлообразное обрушение центрального блока всей Каргалинской системы. Подготовленное обрушением пространство было заполнено магмой с последующим становлением интрузивов кокдомбакского комплекса. Кольцевая трещина, отражающая размеры просевшего блока, развивалась снизу вверх, достигла поверхности и заполнилась гранит-порфирами и граносиенит-порфирами торангылыкского комплекса, завершившими эти стадии развития системы. Завершающий этап развития в Каргалинской системе магматогенных структур представлен неполно. Он выражается в возникновении пространства и заполнении его магмой с образованием аляскитовых гранитов кызылрайского комплекса. Судить о размерах и форме плутона трудно, так как в современном эрозионном срезе граниты образуют лишь небольшой апикальный выступ в СВ части структуры, отражающий, вероятно, пути проникновения магмы к поверхности в завершающий период её формирования.

Сложно построенные и долгоживущие КС играют роль рудоконтролирующих и для золоторудных месторождений. Например, в

северо-западной части Каргалинской кольцевой структуры, являющейся вулcano-тектонической структурой типа «конка», локализуется полиметаллическое месторождение Жусабай, на северо-восточной ее окраине - золоторудное месторождение Слушоки, а на севере золото-серебряное месторождение Айлы.

В Жосабай-Слушокинском рудном районе, приуроченном к сложной Каргалинской магматогенной системе кольцевых структур, расположено 33 объекта разной формационной принадлежности: золото-серебряной (Айлы), золото-скарновой (Слушоки), золото-(серебро)-полиметаллической (Жосабай, Улькен-Карабас, Карабас Северный, Акбулак, Кызыл, Актай и др.). Многие из них еще недостаточно изучены и не оценены.

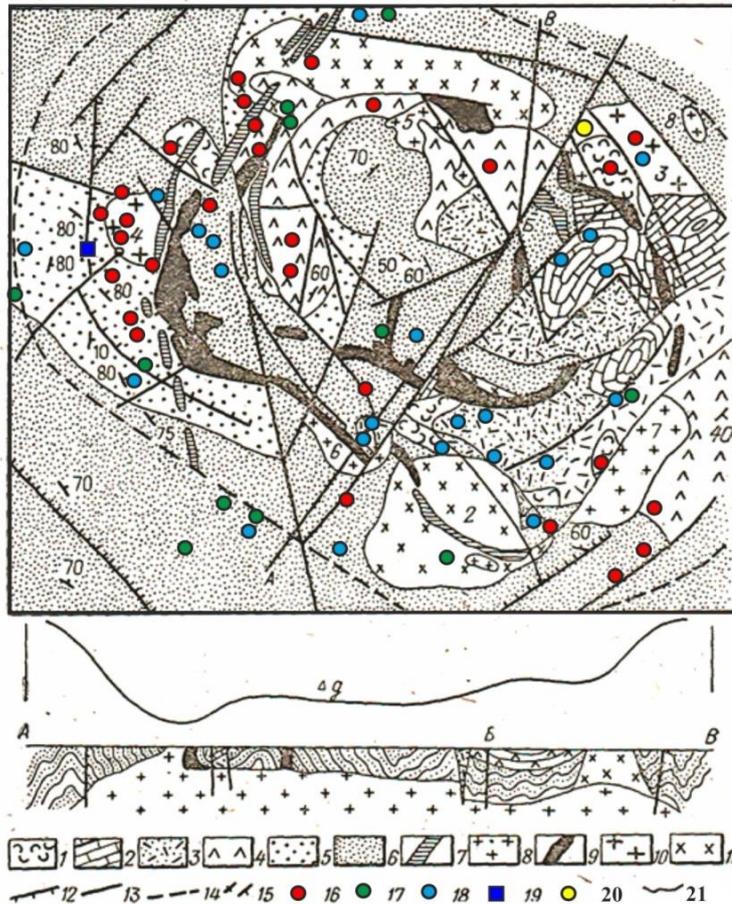
По ряду полихронных структур типа Каргалинской реконструирована их история формирования, включающая до 4-5 этапов, и выявлено размещение в них золото-серебряного оруденения различных формационных групп. При этом отмечаются элементы зонального (концентрического) размещения полиметаллического оруденения, в частности, локализация золото-серебряной и золото-полиметаллической минерализации происходит по периферии центрально-кольцевой структуры (месторождения и рудопроявления Жосабай, Айлы, Слушоки, Алтынсандык и др.). Эти центрально-кольцевые системы имеют размеры в поперечнике от 10 до 35-40 км. Они характеризуются долговременной тектономагматической активностью и автономным развитием. В пределах их отмечается закономерное размещение вулканогенных, субвулканических образований, метасоматитов и рудной минерализации.

#### **Байназарская рудоносная кольцевая структура.**

Байназарская КС впервые была описана в статье Моничем В.К. и др. в 1960 г. [125]. Для структуры характерно исключительно четко выраженное зональное распределение оруденения [41]. Она расположена за пределами вулканического пояса, а точнее в его пограничной зоне, и обладает особенностями, главными из которых являются, во-первых, почти полное отсутствие вулканитов и проявление всех типов пород только в образовании интрузивных элементов, а во-вторых, главным образом, центробежное распределение последовательно образующихся элементов. В Байназарской структуре, как известно, расположено значительное количество рудопроявлений и в их размещении установлена четкая зональность (рис. 4.6), обусловленная ее строением.

Центральная часть структуры, которая сложена песчано-сланцевой толщей силура, являющейся выступом фундамента, не содержит признаков рудной минерализации и представляет собой как бы безрудное ядро структуры. Окаймляется оно поясом развития преимущественно полиметаллических и медных руд, при этом свинцово-цинковое и полиметаллическое оруденение тяготеет к внутренней, а медное – к внешней части этого пояса. В этом же поясе расположено несколько редкометаллических

проявлений, наиболее удаленных от материнских интрузивов и представленных шеелитовыми штокверками.



1 – каракалинская свита; 2 – отложения фаменского-турнейского ярусов; 3 – отложения франского яруса; 4 – отложения живетского яруса; 5 – осадочные отложения нижнего девона; 6 – осадочные отложения лудлоуского яруса; 7 – дайковой комплекс Перми – микрограниты, гранит-порфиры, сферолитовые породы; 8 – лейкократовые и аляскитовые граниты кызылрайского комплекса; 9 – предкызылрайский дайковый комплекс – микро-граносиенит-порфиры, граносиенит-порфиры, микрограниты, диоритовые порфиры; 10 – калдырминский комплекс биотитовых и лейкократовых гранитов; 11 – топарский комплекс гранодиоритов-диоритов; 12 – кольцевые разломы; 13 – радиальные разломы, 14 – контур массива гранитоидов по геофизическим данным; 15 – элементы залегания; 16-20 – проявления минерализации: 16 – редкометальные, 17 – медные; 18 – свинцово-цинковые; 19 – барита, 20 – золоторудные; 21 – график локального поля  $\Delta g$ . Массивы гранитоидов: 1 – Шетский Койтас, 2 – Южно-Жуликонурский, 3 – Кызылжальский, 4 – Аршалинский, 5 – Северо-Бестокинский, 6 – Батыстауский, 7 – Узунбулакский, 8 – Тюстаский.

Рисунок 4.6 – Схема размещения месторождений полезных ископаемых в Байназарской кольцевой структуре [41]

Далее от центра структуры следует редкометальный кольцевой пояс, который соответствует выступам аляскитовых гранитов кызылрайского комплекса или их выходам на дневную поверхность. Этот пояс проявлен очень отчетливо и образован значительным количеством редкометальных месторождений. В этом же поясе отмечено небольшое количество рудопроявлений свинцово-цинковых, полиметаллических и медных руд. В размещении и локализации месторождений и рудных тел этой структуры также важную роль играют кольцевые и радиальные расколы и участки их пересечения.

Месторождение Байназар [41] находится в Агадырском районе Карагандинской области, в 76 км на восток от ст. Агадырь и 2-3 км от автострады Алматы-Караганда. Открыто в 1944 г. Г.И. Бедровым. Изучалось Е.Д. Беляковой, М.А. Коноплянцевым, В.В. Быковой, В.В. Чекалоным, О.А. Синевым, О.В. Ивановым, В.Г. Ли, В.С. Дмитриевским, В.И. Степановым, Н.Л. Пламеневской, Г.Н. Щербой, А.В. Кудряшовым, В.В. Степановым, Н.П. Сенчило, Л.Б. Ивановым, Т.М. Лаумулиным, А.А. Лекеровой, Л.Н. Шарпёнок и др. Месторождение локализуется в западной части одноименной кольцевой структуры.

Рудное поле расположено в юго-западной половине одноименного рудно-магматического узла, приуроченного к пересечению разломов северо-западного и северо-восточного простираний. По геофизическим данным на глубине 0,8-3 км находится гранитоидный плутон лакколитообразной формы размером 25-30х20-22 км. Месторождение сложено терригенными породами силура и вулканитами карбона, прорванными гранодиоритами топарского, гранитами калдырминского, граносиенитами и гранит порфирами торайгырского, аляскистовыми гранитами акштатауского комплекса и трещинными телами пестрого состава байназарского комплекса.

#### **4.2 Вновь выявленные рудоносные кольцевые структуры Центрального Казахстана**

**Кольцевая структура Большой Конырат.** Эталонным примером магмо- и рудоконтролирующей роли КС является магматогенная структура Большой Конырат (рис. 4.7), расположенная в Севером Прибалхашье, в 15 км на восток-северо-восток от г. Балхаш.

Эта КС, прекрасно дешифрируемая на космических снимках разного типа (см. рис. 4.7 А, Б), ни на одной карте этого региона ранее не выделялась, несмотря на дугообразный контур СВ границы гранитного массива Восточный Конырат и оконтуривающего его с северо-востока и юго-востока дугообразного тела плотных гранофилов, возраст которых долгие годы был дискуссионным.

Описываемая структура Большой Конырат в ЮЗ части срезана крупным разломом СЗ простирания, в южном борту которого расположено широко известное медно-порфировое месторождение Медный Конырат.

Относительно того, что месторождение Конырат расположено в центре вулcano-плутонической структуры кольцевой формы, писалось давно [148] и данный факт не вызывает сомнения, хотя отвалы почти полностью отработанного месторождения затрудняют её дешифрирование.

Учитывая ассоциацию нескольких КС разного размера, в целом структуру Большой Конырат можно трактовать как систему магматогенных кольцевых структур [83]. Магматогенная природа системы кольцевых структур, Большой Конырат очевидна, так как в строении всех второстепенных КС её принимают участие лишь магматические породы.

КС Медного Коньрата детально и многократно изученная, представляет собой купольную вулcano-плутоническую структуру, в центральной части которой (жерловине) локализована гранодиорит-порфировая интрузия, являющаяся наиболее поздней фазой «материнского» интрузивного комплекса габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитовой формации (см. рис. 4.7 А, Б) [145, 148 и др.].

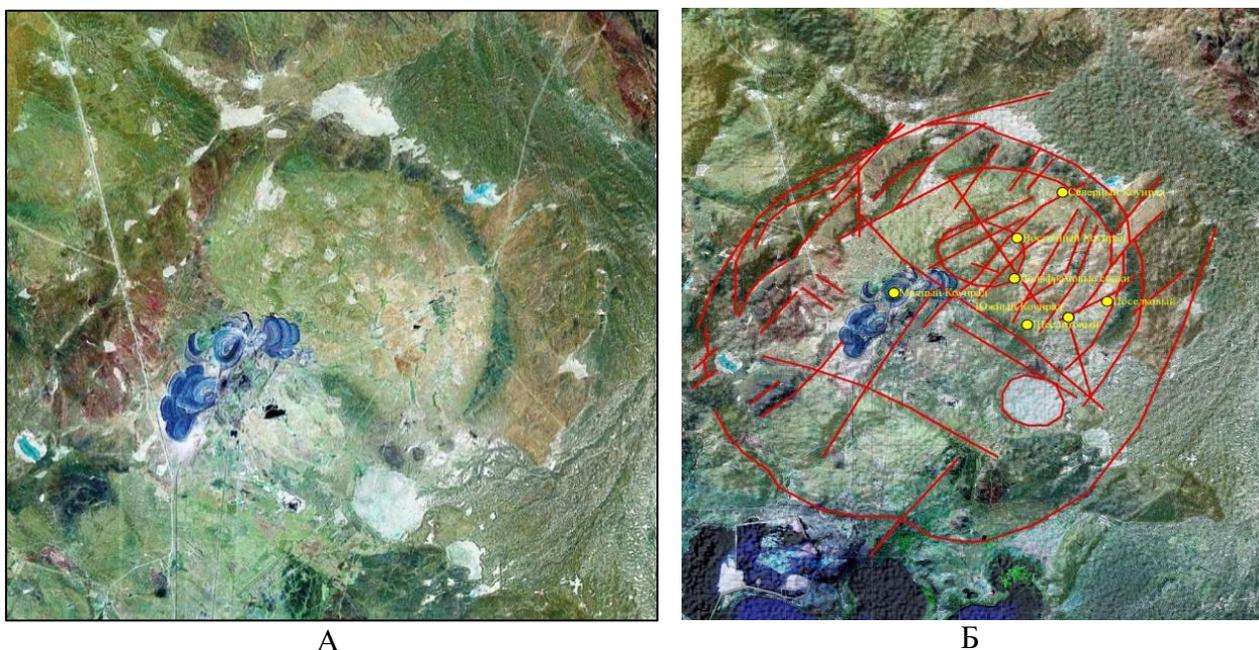


Рисунок 4.7- Кольцевая структура Большой Коньрат на снимке Landsat: А – до дешифрирования, Б – после дешифрирования [149]

КС Медный Коньрат детально и многократно изученная, представляет собой купольную вулcano-плутоническую структуру, в центральной части которой (жерловине) локализована гранодиорит-порфировая интрузия, являющаяся наиболее поздней фазой «материнского» интрузивного комплекса габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитовой формации (рис. 4.7А, Б)

Выделенная [149] система магматогенных КС Большой Коньрат, прекрасно дешифрируемая на космических снимках (см. рис. 4.7 А, Б) и четко интерпретируемая в магнитном аномальном поле (рис. 4.8) является полихронной долгоживущей (от раннего карбона до перми) структурой. Пространственная совмещенность столь разновозрастных интрузивных образований в единой КС позволяет предполагать расположение её, как магматического центра над магматическим очагом, сформированным вблизи нижней границы коры восходящими астеносферными потоками магмы, тепла, воды и летучих.

Гетерогенный состав пород, слагающих систему КС Большой Коньрат, их разновозрастность и различная металлогеническая специализация – свидетельство длительной эволюции подобных магматических центров, с которыми связаны месторождения различных геолого-промышленных типов.

