



Исходный документ: <http://rusnauka.narod.ru/lib/geo/kolzo/kolzor.htm> 
Сайт: <http://rusnauka.narod.ru>

**НОВОЕ В
ЖИЗНИ. НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ**

Подписная научно-популярная серия

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

5/1989

Издается ежемесячно с 1966 г

**КОЛЬЦЕВЫЕ
СТРУКТУРЫ
ЛИКА ПЛАНЕТЫ**

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛЬЦЕВЫЕ ЗАГАДКИ ЗЕМЛИ 3**КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ: МИФ ИЛИ
РЕАЛЬНОСТЬ 4****КОЛЬЦЕВЫЕ ПО ФОРМЕ - РАЗНЫЕ ПО
ПРИРОДЕ 8****НУКЛЕАРЫ - ДРЕВНИЕ ЯДРА
КОНТИНЕНТОВ 28****ТИХООКЕАНСКАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА И
ГЛОБАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ
ГРУППЫ 32****КОЛЬЦЕВАЯ МИНЕРАГЕНИЯ ЗЕМЛИ 36****ИТОГИ И ПРОГНОЗЫ 43****ЧТО МОЖНО ПРОЧИТАТЬ О КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУРАХ 46**

**Издательство "Знание" Москва
1989**

ББК 26.3 К62

Наши авторы:

Яков Гиршевич КАЦ - кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией космической геологии геологического факультета МГУ им М. В. Ломоносова. Специализируется в области изучения Земли из космоса и сравнительном планетологии. Автор 20 книг и более 200 научных статей. Владимир Викторович КОЗЛОВ - доктор геолого-минералогических наук, главный геолог НПО "Аэрогеология". Специализируется в области космической геологии и разрывной тектоники Лауреат Государственной премии СССР. Автор 10 книг и более 300 научных статей.

Анатолий Иванович ПОЛЕТАЕВ - кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Специализируется в области сейсмостектоники и линеаментной тектоники.

Автор 5 книг и более 50 научных статей.

Евгений Дмитриевич СУЛИДИ-КОНДРАТЬЕВ - кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник "НИИЗарубежгеология" Специализируется в изучении геологии зарубежных стран и разрывной тектоники. Автор 27 книг и более 300 научных статей.

Редактор Л. ИВАНЕНКО

Кольцевые структуры лика планеты. - М.: Знание, К 62 1989. - 48 с. - (Новое в жизни, науке, технике. Сер. "Науки о Земле"; ° 5).

20 к.

Рассматриваются современные представления о кольцевых структурах земной коры, к которым в последние годы привлечено внимание исследователей Осо-

лезных ископаемых с кольцевыми структурами

1804010000 ББК 26.1

ISBN 5-07-000389-5 С Издательство "Знание", 1989 г.

Кольцевые загадки Земли

Одному из авторов этой книги довелось участвовать в учебных полетах с космонавтами над различными районами СССР, на самолете-лаборатории Ту-134 Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина. Маршруты охватывали обширную территорию Украины, Кавказа, Средней Азии, Казахстана, Прибайкалья, Приморья и Камчатки. Высота полета достигала 11,5 километра. Мы показывали космонавтам складки в слоистых толщах, четкие линии разломов, выходы горных пород разного состава, комплексы поверхностных отложений. И очень хотелось продемонстрировать кольцевые структуры. Самолет пролетал над горами Сихотэ-Алиня в

Приморье. На космических снимках этого района выделяется множество крупных кольцевых структур, связанных с древним вулканизмом. Стояла редкая для этих мест безоблачная погода. Но нас ждало разочарование. Высота полета была недостаточной, чтобы единым взглядом охватить обширную территорию и обособить на ней "кольцо" диаметром в десятки километров; отдельные фрагменты речных долин и горных гряд дуговой формы не создавали впечатления цельной кольцевой структуры.

Интерес к кольцевым структурам возник в середине 70-х годов нашего столетия в связи с широким развитием исследований Земли из космоса. Космическое зондирование поверхности Земли и наземные (подспутниковые) геологические исследования позволили ученым в сравнительно короткий срок выявить многочисленные кольцевые структуры, отличающиеся генезисом (происхождением), возрастом и размерами, колеблющимися от сотен метров до 2-3 тысяч километров. При этом оказалось, что примерно 3/4 установленных кольцевых структур возникло в результате геологического развития Земли в течение последних 3 миллиардов лет, а остальные образовались вследствие падения крупных метеоритов.

По мере накопления фактического материала возникла естественная необходимость систематизировать кольцевые структуры Земли, с тем чтобы, во-первых, выяснить их природу и роль в геологических процессах, протекавших в литосфере нашей планеты, а во-вторых, получить материал для сравнительного изучения планет земной группы, на поверхности которых они и были обнаружены впервые. К настоящему времени большинство исследователей признает, что кольцевые структуры могут иметь самое различное происхождение:

тектоническое, магматическое (в том числе вулканическое), метаморфическое, метеоритное, сейсмическое, сложное.

С точки зрения теоретической геологии следует напомнить о феноменальных результатах, полученных при изучении наиболее древних кольцевых структур Земли, нуклеаров. В фанерозое произошел раскол этих структур, в результате чего отдельные их части оказались на разных континентах, например на территории Южной Америки и Африки. Трудно переоценить значение изучения кольцевых структур и с точки зрения прикладной геологии

Практически все исследователи указывают на связь с ними различных твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых, а выявляемые связи между кольцевыми структурами, с одной стороны, и с современными катастрофическими геологическими явлениями - вулканизмом и землетрясениями, с другой, вероятно, могут внести определенный вклад в решение проблемы прогноза "стихийных" геологических бедствий.