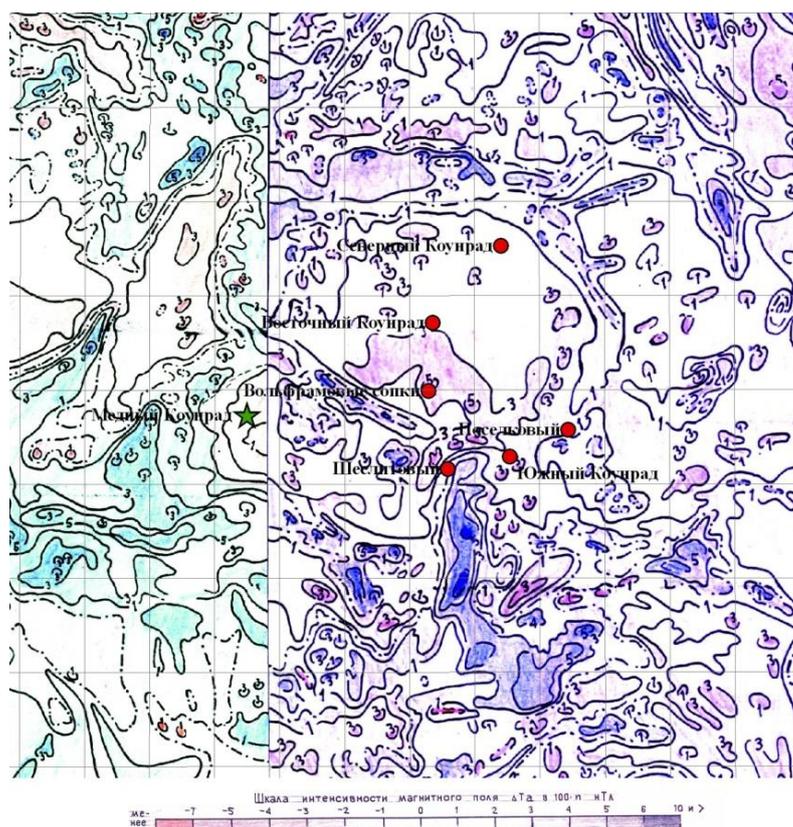


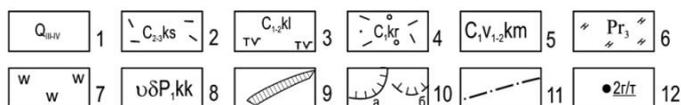
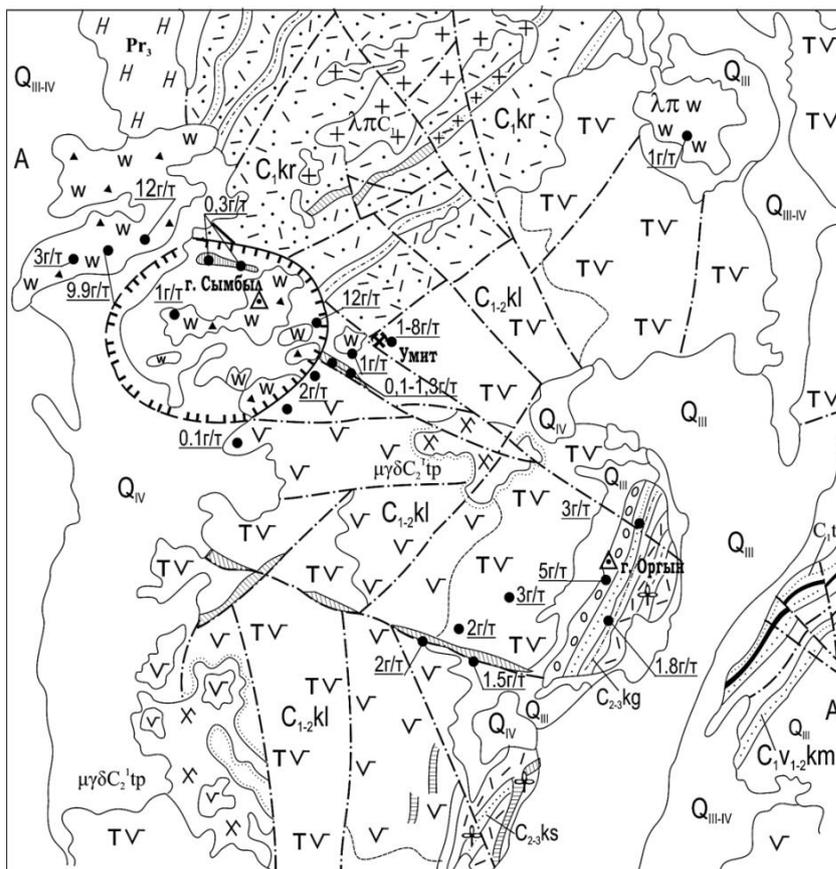
Рисунок 4.8 – Кольцевая структура Большой Конырат в аномальном магнитном поле, м-б: 1:200 000 [149]

**Перспективная золоторудная КС Сымбыл** находится в восточном борту долины реки Карабулак и в геологическом плане располагается на стыке двух крупных – Тасарал-Кызылэспинской и Южно-Токрауской структурно-формационных зон (рис. 4.9) [95, 114].

Великолепно выраженный в рельефе массив вторичных кварцитов с наиболее высокой сопкой Сымбыл (рис. 4.10) представляет собой жерловину позднепалеозойского вулкана с одноименным названием. Интенсивно переработанные породы жерловой фации - вулканические брекчии, агломератовые туфы, флюидальные лавы и дайкоподобные рвушие тела, главным образом, риолитового и риодацитового составов – достаточно резко выступают над депрессией изометричной формы, которая с севера, востока и юго-востока оконтуривается четко дешифрируемым дугообразным разломом, большая часть которого к тому же подчеркнута, вытянутыми соответственно направлению его, такырами.

Описываемый кольцевой разлом является границей кальдеры вулкана Сымбыл, западная часть которого, перекрыта рыхлыми отложениями долины реки Карабулак, или «срезана» этой мощной зоной региональных разломов, совпадающих с долиной реки Карабулак (Жамши). Размер кальдеры составляет 2,5x3,0 км. По отмеченному кольцевому разлому происходило проседание и обрушение пород, в связи с чем, вся площадь внутренней части депрессии, за исключением гряды Сымбыл, выполнена рыхлыми

отложениями, среди которых редкими мелкими сопочками выступают коренные выходы вторичных кварцитов. Борта кальдеры подчеркнуты особенно хорошо в юго-восточной части небольшим уступом, где относительное превышение коренных пород над внутренней частью кальдеры составляет около 2-2,5 м. На аэрофотоснимках, на расстоянии около 3,0 км к востоку от кольцевого разлома кальдеры, прекрасно дешифрируется фрагмент еще одного дугообразного разлома, оконтуривающего, вероятно, основание всей вулканической структуры Сымбыл.



1 - современные отложения; 2 - коскызыльская свита ( $C_{2-3ks}$ ): пепловые туфы, игнимбриты риолитового состава с прослоями вулканомиктовых пород; 3 - калмакэмельская свита ( $C_{1-2kl}$ ): андези-базальты, трахибазальты, андезиты; 4 - каркаралинская свита ( $C_1kr$ ): риолиты, дациты и их туфы с прослоями туффитов и песчаников; 5 - кемельбекская свита ( $C_{1v_1-2km}$ ): песчаники, известняки, алевролиты с прослоями углистых сланцев и андезибазальтов; 6 - нерасчлененные позднекембрийские отложения: кварциты, кварц-серицитовые сланцы; 7 - вторичные кварциты по вулканитам жерловой фации вулканов Сымбыл и Северный Оргын; 8 - интрузии монцонитов, монцодиоритов топарского комплекса ( $C_2tp$ ); 9 - кварцевые жилы; 10 - границы вулканических кальдер Сымбыл и Северный Оргын: а - картируемые, б - предполагаемые; 11 - разрывные нарушения, 12 - точки минерализации с содержаниями золота в г/т.

Рисунок 4.9 – Геологическая схематическая карта перспективной золоторудной площади Сымбыл [114]

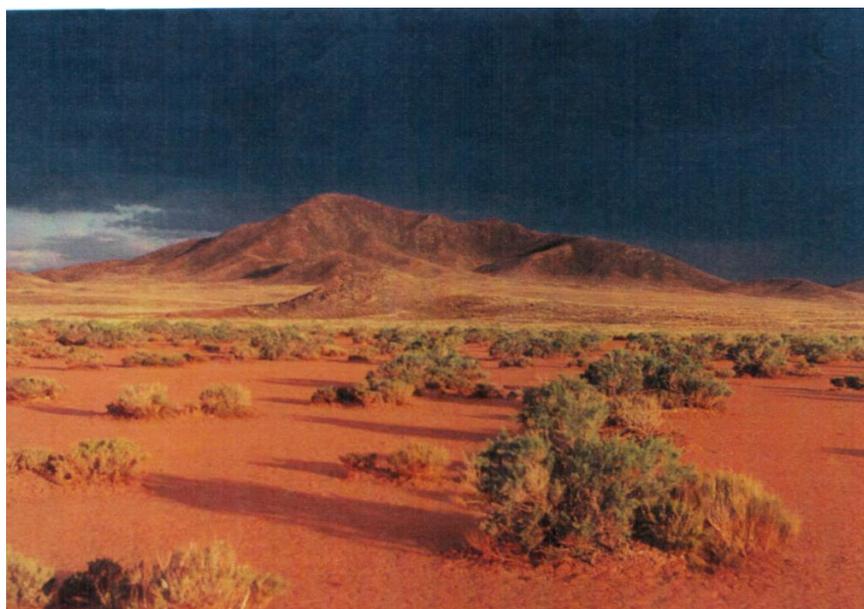


Рисунок 4.10 – Вулканическая структура Сымбыл  
(фото Фишмана И.Л., 1995) [114]

Кроме отмеченных кольцевых разломов с аэрофотоснимков и космоснимков различных масштабов достаточно ясно считаются радиальные разломы северо-восточного, юго-восточного и северо-западного направлений.

Строение Сымбыльской вулканической постройки достаточно сложное. На современном эрозионном срезе наблюдаются две основные толщи пород, одна из которых вулканогенно-осадочная риолит-риодацит-андезитовая каркаралинской свиты ( $C_1v_2-s_1kr$ ), слагает северо-восточную и северную части вулканической постройки, а вторая - вулканогенная трахиандезит-трахиандезибазальтового состава калмакэмельской свиты, ( $C_1s_2-C_2b_1$ ) обнажается в восточном, юго-восточном и южном секторах ВС Сымбыл.

Жерловая фация в основном представлена крупно-глыбовыми брекчиями кислого состава, переработанными во вторичные кварциты монокварцевой фации.

Следует также отметить проявленную систему меридиональных, дугообразных и радиальных разломов, связанных с формированием вулканотектонической структуры на завершающих этапах. К этой системе относится, видимо, разлом, совпадающий с руслом реки Жамши-Карабулак, ограничивающий с запада всю вулканотектоническую структуру Сымбыл, а также радиальные разломы с двумя центрами – к северу от горы Аргын и к югу от массива Сымбыл. В обоих случаях центры фиксируются такырными отложениями. Потенциально разломы этой системы могут играть важную роль в размещении и локализации эндогенного, в том числе и золотого оруденения.

Рудопроявление Умит находится вблизи (300 м) от узла пересечения кальдерного кольцевого разлома и радиальных – северо-восточного и юго-

восточного разломов Сымбыльской кальдеры. Последний имеет протяженность 6 км от узла пересечения до подножья гряды Аргын. Разлом представляется весьма перспективным в отношении возможности обнаружения подобных Умиту рудоносных тел метасоматитов, поскольку почти на всем его протяжении наблюдаются окварцевание, каолинизация, брекчирование, а местами он залечивается протяженными кварцевыми жилами, в одной из которых отмечаются содержания золота в основном от 0,3 до 0,5 г/т с несколькими максимальными значениями 1,2-1,5 г/т.

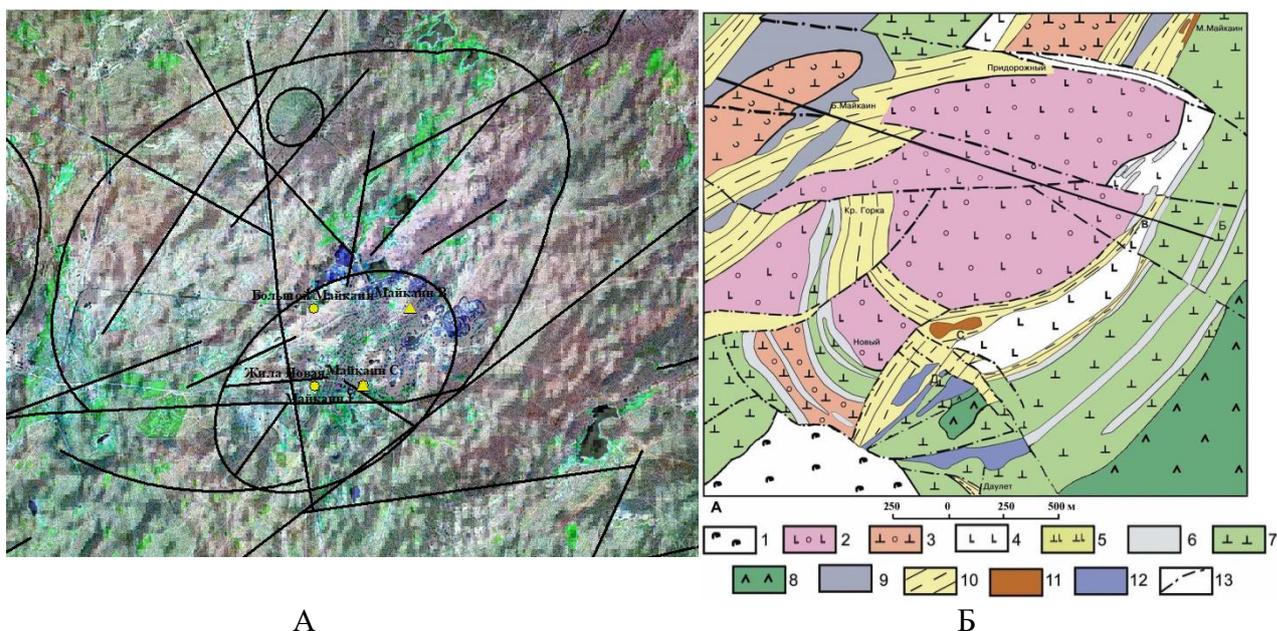
*Сымбыл Центральный* характеризуется двумя площадными геохимическими аномалиями молибдена – западной и восточной.

Западная молибденовая аномалия имеет амебообразную форму, с запада на восток протягивается на 1200 м, в середине - перегиб, краевые части имеют субмеридиональное направление и протяженность – 600-700 м. Оконтуривающая изолиния построена по коэффициенту концентрации 660, т.е. 0,0020% *Mo*, хотя внутри контура отмечаются локальные аномалии с содержаниями от 0,0030 до 0,0070%. В контуре молибденовой аномалии отмечаются локальные аномалии свинца и висмута с высокими концентрациями (*Pb* – от 0,0020% до 0,0035 %; *Pb* – 0,0035% до 0,07%). В самой западной части участка отрисована крупная аномалия свинца субмеридионального направления (сод. от 0,02 до 0,07 %). В пределах западной молибденовой аномалии отмечаются 8 определений *золота* атомно-абсорбционным методом с содержаниями от 0,27 г/т до 1,62 г/т, среднее по 8 пробам – 0,70 г/т. По Сымбылу Центральному, при работах 2012-2014 гг. отобрано 276 спектральных проб. Отобраны 24 пробы на определение *Au* (от 0,1 г/т до 3,6 г/т), среднее содержание золота на участке составляет 0,84 г/т.

### **Золоторудная Майкаинская кольцевая структура**

Месторождение Майкаин, состоящее из нескольких рудных участков, в геологической литературе впервые описано в 1898 г. А.А. Краснопольским. Большой материал по вопросу геологии Майкаина опубликован в работах В.С. Коптева-Дворникова (1946), В.М. Крейтера и др. (1958), Р.А. Борукаева (1965). Наиболее полная характеристика Майкаинского рудного поля дана в работах Л.И. Яковлева (1956, 1958, 1960, 1967). Много в изучении месторождения сделано геологами Б. К. Брешенковым и С.М. Мурзалевым. Исследованиями, проведенными в последние годы (А.Н. Таран, М.Н. Щербуняев, 1969 г.), внесены изменения в представления Л. И. Яковлева о структуре рудного поля.

Рудное поле Майкаин расположено в северо-восточной части Майкаин-Кызылтасского антиклинория. Месторождение заключено в кембрийских осадочно-вулканогенных породах, часть из которых известна под названием бошекульской свиты нижне-среднекембрийского возраста (Борукаев, 1965). Одна из небольших синклиналей Майкаин-Кызылтасского синклинория представляет собой Майкаинское рудное поле и, по мнению некоторых исследователей, является вулcano-кальдерной структурой (рис. 4.11).



А

Б

1 – туфы крупнообломочные среднего состава; 2 – туфы среднеобломочные среднего состава, лавобрекчии; 3 – туфы мелкообломочные среднего состава, андезитовые порфириты; 4 – туфы основного состава; 5 – андезито-базальтовые порфириты; 6 – горизонты осадочных пород; 7 – базальтовые порфириты; миндалекаменные афировые лавы; 8 – габбро-диабазы; 9 – гидротермально-метасоматические кварциты; 10 – кварц-серицит-хлоритовые сланцы; рудные тела: 11 – золото-барит-полиметаллические, 12 – серноколчеданные; 13 – разрывные нарушения.

Рисунок 4.11 – Схема дешифрирования (А) [96] и схема геологического строения (Б) [144] Майкаинского рудного поля

**Руды** локализуются в двух зонах рассланцевания (Главной и Западной), тяготеют к контактовой полосе нижней и верхней частей рудовмещающей толщи, слагая преимущественно линзо- и пластообразные тела, залегающие согласно со складчатыми структурами. Рудоконтролирующими являются зоны рассланцевания.

Выделяются серно-колчеданные, баритовые, баритово-полиметаллические и колчеданно-барит-полиметаллические руды. Руды участков С - Большой Майкаин, Малый Майкаин и часть рудных тел участка В сложены сплошными пиритами раннего серно-колчеданного этапа. Руды других участков Майкаина образованы либо при совмещении минеральных комплексов двух этапов, либо разновременными минеральными ассоциациями второго этапа. Именно эти руды интересны как в генетическом, так и в промышленном отношении. Особенности формирования руд и их минеральный состав охарактеризованы на примере участка В, детально разведанного и наиболее полно изученного.

**Барит-полиметаллические руды** сформировались позже колчеданных и отделены от последних тектоническими подвижками. Колчеданно-барит-полиметаллические руды, возникшие при наложении барит-полиметаллических руд на интенсивно дробленные ранние пиритовые руды,

имеют преобладающее развитие и представляют основную ценность на месторождении.

**Колчеданные руды** претерпели интенсивный динамометаморфизм, выраженный в рассланцевании их. Зоны трещиноватости залечены более поздними ассоциациями с образованием брекчиевых и полосчатых текстур. Кварц-пиритовые агрегаты, подвергшиеся давлению, приобрели полосчатость.

Какой-либо закономерности в размещении различных типов руд в сложных по составу залежах нет, что обусловлено спецификой их формирования.

Руды месторождения формировались в два этапа, несколько оторванных во времени. В первый этап синхронно с вулканической деятельностью отлагались серно-колчеданные руды. Во второй – основной рудный – этап в три последовательные стадии образовались медно-колчеданные, барит-полиметаллические и барит-медные руды. Вещество отлагалось, как при замещении рассланцованных вмещающих пород, так и путем выполнения трещин и пустот (преимущественно в брекчированных пиритах).

**Кольцевая структура Шоимбай [96-97].** Расположена также в Жанааркинском районе Карагандинской области (М-42-Г). В региональном плане структура приурочена к Сарысуйской СФЗ Жонгаро-Балхашской складчатой системы. КС структура в плане имеет диаметр примерно 19 км и хорошо выражена на космических снимках (рис. 4.12). В пределах КС отмечаются Au(Ag) рудопроявление Шоимбай (см. рис. 4.12), в центральной части структуры выявлено несколько точек минерализации меди, свинца, цинка, железа, а в юго-восточной части структуры - марганца. На геологической карте листа М-42-XXX масштаба 1:200000, в пределах структуры отмечаются метаморфические образования PR-Є<sub>2</sub>, нерасчлененные силурийские отложения и отложения девона (D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>fr). В полевой сезон были проведены картировочные маршруты с попутным опробованием. Породы девона (D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>fr) представлены осадочными отложениями: в основном красноцветными конгломератами, гравелитами с прослоями халцедонитов (см. рис. 4.12).

Нерасчлененные силурийские отложения образуют переслаивание сероцветных плитчатых алевролитов и аргиллитов (см. рис. 4.12). В южной части структуры Шоимбай хорошо обнажены выходы метаморфических образований PR-Є<sub>2</sub>, которые представлены плотными кварцитами, возможно продуктами регионального метаморфизма.

Результаты спектрального анализа 40 проб участка Шоимбай характеризуют необычный аномальный геохимический состав пород. Так содержание Co в 110 раз превышает кларк, содержание Ag в 60 раз выше кларка. Несколько больше кларка коэффициент концентрации у Pb (5,0) и Sb (3,75). Значения у всех остальных элементов ниже кларка.

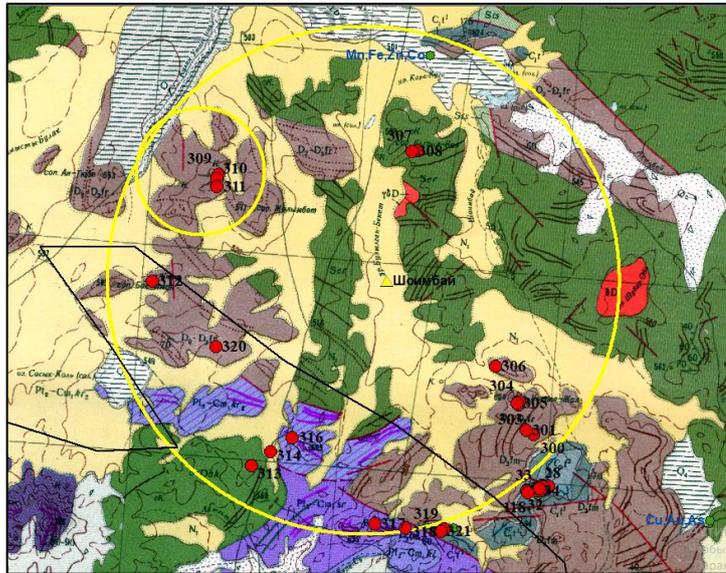


Рисунок 4.12 – Схема геологического строения КС Шоймбай с точками отбора проб

**Кольцевая структура Шоптыбай [96-97]** находится в СЗ углу планшета М-43-ХVI. В региональном плане Шоптыбайская структура приурочена к южной части Майкаинской СФЗ. В плане структура имеет диаметр около 16 км. Структура была выбрана для полевого изучения непосредственно во время выполнения полевых работ, так как находилась на одном листе со структурой Аюлы и к ней приурочены 10 проявлений меди (рис. 4.13).



- 1 – нерасчлененные четвертичные отложения, 2 – нижнекаменноугольные карбонатные отложения, 3 – средне-верхнедевонские терригенные отложения, 4 – ниже-среднедевонские вулканиты кислого состава, 5 – туфы преимущественно кислого состава, 6 – нижедевонские вулканиты среднего состава, 7 – окварцевание, 8 – вторичные кварциты, 9 – разрывные нарушения, 10 – точки медной минерализации

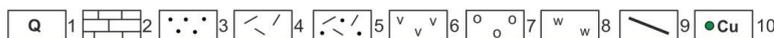


Рисунок 4.13 – Отдешифрированный космический снимок Bing района кольцевой структуры Шоптыбай [97]

В процессе геологических маршрутов картировались вулканы андезитового состава и их туфы, местами пропилитизированные, в юго-восточной части вулканогенные породы переслаиваются с маломощными пачками красноцветных конгломератов (см. рис. 4.13). Минерагеническая специализация кольцевой структуры медная, явные признаки медной минерализации были обнаружены в юго-восточной части структуры, которая представлена небольшой зоной малахитизации в измененных андезибазальтах. Параметры зоны малахитизации 50x15 м.

Металлогенический анализ листа М-43-А, показал высокую меденосность кольцевой структуры, в ней установлено 10 точек минерализации меди. Результаты лабораторных исследований проб, отобранных с этих точек минерализации, показали повышенные содержания в них меди и серебра - Cu около 1%, Ag около 30-50 г/т.

## **5 НАУЧНО-ОБОСНОВАННАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕРСПЕКТИВ СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННЫХ ЗОН ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА С ПОЗИЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СВЯЗИ С НИМИ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ**

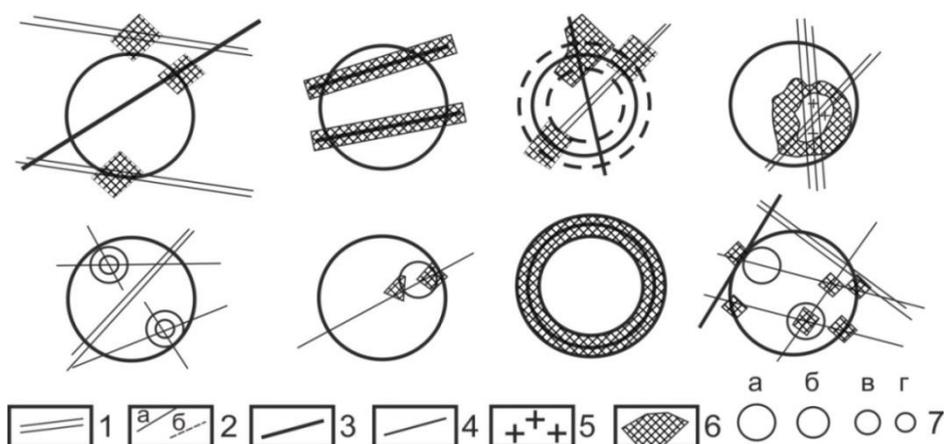
Следует отметить, что с самого начала изучение кольцевых структур имело ярко выраженную прикладную, прежде всего металлогеническую и поисковую направленность. На примере различных регионов была показана исключительно важная роль кольцевых структур в локализации многих видов полезных ископаемых [6, 8, 47, 79, 81-89, 110-112, 114, 118, 119 и др.].

В соответствии с флюидодинамической концепцией образования месторождений полезных ископаемых, выдвинутой Б.А. Соколовым и В.И. Старостиным [150], можно было предположить, что структурный контроль, установленный, например, для месторождений углеводородов, должен проявиться в пространственном размещении месторождений как металлических, так и неметаллических полезных ископаемых, так или иначе связанных с гидротермальной деятельностью, то есть с флюидодинамическими процессами. Логично было представить, что наиболее выраженную рудоконтролирующую роль, для основной массы месторождений, связанных с флюидодинамическими процессами, могли «играть» зоны проницаемости, образованные эндогенными процессами, либо космогенными [150].

Предполагается, что определенным генетическим типам кольцевых структур соответствует только свой специфичный набор полезных ископаемых. Однако достаточно уверенно распознать минерагеническое «лицо» того или иного типа КС не всегда удается однозначно, поскольку кольцевые структуры во многих случаях усложняются, перекрывая друг друга. В течение геологической истории происходит наложение более молодых кольцевых структур на древние – их своеобразная интерференция.

При исследованиях в данном направлении выявлены типовые позиции взаимоотношения структурных элементов, при которых возникают максимально благоприятные условия для локализации рудного вещества в пределах кольцевого объекта. Такие благоприятные условия распределения повышенной минерализации полезных компонентов, по мнению В.В. Соловьева [5] (рис. 5.1), могут создаваться: **1.** Во внешних, или периферических контурах кольцевых структур; особенно в условиях, когда последние оконтурены кольцевыми разломами или представляют собой плутоны разных размеров; **2.** За контурами кольцевых структур, но вблизи них, если они окаймляются складчатыми поясами; **3.** В зонах пересечения кольцевых структур с пересекающими их или с сопряженными с ними разломами (или линеаментами) различных рангов и размеров; **4.** В областях интерференции (сгущения) кольцевых структур разного размера и

различного генезиса; **5**. В апикальных частях плутонов, отраженных в виде кольцевых структур.



1 - региональные разломы; 2 - кольцевые разломы вулкано-платонических структур (а), их внешние и внутренние зоны (б); 3 - локальные разломы; 4 - оперяющие разломы; 5 - гранитные плутоны центрального типа; 6 - площади, благоприятные для месторождений полезных ископаемых; 7 - кольцевые структуры, индуцирующие: а - локальные структуры, б - слепые интрузии, в - некки, субвулканические интрузии, г - апикальные выступы интрузий, штоки

Рисунок 5.1 – Модели структурно-тектонического контроля оруденения в вулканогенных поясах Центрального Казахстана [5]

Во всех перечисленных случаях, список которых можно продолжить, определяющим фактором является степень проницаемости земной коры, обусловленная ее раздробленностью. В зависимости от положения зоны проницаемости по отношению к кольцевой структуре локализация полезных компонентов может идти как в периферических, так и в центральных частях. Учитывая только одно из перечисленных условий, а именно – возможность пересечения кольцевых структур в зоне их интерференции с линейными, В.В. Соловьев на территории бывшего СНГ рекомендовал ряд перспективных областей [5].

По мнению многих ученых [5, 8, 84, 105, 110, 111 и др.] современные металлогенические исследования, особенно континентальных вулканических поясов, невозможны без детального анализа кольцевых структур.

Особое значение изучение кольцевых структур приобрело при прогнозировании и поисках низкотемпературного оруденения, связанного с вулкано-тектоническими структурами в ВПП. В вулканических поясах известны месторождения меди, золота, серебра, олова, полиметаллов, при поиске которых особенно важны кольцевые структуры, фиксирующие положение вулканов центрального типа и залегающих под ними периферических магматических очагов, расположение дуговых и радиальных разломов.

Исходя из сказанного, встала задача проведения статистического анализа рудоносности кольцевых структур исследуемого региона.

Для этого был проведен анализ «Карты кольцевых структур Центрального Казахстана» совместно с другими материалами металлогенического профиля: «Карты полезных ископаемых Казахстана, м-ба 1:1 000 000, гл. редактор Б.С. Ужкенов, 2003 г.» [151]; «Прогнозно-металлогенической картой Казахской ССР» м-ба 1:500 000, Серия Центрально-Казахстанская, гл. редактор Л.Ф.Думлер, 1986 г. [132]; «Карты золотоносности Жонгаро-Балхашской скаладчатой системы» м-ба 1:500 000, составители Э.Ю. Сейтмуратова, П.К. Жуков (1998 г.); «Карта меденосности территории Республики Казахстан» м-ба 1:1 500 000, составители О.М. Тюгай, Б.С. Зейлик и др. (2002 г.); Каталоги рудопроявлений, пунктов минерализации, месторождений полезных ископаемых отчетов по ГДП-50 и ГДП-200.

Осуществлена привязка отмеченных карт в программе ArgGIS и снятие рудной нагрузки с них с составлением таблицы атрибутов. Далее данные по рудоносности сведены в единую базу данных в ArcGIS Database с разделением категоричности типов оруденения и масштабности (крупные, средние, мелкие месторождения, рудопроявления и точки минерализации). По этим данным была составлена таблица 5.1 полистной рудоносности исследуемого региона.

Таблица 5.1 – Рудоносность территории Центрального Казахстана (17 планшетов м-ба 1:500 000) [97].

| №            | Номенклатура листа | Характеристика рудоносности КС      |                       |                      |                                      |                       |
|--------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|              |                    | очень крупные/крупные месторождения | средние месторождения | мелкие месторождения | точки минерализации и рудопроявления | общее к-во проявлений |
| 1            | N-42-B             | 1/6                                 | 32                    | -                    | -                                    | 39                    |
| 2            | N-42-Г             | 2/8                                 | -                     | -                    | 9                                    | 46                    |
| 3            | N-43-B             | -                                   | 1                     | 24                   | 6                                    | 31                    |
| 4            | M-42-A             | 0/3                                 | 3                     | 12                   | 22                                   | 40                    |
| 5            | M-42-B             | -                                   | 4                     | 9                    | 27                                   | 40                    |
| 6            | M-42-B             | 1/0                                 | 6                     | 19                   | 177                                  | 202                   |
| 7            | M-42-Г             | 0/4                                 | 8                     | 17                   | 180                                  | 209                   |
| 8            | M-43-A             | 0/1                                 | 1                     | 6                    | 199                                  | 207                   |
| 9            | M-43-B             | -                                   | 8                     | 12                   | 291                                  | 311                   |
| 10           | M-43-B             | 1/1                                 | 11                    | 17                   | 461                                  | 495                   |
| 11           | M-43-Г             | 0/2                                 | 13                    | 8                    | 360                                  | 383                   |
| 12           | L-42-A             | 2/4                                 | 2                     | 13                   | 40                                   | 61                    |
| 13           | L-42-B             | 1/5                                 | 3                     | 19                   | 164                                  | 192                   |
| 14           | L-43-A             | 6                                   | 10                    | 22                   | 290                                  | 328                   |
| 15           | L-43-B             | 0/1                                 | 8                     | 17                   | 80                                   | 106                   |
| 16           | L-44-A             | 2/0                                 | 3                     | 10                   | 96                                   | 111                   |
| <b>Итого</b> |                    | <b>26</b>                           | <b>113</b>            | <b>205</b>           | <b>2283</b>                          | <b>2801</b>           |

Статистический анализ полистного распределения рудоносности на изученной площади показал, что наибольшее количество проявлений рудной минерализации выявлено на листах М-43-В-(495); М-43-Г-(383); М-43-Б-(311); L-43-(328). В меньшем количестве минерализация установлена на листах: М-43-А-(207); М-42-В-(202); М-42-Г-(209); L-42-Б-(192); в заметно меньшем на листах L-43-Б-(106); L-44-А-(117); В разрез с приведенными числами совершенно в незначительном количестве установлена рудоносность на остальных листах Центрально-Казахстанской серии N-42-В (39); N-42-Г-(16); N-43-В-(31); М-42-А-(40); М-42-В-(40); L-42-А-(61).

Первое, что бросается в глаза при анализе данных таблицы 5.1, это крайне неравномерное распределение минерализации на территории Центрального Казахстана. Отмеченное, в какой-то мере, может быть следствием неравнозначной опосредованности различных регионов Центрального Казахстана. Более четко данный факт объясняется со структурно-вещественных позиций. Так, на площадях первых четырех планшетов, характеризующихся наивысшим количеством рудной минерализации, более чем на 75% развиты вулканоплутонические ассоциации пород, участвующие в строении Девонского (Центрально-Казахстанского) и позднепалеозойских вулканоплутонических поясов. Высокая металлоносность современных ВПП, вероятно, характерна и для казахстанских палеовулканоплутонических поясов. Совмещение на одних и тех же листах разновозрастных ВПП и дают эффект их высокой рудоносности.

В геологическом строении площадей второй группы планшетов с несколько меньшим количеством минерализации (209-106) участвуют вулканоплутонические комплексы только Девонского островодужного Боцекольского или только позднепалеозойских ВПП.

Учитывая, как это показали данные таблицы 5.1, что рудоносность любой территории прежде всего зависит от состава слагающих ее породных комплексов и соответственно обстановок их формирования, диссертант решил проанализировать связь рудоносности КС в рамках структурно-формационных зон [152] (рис. 5.2). Составленная по такому принципу таблица 5.2 позволяет сделать ряд выводов о характере распределения рудоносных КС в различных СФЗ Центрального Казахстана; преобладании того или иного типа минерализации, что подтверждает или уточняет ранее выявленную металлогеническую специализацию СФЗ, о различной интенсивности проявления рудной нагрузки в рудоносных КС, для каких геолого-промышленных типов месторождений КС играют бесспорно рудолокализирующую роль. Таким образом, анализ данных таблицы 5.2 позволит дать оценку промышленных перспектив рудоносности СФЗ Центрального Казахстана.

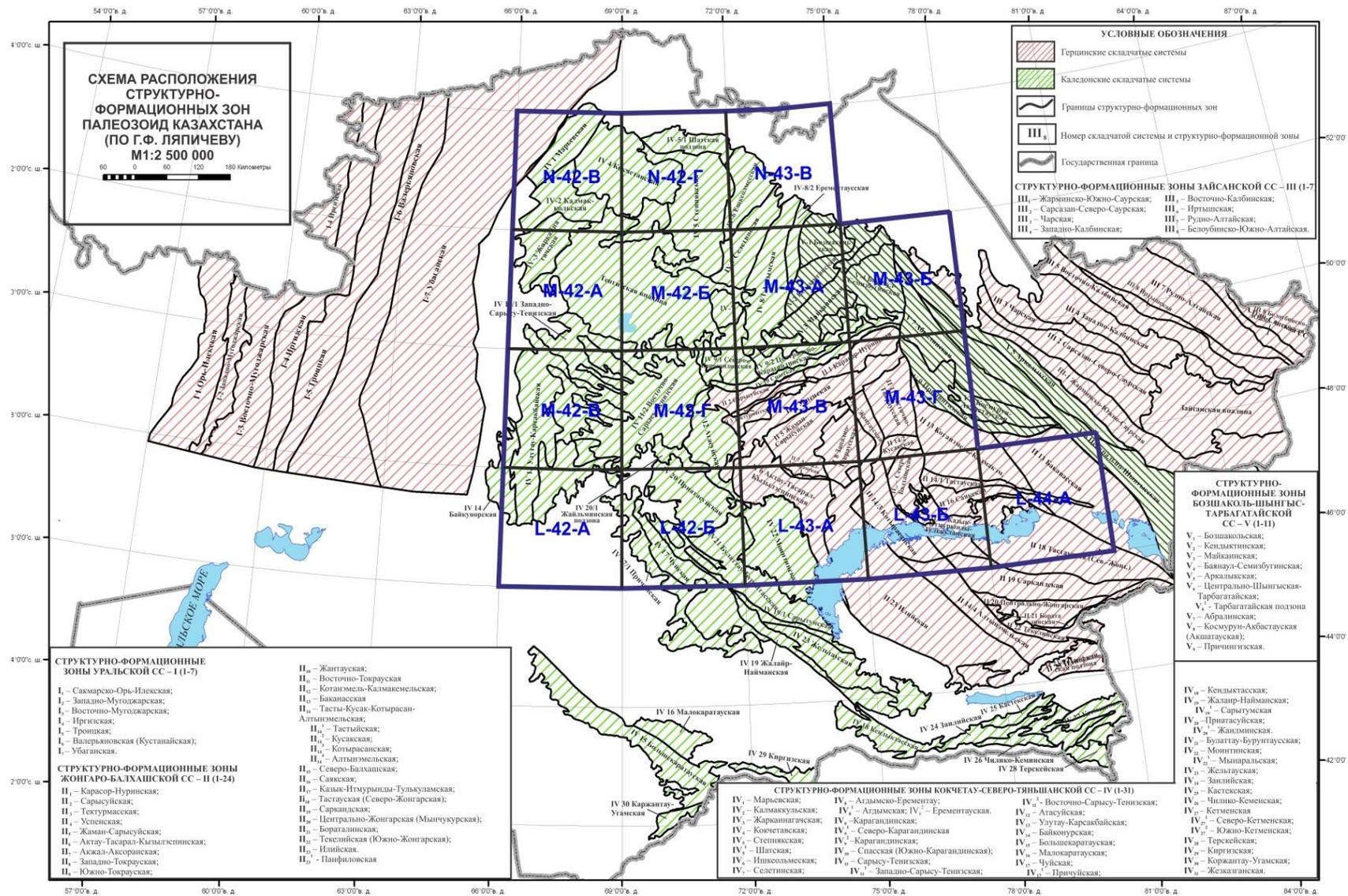


Рисунок 5.2 – Схема расположения структурно-формационных зон палеозоид Казахстана [152]

**Таблица 5.2 – Интенсивность проявления рудной минерализации в структурно-формационных зонах Центрального Казахстана и количество её в пространственной связи с кольцевыми структурами [97]**

| Наименование СФЗ                      | К-во КС | очень крупные/<br>крупные<br>мест-я | средние<br>мест-я             | мелкие<br>мест-я                | точки минерализации и<br>рудоявления                          | общее<br>к-во<br>минерализации | к-во минерализации в<br>пространс.<br>связи с КС | Палеобстановки<br>формирования  | Металлог<br>специация,<br>к-во типов<br>минер. ( ) |
|---------------------------------------|---------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|--|---------------------------------|--|
| 1                                     | 2       | 3                                   | 4                             | 5                               | 6   | 7                              | 8  | 9                               | 10   |
| Марьевская                            | 51      |                                     |                               | 3 Cu, U, Pb                     | Нет данных  | 3                              | 2Cu/ 66%   | Островодужн ВПП (ОД ВПП)        | Cu (1)   |
| IV 2 Калмаккульская                   | 66      | 6 U                                 |                               | 8 / 7U, 1Al                     | 2 Cu  | 16                             | 13 / 80%   | ОД ВПП                          | U (3)  |
| IV 3 Жаркайнагачкая                   | 56      | 1 Al                                | 1 Fe                          | 6 / 3Fe, 1Au, 2 U               | Нет данных  | 8                              | 4 / 50%  | Континент рифт                  | Fe (3)   |
| IV 4 Кокчетавская                     | 76      | 6 – 1Sn,<br>1W(Bi) 1Au,<br>3U       | 6 – 3U,<br>2Ta,Zr,Ti          | 7 – 1 Au, 3U,<br>2TR,Ti,Zr, 1Fe | Нет данных  | 19                             | 15\ 79%  | Сводовое поднятие               | U (5)  |
| IV 5 Степнякская                      | 71      | 2 U                                 | 1 Au                          | 18 / 8 Au, 3 Fe,<br>6U, 1 Al    | 24 / 12Al, 5Au, 1Cu, 6 Fe                                     | 45                             | 40\ 88%  | ОД ВПП                          | Au (5)   |
| IV 5/1 Шатская<br>подзона             | 14      | 2 U                                 | 1 Zr                          | 2 / 1Au, 1U                     | Нет данных  | 5                              | 3\ 60%   | ОД ВПП                          | U (3)  |
| IV 6 Ешкеольмесская                   | 54      | 2 U                                 | 3 Au                          | 10 / 2Au, 1Cu,<br>7U            | 15 / 7Cu, 8Au   | 30                             | 26\ 86%  | Энсиал. ОД ВПП                  | Au (3)   |
| IV 7 Селетинская                      | 54      | 1 Au                                | 10 / 2Al,<br>4Au, 2Cu,<br>2Sb | 13 / 4Al, 8Au,<br>1Cu           | 42 / 12Al, 22Au, 7Cu, 1Fe                                     | 66                             | 52\ 78%  | Преддуг. бассейн, окр-к.<br>ВПП | Au (5)   |
| IV 8/1 Агдымская                      | 35      |                                     | 1 Fe                          | 4 / 2Fe, 1U,<br>1Au             | 15 / 1Ti,Zr, 2Al, 2Fe, 3Au,<br>2Pt, 1PbZn, 4 Cu               | 20                             | 9\ 45%   | Энсиматичес. ОД ВПП             | Fe (8)   |
| IV 8/2 Ерементавская                  | 8       |                                     |                               | 1Fe                             | 10 / 6Cu, 1Mo, 1W, 2au  | 11                             | 6\ 54%   | Глубоководн. море               | Cu (5)   |
| IV9/1 Северо-<br>Карагандинская       | 33      | 1Cu                                 | 1Au                           | 1Cu                             | 37 / 17Cu, 8Au, 7Pb,Zn,<br>1Fe,Mn, 4 Al                       | 40                             | 35\ 87.5%  | Девонский ВПП                   | Cu (5)   |
| IV9/2 Центральн-<br>Карагандинская    | 18      |                                     | 1Cu                           | 2Cu                             | 14 / 9Cu, 1Ba, 1Al, 1Fe,<br>1Mn,Zn 1Zn,Mn                     | 17                             | 10\ 58%  | Девонский ВПП                   | Cu (5)   |
| IV 10 Спасская                        | 31      |                                     | 2 / 1Cu,<br>1Au               | 2 / 1Cu, 1Au                    | 109 / 97Cu, 4Ba,Pb,Zn,<br>1Mn,Pb,Zn, 4Au, 3Al                 | 113                            | 87\ 76%  | Девонский ВПП, конт.рифт        | Cu (5)   |
| IV 11/2 Восточно-<br>Сарысу-Тенизская | 81      |                                     | 1Au                           | 5 / 3Au, 1Cu,<br>1Sn            | 44Pb,Zn,Ba, 28 Au, 18<br>Mo,W,Bi,Sn, 13 Al, 13<br>Fe,Mn, 5 Cu | 127                            | 107\ 84  | Девонский ВПП                   | Pb,Zn,Ba<br>(5)                                    |

|                                  |    |                       |                         |                           |  |     |           |                                |                 |
|----------------------------------|----|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--|-----|-----------|--------------------------------|-----------------|
| IV 11/1 Западно-Сарысу-Тенизская | 51 | 2Al                   | 3 / 2Al, 1Mn            | 1Cu                       | 39 / 6Au, 17Pb,Zn,Ba, 2 W,Mo, 11Fe,Mn, 2Cu, 1Al              | 45  | 42\ 93,3% | Эпиконтинент. море             | Pb,Zn,Ba (6)    |
| IV 11/3 Жаильминская             | 15 | 4 / 3Ba,Pb,Zn 1 Fe,Mn | 6 / 3Ba,Pb,Zn, 3 Fe,Mn  | 7 / 3Fe,Mn, 4 Ba,Pb,Zn    | 29 / 19Fe,Mn, 10Ba,Pb,Zn                                     | 46  | 26\ 56%   | Континент. рифт                | Pb,Zn,Ba (2)    |
| IV 12 Атасуйская                 | 17 | 1Pb,Zn,Ba             |                         | 4 / 3Pb,Zn,Ba, 1Mn,Fe     | 46 / 5Ni,Co, 11Mn,Fe, 18Au, 6Pb,Zn, 6 W,Mo                   | 51  | 42\ 82%   | Континент. рифт, эпиконт. море | Au (5)          |
| IV 20 Приатасуйская              | 38 | 3 W,Mo,Bi, Sn         |                         | 6 / 2Pb,Zn, 3U, 1Cu       | 123 – 11Au, 8Cu, 36Pb,Zn,Ba, 7Ni,Co, 7Fe,Mn, 54W,Mo,Bi,Sn    | 132 | 103\ 78%  | Девонский ВПП, эпиконт. море   | W,Mo,Bi, Sn (7) |
| IV 13 Улутау-Карсакбайская       | 78 | 2 Tr-It               | 2 / 1Pb,Zn, 1Fe         | 15 / 10Fe, 1Al, 4Au, 4Cu  | 99 / 3Al, 6W,Bi,Mo, 13Au, 27Cu, 22Fe,Mn, 15Pb,Zn,Ba, 13Ni,Co | 118 | 86\ 73%   | Континент. рифт                | Cu (9)          |
| IV 31 Жезказганская              | 22 | 1 Cu                  | 4Cu                     | 9 / 7Cu, 2 Mn             | 21 / 13Cu, 8 Fe,Mn   | 35  | 28\ 80%   | Тыловая впадина                | Cu (3)          |
| IV 22 Моинтинская                | 55 |                       | 2Cu                     | 4 / 1Fe,Mn, 3W,Mo,Sn,Bi   | 61 / 11Au, 7W,Mo,Be, 19Pb,Zn, 5Fe,Mn, 19Cu                   | 67  | 47\ 68%   | Девонский ВПП                  | Cu (4)          |
| IV 21 Буллатау-Бурунтауская      | 41 |                       | 3 / 1Sn, 1Au, 1Pb,Zn    | 9 / 5W,Mo, 2Pb,Zn,Sn, 2Au | 42 / 13Au, 5Ni,Co, 1Cr, 2Ti,Zr, 12Pb,Zn, 9W,Mo,Sn            | 54  | 46\ 85%   | Океаническ. обст. рифт         | Au (6)          |
| IV 19 Жалайыр-Найманская         | 6  | 1Au                   | 7 / 5Au, 1Pb,Zn, 1Fe,Ti | 11 / 7Au, 1Cu, 3U         | 8 / 1Cu, 2Au, 4Ni,Co, 1Cr                                    | 28  | 18\ 64%   | Океаническ. рифт               | Au (6)          |
| IV 17 Чуйская                    | 13 |                       | 2 / 1Sn, 1Fe            | 5 / 3U, 2Au               | 11 / 4Fe, 4Au, 1V,Mo, 1Sn, 1Pb,Zn                            | 18  | 13\ 72%   | Девонский ВПП                  | Au (6)          |
| V 1 Бозшакольская                | 26 | 1Cu                   | 1Au                     | 4 / 3Au, 1Al              | 20 / 2Co,Ni, 5Al, 2Ti,Zr, 6Cu, 5 Au                          | 26  | 17\ 65%   | Энсиматичес. ОД                | Au (5)          |
| V 2 Кендыктинская                | 29 |                       |                         | 2 / 1Cu, 1Au              | 88 / 7Au, 74Cu, 1Mo,W, 4Ni,Co, 2Pb,Zn                        | 90  | 76\ 84%   | Энсиматичес. ОД                | Cu (5)          |
| V 3 Майкаинская                  | 52 | 2 / 1Ni,Co, 1Mo,W     | 4 / 3Au, 1Cu            | 8 / 3Ni,Co, 5Au           | 128 / 57Cu, 20Ni,Co, 38 Au, 2Fe, 3Al, 7Zn,Pb, 1Bi            | 141 | 110\ 78%  | Офиол. зона, океанич. рифт     | Cu (7)          |
| V 4 Екибазтуз-Шидертинская       | 63 |                       | 1Au                     | 3 / 1Au, 1Pb,Zn, 1Fe      | 149 / 111Cu, 19Au, 8Pb,Zn, Ba, 4W,Mo,Be, 6Fe, 1Ni            | 153 | 145\ 95%  | Энсиматичес. ОД                | Cu (6)          |
| V 9 Причингизская                | 20 |                       | 1Au                     | 2Cu                       | 46 / 5Au, 27Cu, 4Fe, 1Nb, TR, 6Pb,Zn, 1Ni,Co, 2Hg            | 49  | 35\ 72%   | Девонский ВПП                  | Cu (7)          |
| II 1 Карасор-Нурина              | 29 |                       | 1Cu                     | 1Cu                       | 66 / 55Cu, 2Au, 8Pb,Zn, 1Fe                                  | 68  | 57\ 84%   | Глубоковод. море               | Cu (4)          |
| II 2 Сарысуйская                 | 39 |                       |                         | 3Au                       | 25 / 12Au, 8Cu, 2Mn,Fe, 2Pb,Zn, 1Mo                          | 28  | 19\ 68%   | Глубоковод. впадин. окр_м      | Au (5)          |
| II 3 Тектурмаская                | 5  |                       |                         | 2 / 1Au, 1Cu              | 8 / 2Fe,Mn, 2Cr, 2Au, 2Ni,Co                                 | 10  | 4\ 40%    | офиолит. пояс                  | Au (4)          |

|                                   |    |                    |                                  |  |   |     |          |                                     |                     |
|-----------------------------------|----|--------------------|----------------------------------|--|---|-----|----------|-------------------------------------|---------------------|
| П 4 Успенская                     | 82 | 3 W,Mo             | 2 /<br>1W,Mo,<br>1Pb,Zn          | 8 / 3Cu,<br>2Fe,Mn,<br>2W,Mo, 1U           | 154 / 29Au, 43Cu,<br>38W,Mo,Be,Sn, 30Pb,Zn,<br>10Fe,Mn, 2Cr, 2Ni,co | 167 | 140\ 84% | Конт. рифт, PZ <sub>3</sub> ВПП     | Cu (7)              |
| П 5 Жаман-Сарысуйский             | 47 | 5 / 1Cu, 3W,<br>Mo | 3 / 1Cu,<br>2W,Mo                | 7 / 3Pb,Zn,<br>2W,Mo, 1Cu,<br>1Au          | 140 / 62Au, 33Cu,<br>28W,Mo, 2Fe,Mn,<br>13Pb,Zn, 2Al                | 155 | 141\ 91% | Остаточн. бассейн                   | Au (6)              |
| П 6 Актау-Тасарал-Кызылэспинс     | 60 | 1Cu                | 5 / 2Pb,Zn,<br>Ba, 1Cu,<br>2Mo,W | 15 / 1Cu, 6Pb,Zn,<br>2Fe,Mn, 4Mo,W,<br>2Au | 184 / 65Pb,Zn, 49Au,<br>30Cu, 27W,Mo,<br>7Fe,Mn, 6Al                | 205 | 183\ 90% | Докембр. платформ. с<br>налож. ДВПП | Pb,Zn (6)           |
| П 9 Южно-Токрауская               | 40 |                    | 2 / 1Pb,Zn,<br>1Mo               | 1Au  | 65 / 17Au, 10Cu, 4W,Mo,<br>16Al, 10Pb,Zn, 8Fe                       | 68  | 61\ 90%  | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП             | Au (6)              |
| П 8 Западно-Токрауская            | 77 |                    | 1W,Mo                            | 9 / 4Au,<br>3Pb,Zn, 1Cu,<br>1Mo,W          | 182 / 70Au, 29Cu,<br>23W,Mo, 38Pb,Zn 22Al                           | 192 | 180\ 94% | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП             | Au (5)              |
| П 10 Жантауская                   | 24 |                    | 1Cu                              | 1Pb,Zn                                     | 39 / 14Au, 10Cu, 8Pb,Zn,<br>7Mo,W                                   | 41  | 33\ 80%  | Континет. рифт                      | Au (4)              |
| П 11 Восточно-Токрауская          | 50 | 2 / 1Pb,Ba, 1Al    | 6 / 4Cu,<br>1Pb,Zn,<br>1Fe       | 8 / 2Cu,<br>4Pb,Zn, 1Bi,<br>1Fe            | 116 / 24Au, 19Cu,<br>13W,Mo, 4Fe, 9Nb,TR,<br>24Pb,Zn, 23Al          | 132 | 121\ 92% | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП             | Cu-Au-<br>Pb,Zn (7) |
| П 12 Котанэмель-Калмакэм          | 79 |                    | 2 Au                             | 2 / 1Au, 1Fe                               | 116 / 54Au, 41Cu, 3Fe,<br>9Pb,Zn, 2W,Mo, 7Al                        | 120 | 92\ 77%  | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП             | Au (6)              |
| П 13/1 Зап.Баканаская             | 11 |                    |                                  | 1Cu  | 11 / 9Au, 2Cu   | 12  | 10\ 83%  | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП             | Au (2)              |
| П 13/2 Вост. Баканаская           | 54 |                    |                                  | 5 / 3Cu, 4Au                               | 75 / 62Cu, 12Au, 1Pb  | 84  | 71\ 85%  | PZ <sub>3</sub> Б-И ВПП, конт. рифт | Cu (3)              |
| П 14/1 Тастыйская                 | 26 | 2Cu                | 2Cu                              |  | 11 Au, 13Cu   | 26  | 17\ 65%  | Окр.-конт. ВПП                      | Cu (2)              |
| П 14/2 Кусакская                  | 20 |                    | 1W,Mo                            |  | 17 / 10Au, 5Cu,1Fe,<br>1Pb,Zn                                       | 18  | 15\ 83%  | Окр.-конт. ВПП                      | Au (5)              |
| П 14/3 Котырассанская             | 47 | 1Cu                | 5 / 2Cu,<br>3Mo,W                | 2 / 1Cu, 1Mo                               | 60 / 12Au, 2Fe, 3Pb,Zn,<br>18Al, 19Cu, 6W,Mo                        | 67  | 62\ 92%  | Окр.-конт. ВПП                      | Cu (5)              |
| П 15 Северо-Балхашская            | 28 |                    | 3Au                              | 2Au, 1Cu                                   | 20 / 17Au, 1W,Mo, 2Fe,Ti  | 25  | 19\ 76%  | Окраинное море                      | Au (4)              |
| П 17 Итмурунды-Казык-Тулкуламская | 5ф |                    |                                  |  | 4Au, 4Ni,Co, 2Fe,Ti   | 10  | 7\ 70%   | Офиол. зона                         | Au-Ni(Co)<br>(3)    |
| П 16 Саякская                     | 35 |                    | 4 /<br>1Mo,W,<br>2Cu, 1Au        | 5 / 4Cu, 1Au                               | 42 / 20Au, 11Cu, 7Fe,Ti,<br>4Au                                     | 51  | 43\ 84%  | Остаточн. Морской бассейн           | Au (4)              |

Данные графы 2 таблицы 5.2, характеризующие количество кольцевых структур в СФЗ, вынесенных с «Космогеологических карт» м-ба 1:500 000 показывают, что кольцевые структуры дешифрируются во всех СФЗ Центрального Казахстана. За исключением Ерементausкой (8) и Казык-Итмурынды-Тюлкуламской (5) СФЗ, в которых дешифрируются единицы кольцевых структур, во всех остальных СФЗ кольцевые структуры выявляются десятками, варьируя от 14-20 до 40-80 в зоне. Необходимо отметить, что Байбатша А.Б. в работе [90] в Улутау-Карсакбайской СФЗ отдешифрировал более 60 КС, что близко к количеству отдешифрированных нами КС (78) (таблица 5.2).

Устанавливается следующая четкая закономерность проявления кольцевых структур на исследуемой территории – все СФЗ с длительными палеогеодинамическими обстановками энсиалических и энсиматических островных дуг, вулканоплутонических поясов, океанических и континентальных рифтов характеризуются наибольшей интенсивностью проявления кольцевых структур в магматогенной природе которых не приходится сомневаться.

Анализ рудоносности выше перечисленных металлогенических материалов, разнесенной по СФЗ Центрального Казахстана показал (см. табл. 5.2) крайне неравномерное распределение рудной минерализации на исследуемой территории. Так, если в Спасской СФЗ выявлено всех проявлений минерализации – 115; в Восточно-Сарысу-Тенизской – 127; Приатасуйской -132; Карсакбайской – 118; Майкаинской - 141; Екибастуз - Шидертинской – 153; Успенской – 167; Жаман-Сарысу-Суйской – 155; Актау-Тасарал-Кызылэспинской – 205; Западно-Токрауской – 192; Восточно-Токрауской – 132; Котанэмель-Калмакэмельской – 120, то в остальных 36 СФЗ количество проявлений различных полезных ископаемых варьирует от 5 (IV5/1 Шатская подзона) до 90 (V<sub>2</sub> Кендыктинская СФЗ).

Анализ размещения рудной минерализации в связи с кольцевыми структурами свидетельствует об очень высоком проценте концентрации рудопроявления в самих КС или по их периферии в следующих СФЗ: Степнякской – 88%; Ешкиольмекской – 86%; Северо-Карагандинской подзоне – 87,5%; Спасской – 87,76%; Западно-Сарысу-Тенгизской – 93,3%; Екибастуз-Шидертинской – 95%; Жаман-Сарысу-Суйской – 91%; Актау-Тасарал-Кызылэспинской – 90%; Южно-Токрауской – 90%; Западно-Токрауской – 94%; Восточно-Токрауской-92%; Восточно-Баканасской – 85%; Котырасанской подзоне – 92%.

Относительно небольшое количество кольцевых структур являются рудолокализирующими в Жаркинагашской СФЗ - 50%; Агдымской - 45%; Ерементausкой - 54%; Центрально-Карагандинской - 58%. В оставшихся тридцати СФЗ к кольцевым структурам приурочена большая часть выявленной минерализации, начиная от 60-68% до 72-84%. Обращает на себя внимание то, что КС дешифрируются во всех СФЗ Центрального Казахстана и только в одной из них Агдымской СФЗ процент приуроченности минерализации к КС составляет всего 45%.

Проведенный статистический анализ связи рудной минерализации Центрального Казахстана с кольцевыми структурами показывает их высокую роль в рудолокализации, что позволяет рекомендовать их в качестве эффективного поискового критерия.

Проведенное обобщение данных по рудоносности СФЗ Центрального Казахстана (см. табл. 5.2) в очередной раз показало полиметалльный характер минерализации в большей части СФЗ исследуемой территории. Только в трех зонах отмечается от 1 до 3-х разновидностей минерализации: в Марьевской СФЗ - 3 Cu-U-Pb мелких месторождения, в Западно-Баканасской – 9 золоторудных и 3 медных мелких месторождений и рудопроявлений и в Тастыйской -17 Cu и 11 Au. Во всех остальных СФЗ минерализация более разнообразна – от 3 до 7-9 типов. Наибольшее количество типов минерализации отмечается: в Акдымской Cu – 8: Fe(5); Au(4); Cu (4); Al(2); Pt(2); Ti-Zr(1); U(1); в Приатасуйской – 7:W,Mo,Bi,Sn(57); Pb,Zn(38); Au(11); Cu(9); Fe,Mn(7); Ni,Co(7); U(3); в Улытау-Карсакбайской – 9: Cu(32); Fe,Mn(22); Fu(17); Fe(11); Ni,Co(13); Pb,Zn,Da(15); W,Bi,Mo(6); TR,It(2); Al(3); в Майкаинской – 7: Cu(55); Ni,Co(26); Au(41); Pb,Zn(4); Al(3); Fe(2); W,Mo(1); в Причингизской – 7: Cu(29); Au(6); Pb,Zn(6); Hg(2); Ni,Co(1); Fe(4); Nb,TR(1); в Успенской – 7: Cu(46); W,Mo(44); Pb,Zn(31); Au(29); Fe,Mn(10); Ni,Co(2); Cr(2); в Восточно-Токрауской –7: Pb,Zn(30); Cu(25); Au(24); Al(23); W,Mo(13); Nb,Ta(9); Fe(6).

Необходимо отметить, что повышенное разнообразие минерализации не всегда зависит от интенсивности проявления оруденения. Например, в Акдымской СФЗ, где установлено 8 типов минерализации, количество ее составляет всего 20 (см. табл. 5.2) или в Причингизской СФЗ количество рудной минерализации равно 49 представлено семью (7) типами. Во всех остальных случаях повышенному количеству рудной минерализации соответствует большее разнообразие минерализации. Так в Приатасуйской СФЗ общее количество минерализации 132, а количество типов минерализации – 7; в Улутау-Карсакбайской СФЗ, 118-9; в Майкаинской 141-7; в Екибастуз-Шидертинской 153-6; в Успенской 167-7; в Жаман-Сарысуйской 155-6; в Актау-Тасарал-Кызылэспинской 205-6; в Восточно-Токрауской 132-7. В то же время в Западно-Токрауской СФЗ при общем количестве минерализации 192 выделяется всего 5 типов. В целом, металлогеническая специализация СФЗ Центрального Казахстана полиметалльная. Если же ориентироваться только на доминирующий тип минерализации, то большая часть СФЗ Центрального Казахстана имеют медную, медно-золотую или золотую специализацию. Резко отличаются от остальных СФЗ исследуемого региона СФЗ его северо-западной части. Это Калмаккольская - своей специализацией на уран с единичными проявлениями меди; Жаркаинагашская - железорудная; Кокшетауская - уран-золоторудная; Степнякская – золоторудная с единичными проявлениями железа, меди и алюминия; Шатская подзона – ураноносная; Ешкиольмесская – золоторудная с проявлениями урана (9) и меди (8); Селетинская –

золоторудная с заметным количеством проявлений меди (10) и алюминия (18).

Анализ данных таблицы 5.2 также показывает, что за исключением Марьевской, Калмаккольской, Центрально-Карагандинской и Жезказганской СФЗ, во всех остальных 44 имеются золоторудные проявления. Обращает на себя внимание то, что несмотря на широкое проявление золоторудной минерализации, крупных месторождений золота в Центральном Казахстане известно немного - это Васильковское штокверковое золото-кварц-сульфидного геолого-промышленного типа (ГПТ), Бестюбе и Акбакай кварцево-жильного ГПТ. В традиционных золоторудных СФЗ – Степнякской, Ешкиольмесской, Селетинской известно несколько месторождений золота среднего ранга (Жолымбет, Аксу, Кварцитовые горы и др.), выявлено около 20 мелких месторождений старательского уровня и десятки проявлений и точек минерализации. В названных СФЗ главным определяющим их высокую золотоносность этапом является островодужный этап, что полностью согласуется с рудоносностью современных энсиалических островных дуг. В названных СФЗ отмечается также тесная связь золоторудных проявлений с медными. Широкое проявление кольцевых структур в этих СФЗ позволяет оценивать их перспективными на возможность выявления медно-порфировых месторождений с золотом и собственно, эпитермальных золото-серебряных месторождений.

Широкое проявление золотой минерализации отмечается в Сарысуйской СФЗ - 15 мелких месторождений и точек минерализации из 28 проявлений в целом, Жаман-Сарысуйской – 63 Au из 155; Актау-Тасарал-Кызылэспинской – 51 Au из 205; Южно-Токрауской – 11Au из 68; Западно-Токрауской – 74 Au из 192; Восточно-Токрауская – 24 Au из 132; Котанэмель-Калмакемельской – 57Au из 120; Западно-Баканасской – 9Au из 12; Кусакской – 10Au из 18; Северо-Балхашской – 22Au из 25; Саякской - 26Au из 51. Примечательно, что в большей части из перечисленных СФЗ отмечается высокий процент приуроченности минерализации к кольцевым структурам 90% - 94%. Учитывая данный факт и то, что во всех этих СФЗ развиты, главным образом, вулканогенные комплексы пород позднепалеозойских и Девонского ВПП, следует полагать, что многочисленные золоторудные проявления, приуроченные к ним, относятся к эпитермальному золото-серебряному ГПТ. Данный тип месторождений, в связи с появлением в последние 20-30 лет новых технологий извлечения упорного золота, что позволяет разрабатывать месторождения с малыми содержаниями золота, на современном этапе золотодобычи считается весьма перспективным. Поэтому приведенные сведения о размещении золоторудных проявлений обосновывают вывод о высоких перспективах Центрального Казахстана для выявления эпитермальных золото-серебряных месторождений. С постановкой поисковых работ указанного ГПТ необходимо ориентироваться на выявление крупнообъемных

месторождений, которые рентабельно разрабатывать даже при низких содержаниях золота.

В результате проведенного обобщения и информации о рудоносности СФЗ Центрального Казахстана (см. табл. 5.2) обозначился еще один очень важный аспект металлогении региона – это четкая медная специализация следующих СФЗ: Ерементаской – 6Cu из 11 проявлений в зоне в целом; Северо-Карагандинской -19Cu из 40; Центрально-Карагандинской -12Cu из 17; Спасской – 99Cu из 113; Улутау-Карсакбайской -32Cu из 118; Жезказганской -25Cu из 118; Моинтинской – 21Cu из 67; Кендыктинской – 75Cu из 90; Майкаинской – 55Cu из 141; Екибастуз-Шидертинской – 111Cu из 153; Пришынгызской – 29Cu из 49; Карасор-Нуранской – 57Cu из 68; Успенской -46Cu из 167; Восточно-Баканаской – 65Cu из 82; Тастыйской подзоны -17Cu из 28; Котырассанской – 23Cu из 68; Саяжской – 17Cu из 51. В приведенном списке СФЗ с доминированием медной минерализации, учитывая проявление в них различных геодинамических обстановок, следует ориентироваться на выявление медных месторождений различных ГПТ. Отмеченное разнообразие геодинамических обстановок в СФЗ с медной специализацией позволяет прогнозировать выявление месторождений ГПТ медистых песчаников в Улутау-Карсакбайской, Жезказганской и Карасор-Нуранской СФЗ. СФЗ с обстановками энсиматических островных дуг – Марьевской, Ерементаской, Бозшакольской, Майкаинской, Кендыктинской, Екибастуз-Шидертинской можно рассчитывать на выявление новых медно-порфировых с золотом и медно-колчеданных месторождений.

В СФЗ, значительные площади которых (до 75-80%) сложены вулканогенными комплексами пород девонского каменноугольного и пермского возраста – Северо-Карагандинской, Центрально-Карагандинской, Спасской, Моинтинской, Пришынгызской, Успенской, Восточно-Баканаской, Тастыйской подзоне и Котырассанской подзоне, медная минерализация является, вероятнее всего, признаками медно-порфировых месторождений, для которых характерна приуроченность к кольцевым структурам.

Анализ металлогенической специализации СФЗ Центрального Казахстана показал также четкую полиметаллическую специализацию Восточно- и Западно-Сарысу-Тенизской и Актау-Тасарал Кызылэспинской СФЗ.

Обращает на себя внимание также четкая редкометальная специализация (W, Mo, Be, Bi, Sn) Приатасуйской и Успенской СФЗ. Если редкометальная специализация Успенской СФЗ установлена давно [153], то редкометальность Приатасуйской зоны все еще недостаточно изучена. В этой зоне следует также внимательно отнестись к большому количеству полиметаллических проявлений (38 из 132).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа ориентирована на дальнейшее развитие необычайно интересного направления в геологии – изучение кольцевых структур, широкое распространение которых на поверхности всех планет Солнечной системы стало очевидным в первые же годы космических съемок. Однако, при всей актуальности использования в геологии материалов дистанционного зондирования Земли, работ в этом направлении было проведено и проводится неоправданно мало, особенно в Казахстане. В свете сказанного данное исследование характеризуется элементами новизны и инновационности. В итоге проведенного исследования получены следующие результаты:

- Дана оценка состояния изученности кольцевых структур на базе опубликованного и фондового материала по геологии и металлогении КС, приведенных в списке использованной литературы (в работе всего 153 наименования).

- Проведено дешифрирование материалов ДЗЗ по общепринятым методам по территории 17 планшетов масштаба 1:500 000.

- По материалам предшественников систематизирована методика дешифрирования, методика изучения кольцевых структур и описаны особенности геологического строения типовых кольцевых структур Центрального Казахстана.

- К главным результатам проведенного исследования следует относить составленную «Карту кольцевых структур Центрального Казахстана» масштаба 1:500 000, на которой выделено 2742 кольцевых структур различной размерности и природы. Наличие такого большого количества КС свидетельствует об интенсивной раздробленности литосферы и автономного развития их, обусловленного процессами в мантии и бомбардировкой из космоса. Участки литосферы с широким проявлением КС являются зонами повышенной проницаемости для более интенсивного протекания массо-тепловых процессов и формирования рудных объектов.

- В результате проведенного анализа интенсивности проявления КС полистно и по СФЗ выявлено соотношение кольцевых структур по размерности. Отмечается крайне неравномерное проявление КС, во многом зависящее от вещественного состава пород, участвующих в геологическом строении того или иного участка земной коры. Выявляемые КС четко ранжируются по размерности на 3 класса: крупные с диаметром от 30 и >50 км, средние 10-29 км и мелкие с диаметром 0,5<10 км. Преобладающими являются мелкие КС, которые на исследованной площади Центрального Казахстана выделяются в количестве 1897. В то время как КС среднего размера насчитывается 1077, а крупных – всего 197.

- Согласно огромному количеству публикаций КС подразделяются на 6 типов по генезису: магматогенные, космогенные, нуклеарные, метаморфогенные, тектоногенные, экзогенные. Все эти типы КС имеют место на исследуемой территории. На базе составленной Карты кольцевых

структур Центрального Казахстана впервые было проведено ранжирование их по генотипам, определены доминирующие типы и составлена таблица, представленная во 2-й главе. Так, из дешифрируемых на исследуемой территории 2689 кольцевых структур 1206 отнесены к группе магматогенных, которые фрагментарно, либо полностью, представлены магматическими образованиями и распространены, главным образом, в вулcano-плутонических поясах Девонского, каменноугольно-пермского Балхаш-Илийского и каменноугольного Тасты-Кусак-Котырасан-Алтынэмельского ВПП, а также в Северо-Западном секторе островодужной Бозшаколь-Шынгыс-Тарбагатайской складчатой системы. Большая часть - 1352 дешифрируемые кольцевые структуры относятся к группе неустановленного генезиса. Такие структуры, в основном, отмечались на плохо обнаженных территориях и на территориях с выходами осадочных и метаморфических отложений. Также согласно «Каталога импактных структур Земли» А.В. Михеевой [65], на территории изучаемых листов фиксируются 39 импактных структур, из которых 5 отнесены к группе достоверных КС, остальные 34 - к группе вероятных и предполагаемых.

- Описаны особенности геологического строения типовых кольцевых структур Центрального Казахстана разного генезиса.

- Составлена база данных кольцевых структур в ArcGIS Database, в которую вошли выделенные ранее предшественниками КС и вновь выявленные при дешифрировании. База представлена таблицей атрибутов, отражающей номер структуры, для известных КС – наименование, параметры, генетический тип, рудоносность, если она имеется, и её количество. Таблицу атрибутов можно наращивать с появлением новых данных при анализе геолого-геофизических материалов. Базу можно без трудностей интегрировать с другими Геоинформационными системами и экспортировать в базу M-s Access.

- На основании статистического анализа проявлений разного типа рудоносности в СФЗ Центрального Казахстана, была уточнена для ранее выявленных и определена для вновь выявленных КС металлогеническая специализация.

- Надежный базовый материал по рудоносности исследованной территории, освещенный в главе 5, дал возможность составить очень информативную таблицу 5.2, в которой показана интенсивность проявления рудной минерализации в СФЗ Центрального Казахстана и количество ее в пространственной связи с КС. Анализ таблицы показал прямую зависимость концентрации рудоносных КС от состава слагающих ту или иную СФЗ породных комплексов и, соответственно, от обстановок их формирования. Также по данным таблицы устанавливается преобладание того или иного типа минерализации в СФЗ, в связи с чем подтверждается или уточняется ранее выявленная металлогеническая специализация их.

- По данным таблицы четко обозначилась полиметальная специализация большинства СФЗ Центрального Казахстана, а в связи с этим

приуроченность к одной и той же кольцевой структуре проявлений различной минерализации.

- Проведенный анализ типов минерализации показал преимущественное развитие в СФЗ Центрального Казахстана медно-порфировой, медно-порфировой с золотом и золото-серебряной минерализаций.

- Проведенный статистический анализ связи минерализации с КС показывает их высокую роль в рудолокализации, что позволяет рекомендовать их в качестве эффективного поискового критерия, поэтому, несмотря на значительные различия в геологическом строении исследованного региона, наличие и количество рудоносных кольцевых структур позволяет ранжировать исследуемые площади на различные группы по степени перспективности.

- В итоге для постановки дальнейших поисково-оценочных работ рекомендованы в качестве перспективных КС Большой Конырат, Кызылтаская, Восточно-Кызылтаская, Сымбыльская, Шоймбайская, Шоптыбайская с медной и золото-серебряной специализацией.

Полученные результаты достаточно убедительно свидетельствуют о том, что доизучение кольцевых структур на новом уровне с использованием современных методов ДЗЗ представляется перспективным и продуктивным направлением поисков.

Разрабатываемое новое направление поисков месторождений с использованием КС, имеющее большое практическое значение, требует еще значительных доработок. Прежде всего, следует установить имеют ли разные генетические типы КС свою металлогеническую специализацию или же они представляют собой просто ослабленные зоны разной глубинности, выводящие к поверхности рудную минерализацию, природа которой определяется иными факторами. Также не установлена пока зависимость интенсивности проявления рудоносности от размеров КС. Являются ли они рудолокализирующими для всех типов месторождений полезных ископаемых или здесь имеет место определенная избирательность. Все эти задачи требуют своего решения.

Несмотря на перечисленные недоизученные вопросы кольцевых структур, учитывая многочисленные примеры определенной пространственной связи с ними многих геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых, использование этого критерия в поисковой практике на современном уровне является, несомненно, перспективным и имеющим большое практическое значение, направлением.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Шлыгин Е.Д. О сходстве тектонического рисунка Центрально-Казахстанской и Яно-Колымской складчатых областей. Изв. АН Каз ССР. Сер. геол. № 3. Алма-Ата, 1976. С.3-12
- 2 Попова Г.З. Кольцевые и линейные морфоструктуры Казахской складчатой страны. Алма-Ата. Наука, 1966. 225 с.
- 3 Авдеев А.В. О кольцевых структурах магматических комплексов. «Сов. геология», №10, 1965. С. 52-66
- 4 Буш В.А., Брюханов В.Н., Кац Я.Г., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Генетические типы кольцевых структур континентов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1985. №4. С. 12-23
- 5 Соловьев В.В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. Л. Изд-во ВСЕГЕИ, 1978.
- 6 Томсон И.Н., Фаворская М.А. О типах очаговых структур и связи с ними оруденения //Закономерности размещения полезных ископаемых. Т.10. М., Наука, 1973. С.49-65.
- 7 Бронштейн В.А. Развитие взглядов на происхождение кольцевых структур на планетах и современное состояние проблемы. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 7-31
- 8 Брюханов В.Н., Буш В.А., Глуховский М.З. и др. Кольцевые структуры континентов Земли. – М.: Недра, 1987., 184 с.
- 9 Взрывные кратеры на Земле и планетах. М. 1968
- 10 Ефремова С.В. Магматические линии и кольца Земли. М.: «Недра», 1986, 85 с.
- 11 Кац Я.Г. Авдеев В.Л. Белов В.П. О классификации кольцевых структур Земли // Космогенные кольцевые структуры Земли. М.: МОИП, 1980. С. 22-26
- 12 Корчуганова Н.И. Геологические структуры на космических снимках // Московская государственная геологоразведочная академия – Соровский образовательный журнал, № 10, М. 1998, С. 60-67
- 13 Авдеев А.В., Зейлик Б.С. К вопросу о становлении гранитных массивов Ортау и Кызылтау в Центральном Казахстане // Материалы по геологии Алтая и Казахстана. – Л.: Труды ВСЕГЕИ, нов. серия, вып. 74, 1962, С.171-182
- 14 Апродов В.А. Вулканы. Москва, Наука 1982
- 15 Арапов В.А. Кольцевые вулcano-плутонические структуры Чаткало-Кураминского региона (Срединный Тянь-Шань). – В кн.: Вулканические и вулcano-плутонические формации (Труды 2-го Всесоюз. вулканол. совещ. II). М., Наука, 1966
- 16 Белый В.Ф. Котляр И.Н. Павлов П.П. Схема классификации изометричных отрицательных вулканоструктур Охотско-Чукотского

вулканогенного пояса. – В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1973. С. 269-275

17 Белый В.Ф. Гельман М.Л. Об отрицательных вулканоструктурах Охотско-Чукотского вулканического пояса. – Тр. Ин-та геологии и геофизики Сиб. отд. АН СССР, 1974, вып. 76, С. 70-86

18 Борисов О.М., Глух А.К. Кольцевые структуры и линеаменты Средней Азии. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1982. 123 с.

19 Ван-Ван-Е А.П., Игнатъев А.Б. О типах вулкано-тектонических структур в южной части Хингано-Охотского вулканического пояса (Буреинский массив). В кн.: Палеовулканизм и вулкано-тектонические структуры. Вып. 4. Владивосток, 1971, С. 85-90

20 Влодавец В.И. Классификация отрицательных вулканических форм рельефа. – Изв. АН СССР, сер. геол., 1944, №5, С. 3-12

21 Вулканизм и вулкано-тектонические структуры западной части Тянь-Шаня / В.А. Арапов, В.Г. Гарьковец, В.П. Коржаев и др. – В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1973, С. 207-209

22 Донских В.В., Зелепугин В.Н., Кронидов И.И. Методика геологической съемки древних вулканов. – Л., Недра, 1980. – 278 с.

23 Зейлик Б.С. О реликтах крупных палеозойских вулканов в Центральном Казахстане и возможности использования высотных фотоснимков с целью обнаружения подобных структур // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1968. №4. С. 74-90

24 Игнатъев А.Б. Палеовулканические реконструкции вулкано-тектонических депрессий. Хабаровск, 1975. 189 с.

25 Кольцевые структуры района гор Кызылрай (Центральный Казахстан) / Л.Н. Шарпёнок, В.Н. Копылов, Г.Т. Скублов и др. – В кн.: Вопросы магматизма и метаморфизма, т. 3, Л., 1968, С. 5-27

26 Коптева В.В. Позднепалеозойские вулкано-тектонические структуры Северного Прибалхашья. М., 1974. 164 с.

27 Кошкин В.Я. Строение Караирекского вулканического нагорья в северном Прибалхашье. – Тр. Лаб. палеовулканологии, Алма-Ата, 1964, вып. 3, С. 75-85

28 Марихинин Е.К. Кальдеры и периферические вулканические очаги // Труды лабор. палеовулк. Каз. ИМС. 1964. Вып. 3. С138-147

29 Максимов Е.П. Новые данные по геологии кольцевых вулканоплутонических комплексов Центрального Алдана // Доклады АН СССР. 1970. Т. 190. С. 417-420

30 Kouda R., Koide H. (1978). Ring Structures, Resurgent Cauldron, and Ore Deposits in the Hokuroku Volcanic Field, Northern Akita, Japan. *Mining Geology*. 28(150), 233-244. <https://doi.org/10.11456/shigenchishitsu1951.28.233>

31 Масуренков Ю.П. Вулканы над интрузиями. – М.: Наука, 1979. 220 с.

32 Методика геологической съемки древних вулканов. Л., Недра, 1980. 278 с.

- 33 Никитина Л.Г. Геологическое строение девонского вулканического аппарата в горах Машан. // Труды ГИН АН КазССР, 1959, вып.3. Алма-Ата, с. 14-19.
- 34 Перекалина Т.В. Геология герцинских гранитоидных интрузий Центрального Казахстана Л., 1966. 240 с.
- 35 Свешникова Е.В. Магматические комплексы центрального типа. – М.: Недра, 1973, 184 с.
- 36 Святловский А.Е. Региональная вулканология. М., Недра 1975. 224 с.
- 37 Тихомиров В.Г. Структурная геология вулканических массивов. М.: Изд-во МГУ, 1985. 184 с.
- 38 Фремд Г.М. Типизация и генезис палеовулканов и отрицательных вулкано-плутонических структур. // Палеовулканы и вулкано-тектонические структуры. Владивосток, 1971, с. 7-258
- 39 Фремд Г.М., Рыбалко В.И. Вулкано-тектонические структуры Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса. Владивосток, 1972. 150 с.
- 40 Шарпёнок Л.Н. и др. К классификации изометричных магматогенных структур // Вопросы магматизма и метаморфизма, т.5 Изд-во ЛГУ, 1975, с. 78-92.
- 41 Шарпёнок Л.Н. Магматогенные кольцевые структуры. – Л.: Недра, 1979, 231 с.
- 42 Щербакова М.Н. Кызылдырская кольцевая структура (Северное Прибалхашье, Центральный Казахстан). // Вестник МГУ, 1967, № 1 с. 107-114.
- 43 Ярмолюк В.В. Вулканические структуры обрушения Охотско-Чукотского вулканического пояса. Новосибирск, Наука. 1973. 104 с.
- 44 Вязовов Ю.С. О кольцевых разрывах в центре Сибирской платформы. – «Докл. АН СССР», 1967, т. 174, №3, С. 655-658
- 45 Кац Я.Г., Козлов В.В., Полетаев А.И., Сулиди-Кондратьев Е.Д. Кольцевые структуры Земли: миф или реальность. – М.: Наука, 1989, - 188 с.
- 46 Космогеологическая карта СССР м-ба 1:2 5000 000 / Под ред. Е.А. Козловского М.: Мингео СССР, 1984
- 47 Милашев В.А. Структуры кимберлитовых полей. Л., 1979.
- 48 Моралев В.М., Глуховский М.З. Кольцевые структуры докембрийских щитов // Докл. XXVII Междунар. геол. конгр. М.: Наука, 1984. Т. 18. С. 100-105
- 49 Нечаева И.А. Морфологические особенности рельефа в Центральной части Кольского полуострова // ДАН СССР. 1977. Т. 236. №1, С. 180-183
- 50 Нечаева И.А. Крупные кольцевые структуры древнего заложения на поверхности Земли // Экспресс информация. Общ. регион. геол., геол. карт. М., 1979. Вып. 6. С. 24-28
- 51 Петров А.И. О механизме образования структур центрального типа // Сов.геология, 1968. № 9, с.139-145.

- 52 Соловьева Л.И. О роли кольцевых структур большого диаметра в тектонике Западно-Сибирской плиты // Исследование Земли из космоса. 1982. № 6. С.5-10
- 53 Шумейкер Ю.М. Механика удара на примере Аризонского метеоритного кратера // Взрывные кратеры на Земле и планетах. М.: Мир, 1968. С. 68-104
- 54 Масайтис В.Л., Михайлов М.В., Селивановская Т.В. Попигайский метеоритный кратер. М., Наука, 1976 г. 124 с.
- 55 Масайтис В.Л. Методы изучения астроблем. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 53-65
- 56 Масайтис В.Л. Основные черты геологии астроблем СССР. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 173-192
- 57 Масайтис В.Л. и др. Геология астроблем. Л., 1980. 231 с.
- 58 Масайтис В.Л. Мащак М.С. Наумов М.В. Попигайский импактный кратер. Путеводитель геологических экскурсий. Изд-во ВСЕГЕИ. 2004, 56 с.
- 59 Райхлин А.И. Селивановская Т.В. Брекчии и импактиты взрывных метеоритных кратеров и астроблем. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 65-81
- 60 Аалоз А.О. Ударные и ударно-взрывные метеоритные кратеры. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 149-159
- 61 Дабижа А.И. Федынский В.В. Геофизическая характеристика метеоритных кратеров на поверхности Земли. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 99-117
- 62 Зейлик Б.С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и других планетах (ударно-взрывная тектоника). М., ВИЭМС, 1978, 55с.
- 63 Зейлик Б.С. Кольцевые структуры-гиганты на Земле и других планетах. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 204-223
- 64 Кринов Е.Л. Метеоритные кратеры на поверхности Земли // Метеоритика. М., 1962. Вып. 22. С. 3-30
- 65 Михеева А.В. Каталог импактных структур // Электронная версия на сайте <http://labmpg.sscc.ru/Impact/>
- 66 Радзивилл А.Я. Болтышская вулканоструктура. – В кн.: Тектоника и стратиграфия. Киев, 1976.
- 67 Флоренский П.В., Дабижа А.И. Метеоритный кратер Жаманшин. – М.: Наука, 1980, 128 с.
- 68 Флоренский К.П., Базилевкий А.Т., Г.А. Бурба и др. Очерки сравнительной планетологии // Под редакцией В.Л. Барсукова. – М.: Наука, 1981, 319 с.

- 69 Хрянина Л.П., Зейлик Б.С. Геологические особенности метеоритного кратера Шунак (Прибалхашье) // Общая и региональная геология; геологическое картирование. Экспресс информация. М., 1979. Вып. 3. С. 5-15
- 70 Вальтер А.А. Гуров Е.П. Ударные метаморфизм и ударное плавление – уникальные геологические процессы, связанные с образованием взрывных метеоритных кратеров. Метеоритные структуры на поверхности планет // Сборник докладов. – М.: Наука, 1979. С. 81-99
- 71 Дитц Р.С. Астроблемы: древние структуры на Земле, образованные ударами метеоритов // Взрывные кратеры на Земле и планетах. М.: Мир, 1968. С. 153-173
- 72 Авдеев В.Л., Кац Я.Г., Фельдман В.И. Следы метеоритов на поверхности планет. – Природа, 1979, №4, С. 12-19
- 73 Базилевский А.Т. и др. Ударные кратеры Венеры по данным радиолокационных изображений космических аппаратов «Венера-15» и Венера-16 // Докл. АН СССР. 1985. Т. 282, №3. - С. 671-674
- 74 Очерки сравнительной планетологии / Под. ред. В.Л. Барсукова. М., 1981. 326 с.
- 75 Уипл Ф.Л. Семья Солнца: Планеты и спутники солнечной системы: Пер. с англ. Ю.И. Ефремова/Под ред. и предисл. д. физ.-мат. н., проф. М.Я. Марова. – М.: Мир, 1984. – 316 с.
- 76 Федынский В.В., Дабижа А.И. Метеоритные структуры на поверхности планет. –М.: Наука, 1979. 240 с.
- 77 Хрянина Л.П. Метеоритные кратеры на Земле. М.: Недра, 1987. 112 с.
- 78 Кац Я.Г., Рябухин А.Г. Космическая геология – Москва, 1984 – 80 с.
- 79 Алекторова Е.А., Зорина В.С. Вулкано-тектоническая Катанэмельская структура и связь с ней золотого оруденения. – В кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1973, с. 288
- 80 Волчанская И.К. Морфоструктурные закономерности размещения эндогенной минерализации. М. Наука, 1981, 243 с.
- 81 Гуревич Д.В. Картирование купольно-кольцевых структур при поисках и разведке порфировых и эпитеpmальных месторождений // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога: «Вулканизм и связанные с ним процессы», Петропавловск-Камчатский, ИВиС ДВО РАН, 2013 – С.280-290
- 82 Жуков П.К. О связи рудных концентратов с вулкано-тектоническими структурами Токрауской вулканической зоны (Центральный Казахстан). – В кн.: Палеовулканы и вулкано-тектонические структуры. Владивосток. 1971, С. 91-107
- 83 Зейлик Б.С. К проблеме кольцевых структур и связи с ними месторождений полезных ископаемых // Материалы по региональной геологии и геофизике Восточного Казахстана. Алма-Ата, 1981. С. 113-122
- 84 Зейлик Б.С. Кольцевые структуры Казахстана. Автореферат на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. – М. 1987, 37 с.

85 Каипов А.Д. Акбастау-Кусмурунская вулcano-кальдера (Центральный Казахстан). – Докл. АН СССР, 1970, т. 195, №3, С. 676-679

86 Лаверов Н.П., В.В. Адушкин, А.А. Маловичко, А.В. Николаев и др. Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. М.: ИГЕМ РАН, 2007. 198 с.

87 Орлянкин В.Н. Золотоносность кольцевых тектоно-магматических морфоструктур Северо-Востока СССР // Вопросы географии, 1973, сб. 92, с 163-168.

88 Скублова Н.В. Использование космофотогеологических данных при прогнозировании эндогенных рудных месторождений // Сов. геология. 1979. №12. С. 80-85

89 Фремд Г.М. Металлогеническая специализация вулcano-тектонических структур вулканических поясов и зон северо-западного сектора Тихоокеанского рудного пояса. // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т.10. М., Наука. 1973, с. 81-95.

90 Байбатша А.Б., Маманов Е.Ж., Бекботаева А.А. Выделение перспективных участков в глубокозалегающих и скрытых структурах на основе космогеологической схемы // Изв. НАН РК, сер. геологии и технических наук. – Алматы, 2016, №5. – С. 150-159

91 Osinski, G., Lee, P., Parnell, J., Spray, J. and Baron, M., 2005. A case study of impact-induced hydrothermal activity: The Haughton impact structure, Devon Island, Canadian High Arctic. *Meteoritics & Planetary Science*, 40(12), pp.1859-1877.

92 Pirajno, F. (2005). Hydrothermal processes associated with meteorite impact structures: evidence from three Australian examples and implications for economic resources. *Australian Journal of Earth Sciences*, 52(4-5), 587–605. <https://doi:10.1080/08120090500170468>

93 Смирнов В.И. Метеоритная гипотеза происхождения Садбери // Геология рудных месторождений, 1973. Т.15 №2. С.3-12.

94 Stazhevskii, S. (2004). Ring structures as a contribution to the genesis and stress-strain state of mineral deposits. *Journal Of Mining Science*, 40(3), 259-264. <https://doi:10.1007/s10913-005-0005-4>

95 Сейтмуратова Э.Ю., Диаров А.Б., Горяева В.С. и др. Отчет о НИР по грантовому проекту 0520 «Анализ эпитеpмального золото-серебряного оруденения Жонгаро-Балхашского региона и выделение пер-спективных площадей для обнаружения крупных месторождений нового типа» (2012-2014 гг.) – 178 с.

96 Сейтмуратова Э.Ю., Баратов Р.Т., Даутбеков Д.О. и др. Отчет по договору № АОВ 2 (01-1-0348) от 20.02.2019 с АО «Варваринское» Возможность выявления крупнообъемных эпитеpмальных место-рождений золота, серебра и меди в вулcano-плутонических поясах Жонгаро-Балхашской складчатой системы. Алматы, 2019 – 185с.

97 Сейтмуратова Э.Ю., Зейлик Б.С., Сайдашева Ф.Ф. и др. Отчет о НИР по грантовому проекту «Изучение рудоносности кольцевых структур

Центрального и Южного Казахстана с выявлением наиболее перспективных из них для постановки поисковых работ» (2018-2020 гг.), 131 с.

98 Sabins, F.F., 1996. Remote Sensing: Principles and Interpretation. Worth publishers.

99 Sabins, F.F., 1999. Remote sensing for mineral exploration. Ore Geol. Rev. 14, 157–183.

100 Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons Inc, New York.

101 Корчуганова Н.И., Корсаков А.К. Дистанционные методы геологического картирования: учебник – М. : КДУ, 2009. — 288 с.

102 Горный В.И., Тронин А.А. Обзор достижений последнего десятилетия в области применения спутниковых методов дистанционного зондирования при геологических и геофизических исследованиях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Москва, 2012. Т. 9. №5. С. 116-132

103 Gillespie, A., Abrams, M., Yamaguchi, Y., 2005. Scientific results from ASTER. Remote Sens. Environ. 99 1–1.

104 Kruse, F.A., 2012. Mapping surface mineralogy using imaging spectrometry. Geomorphology 137, 41–56.

105 Кутейников Е.С., Кутейникова Н.С. Лунный рельеф Тунгусской синеклизы // Природа. 1976 №5. – С. 122-129

106 Бойко Я.И., Сажнов В.В. Побочные метеоритные кратеры Жаманшина (Казахстан) // Докл. АН СССР. 1981. Т. 258, № 2. С. 438-442

107 Гуревич Д.В. Кольцевые структуры: важнейшие механизмы образования // Регион. геология и металлогения. 2009. № 39. – С. 14–23

108 Давиденко И.В., Зубков В.А. Минерагенические зоны и кольцевые структуры Африки. – М.: 1981, 38 с.

109 Немененок Т.И. Некоторые закономерности пространственной связи вулканов центрального типа и основных-ультраосновных никеленосных массивов (Норильский район) // геология и геофизика, 1972. № 5. С.135-139

110 Ициксон М.И. Металлогения планетарных вулканогенных поясов Тихоокеанского сегмента Земли. – В Кн.: Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1974, С. 360-368

111 Металлогенические и тектоно-магматические исследования на основе материалов аэро- и космосъемок / М-во геологии СССР. Всесоюз. науч.-исслед. институт космоаэрогеологич. методов ПГО «Аэрогеология».-Л.: Недра, 1988.- 212 с.

112 Нурходжаев А.К., Тогаев И.С., Ибрагимов Р.Х., Хасанов Н.Р. Инновационная технология дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли для решения прикладных задач геологии // Геология и минеральные ресурсы, №3, Ташкент, 2019 – С.3-9

113 Зейлик Б.С. Ударно-взрывная тектоника и краткий очерк тектоники плит. – Алма-Ата: Гылым, 1991. – 120 с.

114 Сейтмуратова Э.Ю., Сайдашева Ф.Ф. Эпитермальное месторождение золота Мира и Казахстана – Алматы. 2015 г., 238 с.

115 Константинов М.М. Бочарников Ю.С. Стружков С.Ф. Прогнозно-поисковый комплекс на Au-Ag оруденение Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВК НИИ ДО АН СССР. 1988 – 115с.

116 Стружков С.Ф. Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. – М.: Научный мир, 2005. 320 с.

117 Шер С.Д. Металлогения золота (Евразия, Африка, Южная Америка). М., Недра 1974 – 256 с.

118 Шило Н. А. Вулканогенные пояса и их золото-серебряная минерализация // Смирновский сборник-97 (Основные проблемы рудообразования и металлогении). М. 1997. С. 38-74.

119 Reimold, W. U., Koeberl, C., Gibson, R. L., & Dressler, B. O. (2005). Economic Mineral Deposits in Impact Structures: A Review. Impact Studies Impact Tectonics, 479-552. [https://doi:10.1007/3-540-27548-7\\_20](https://doi:10.1007/3-540-27548-7_20)

120 Гурович В.Г., Емельяненко Е.П., Землянухин В.Н. и др. Геология, петрология и рудоносность Кондерского массива. Москва, Наука, 1994 г. - 176 с.

121 Абдулин А.А., Абдрахманов К.А., Авдеев А.В. Центральные-кольцевые структуры Казахстана, их типы и механизм формирования. – Изв. АН КазССР, сер. геол., 1972, №1, С. 1-18

122 Абдулкабирова М.А., Зейлик Б.С., Матвиенко В.Н., Путалова Р.В. О проявлении ударного метаморфизма в породах древних толщ Кокчетавской глыбы (Северный Казахстан). – Изв. АН КазССР, сер.геол., 1981, №3, С.39-41

123 Геология и металлогения Северного Прибалхашья / Ред. коллегия: Ш.Е. Есенов, А.К. Каюпов, В.В. Колесников. Алма-Ата, 1972. 268 с.

124 Зейлик Б.С., Духовской А.А., Розенблант М.М. и др. К петрологии пермского гранитного массива Кызылтас // В кн. «Вопросы магматизма Центрального Казахстана», М., 1968.

125 Монич В.К., Бедров Г.И., Балгожина А.Г. Геология и петрография Байназарской кольцевой системы магматических пород. Алма-Ата, 1960. С.15-20. (Тр. ИГН АН Каз.ССР, т.2).

126 Сейтмуратова Э.Ю. Поздний палеозой Жонгаро-Балхашской складчатой области: дисс. докт. геол.-мин. наук. – Алматы, 2004. – 356 с.

127 Сейтмуратова Э.Ю. «Схема размещения позднепалеозойских магматогенных кольцевых структур Центрального Казахстана» м-ба 1:500 000, Алматы, 2004

128 Сейтмуратова Э.Ю., Сайдашева Ф.Ф., Парфенова Л.П. Позднепалеозойские магматогенные структуры Северного сегмента Жонгаро-Балхашской складчатой области (ЖБСО) // Геология, минералогия и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения», Алматы, 2009 – С.89-105

129 Сейтмуратова Э.Ю. Поздний палеозой Жонгаро-Балхашской складчатой области. Монография, Алматы 2011, 279 с.

130 Тащиина М.В., Семенова-Тяньшанская Е.Р. Верхнепалеозойский вулкан Жантау в Центральном Казахстане // Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1963; т.58

131 Хрянина Л.П., Зейлик Б.С. Геологические особенности метеоритного кратера Шунак (Прибалхашье) и признаки метеоритного удара в нем // Изв. АН СССР. Сер.геол. 1980. №3. С. 124-134.

132 Серых В.И., Синев О.А., Кондрашенков И.И. Прогнозно-металлогеническая карта Казахской ССР, Центрально-Казахстанская серия / гл. редактор Л.Ф. Думлер, Караганда, 1986 г.

133 Серых В.И. «Схема размещения интрузивных массивов Центрального Казахстана м-ба 1:2000 000», 1995 г.

134 Космогеологическая карта Казахстана м-ба 1:1 000 000 / Б.С. Зейлик 2008 г.

135 Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1:50 000. Т.1. Под ред. А.С. Кумпана. Л., «Недра», 1974. 519 с.

136 Коптев-Дворников В.С., Яковлева Е.Б., Петрова М.А. Вулканогенные породы и методы их изучения. М., 1967.

137 Скублова Н.В. Кольцевые морфоструктуры Центрального Казахстана и методика их изучения // Геоморфология, 1974, № 2 – С. 95-101

138 Байбатша А.Б. Поцелуев А. А., Ананьев Ю.С. Методика геологического дешифрирования космических снимков для выявления скрытых рудоконтролирующих структур // Изв. НАН РК, сер. геологии и технических наук. – Алматы, 2013, №6. – С. 66-73

139 Зейлик Б.С. Космогенный кратер Арганаты и сопряженные с ним кольцевые структуры (Южный Казахстан) // ДАН СССР. 1987. Т. 297, №4. С. 925-928

140 Зейлик Б.С., Василенко А.Н. Отчет о результатах опытно-методических работ по теме «Кольцевые структуры и крупномасштабный прогноз оруденения». Алма-Ата 1982 г. - 90 с.

141 Зейлик Б.С., Кадыров Д.Р. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме «Выявление частоты и периодичности космогенных бомбардировок на основе фундаментальных геологических исследований кольцевых структур с целью прогноза природных космических катастроф» Алматы: ИГН им. К.И. Сатпаева, 2011. 171 с.

142 Геологическая карта Казахстана м-ба 1:1 000 000 / Под ред. Бекжанова Г.Р., Абдрахманова К.А., Афоничева Н.А. и др.: Министерство геологии и охраны недр РК. Алматы, 1996

143 Металлогения Казахстана. Меди, Алма-Ата, 1978; Железа, Алма-Ата, 1982

144 Справочники месторождений Казахстана: Меди, 1996; Свинца-Цинка, 1997, Редких металлов и редкоземельных элементов, 1998

145 Полетаев А. И. Геолого-генетические особенности медного Коунрада: автореф. канд. геол.-мин. наук. – Алма-Ата: ИГН АН КазССР, 1970. – 28 с.

146 Скублов Г. Т., Шарпенюк Л. Н. Геохимические особенности вулканогенных и интрузивных образований района гор Кызылрай (Центральный Казахстан) // Минералогия и геохимия, Л. 1972. Вып. 4. С. 3-13.

147 Скублов Г. Т. Особенности распределения химических элементов в коагматичных вулканогенных и интрузивных образованиях Каргалинской кольцевой структуры (Ц. Казахстан). Автореф. канд. диссер., Л. 1974. 25 с.

148 Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфиновые месторождения мира. – М.: Недра, 1986. – 236 с.

149 Зейлик Б.С., Аршамов Я.К., Даутбеков Д.О., Сейтжанов Ш.А. К проблеме рудоносности кольцевых структур Земли на примере кольцевой структуры Большой Конырат // Вестник КазНУ, №4, 2016, Алматы, С.14-20

150 Соколов Б.А., Старостин В.И. Флюидодинамическая концепция образования месторождений полезных ископаемых (углеводородных, металлических и неметаллических) // Смирновский сборник - 97. Москва. Фонд им. акад. В.И. Смирнова. 1997. С.99-147

151 Карта полезных ископаемых Казахстана масштаба 1:1000000 и объяснительная записка к карте полезных ископаемых Казахстана. Гл. ред. Б.С. Ужкенов, отв. ред. И.И. Никитченко. МЭИМР РК. Кокшетау. 2002. 188 с.

152 Металлогения Казахстана. Типы структурно-формационных комплексов и тектоническое районирование палеозойд // Гл. ред. А.К. Каюпов, ред.: Г.Ф. Ляпичев и др. А-Ата: Наука КазССР. 1977. 190 с.

153 Щерба Г.Н., Гукова В.Д., Кудряшов А.В., Сенчило Н.П. Грейзены, жильный кварц и калишпаты молибдено-вольфрамовых месторождений Казахстана. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1964. 308 с.