Следует признать, что на каком-то этапе изучения кольцевых структур Земли можно было услышать рассуждения об их случайном образовании. С помощью космических съемок аналогичные формы были обнаружены на по-верхности некоторых планет - Меркурия, Марса, Луны, где они образуют основной фон; на Венере, где они развиты в несколько меньшей степени, а также на большинстве спутников Юпитера.

Таким образом, можно считать, что оживленное обсуждение проблемы кольцевых структур в научном мире в последнее десятилетие обусловлено прежде всего фундаментальной ролью кольцевых структур в строении литосферы не только Земли, но и других планет Солнечной системы.

Конечно, в изучении кольцевых структур имеется еще много нерешенных проблем. Например, до сих пор в геологической литературе отсутствует терминологическое единство в определении кольцевых структур. Однако, несмотря на существующий терминологический разнобой, термин "кольцевая структура" наиболее прочно вошел в обиход.

Уместно спросить: когда же появился этот термин? Ответить

на такой вопрос не так просто. В книге "Основы физической геологии" известного английского геолога А. Холмса (1949) рассказывается только о кольцевых дай-ках - жильных породах, выполняющих кольцевые трещины, и возможном механизме их образования. Зато в учебнике В. Е. Ха-ина и А. Е. Михайлова "Общая геотектоника" (1985) кольцевым структурам посвящен особый раздел. К сожалению, ни а одном из учебников не удалось найти исторической справки о происхождении термина. В двухтомном "Геологическом словаре" (1978) места для термина "кольцевая структура" не нашлось. Разными авторами по-разному оценивается генезис и возраст кольцевых образований, процесс их развития в

геологическом пространстве и геологическом времени, генетическая связь с другими феноменальными структурами Земли - линеаментами (линейными структурами различного происхождения в земной коре) и т. д. Дальнейшее всестороннее углубленное изучение кольцевых структур Земли и планет земной группы не только позволит познать их природу, но и уточнит наши представления о механизме формирования и развития земной коры и связанных с ней полезных ископаемых.

Кольцевые структуры: миф или реальность?

Отдельные округлые формы рельефа привлекли внимание человека еще в глубокой древности. Например, Аризонский метеоритный кратер был известен первобытным людям 20-25 тысяч лет

назад. На южном склоне вала этого кратера сделаны многочисленные археологические находки. древние кремневые наконечники стрел и ошцы, более поздние изделия из керамики. В последующие времена племена индейцев, обитавших в районе кратера, собирали осколки железного метеорита и использовали их в качестве амулетов. Обломки метеорита были найдены даже в захоронениях.

Привлекали ли кольцевые формы ученых древности? Несомненно. Первым вулканологом можно назвать, вероятно, Эмпедокла, сицилийского грека (490-430 гг до н. э), изучавшего вулкан Этна. На рубеже новой эры Страбон указал на вулканическое происхождение архипелага Санторин в Эгейском море, где образовался новый вулканический остров. Выдающиеся заслуги в изучении вулканизма принадлежат Плинию Старшему (23-79 гг.), погибшему во время мощного извержения Везувия, когда были уничтожены города Геркуланум и Помпеи.

Научное познание кольцевых образований началось в августовскую ночь 1603 года, когда Галилео Галилей направил изготовленный им небольшой телескоп в сторону Луны. С помощью 30-кратного увеличения великий астроном увидел на Луне цирки - кольцеобразные горы. В марте 1610 года он опубликовал книгу "Звездный вестник", в которой сообщил о своих открытиях. В книге помещены рисунки Луны, на которых четко выделяются горы кольцевой формы, особенно отчетливо в районе так называемого Центрального

перешейка. С тех пор вопрос о происхождении кольцевых гор на поверхности естественного спутника Земли волновал многих исследователей. Еще в 1846 году известный астроном Груитуйзен впервые высказал предположение, что кольцевые лунные горы - это кратеры, образовавшиеся при падении крупных метеоритов. Позднее, в 1873 году, астроном Проктор предположил, что и круговые лунные моря также образовались при ударах метеоритов гигантских размеров.

К проблеме происхождения лунных кратеров в 1913 году обратился выдающийся ученый А. Вегенер. По мнению А. Вегенера, метеориты двигались вокруг Луны по круговым орбитам, образуя своего рода метеоритное кольцо. Под действием притяжения Луны метеориты падали вертикально вниз, что приводило к образованию кратеров правильной круговой формы. Свои идеи А. Вегенер подтвердил экспериментами. Он сбрасывал небольшие порции цементного порошка на поверхность жидкого или же порошкообразного цемента. В результате получались маленькие кратеры, удивительно похожие на лунные кольцевые горы.

Серьезное значение придавалось и гипотезе вулканического происхождения "кольцевых гор" (Хабаков, 1960). Существовали и другие гипотезы, например "газовых пузырей", согласно которой кратеры возникли за счет взрывов газов, поступающих из лунных недр. Но такие гипотезы не пользовались особой популярностью.

Когда же геологи впервые обратили внимание на кольцевые образования в строении земной коры? Сравнительно недавно, на рубеже XIX и XX веков. И хотя сам термин "кольцевая структура" появился много позже, уже с этого времени для ученых определились два типа кольцевых образований: связанные с вулканизмом и обязанные своим происхождением космическим телам - метеоритам. Классический пример первых - вулканические образования Шотландии и Ирландии, вторых - Аризонский кратер. Английский геолог А. Харкер в 1904 году одним из первых составил описание комплексов вулканических пород Шотландии и Ирландии, среди которых отмечены системы кольцевых даек.

Кольцевые структуры Шотландии, связанные с вулканической деятельностью, изучались и в последующие годы. Они описаны в фундаментальных трудах известных ученых Р. Дэли (1936) и Г. Клооса (1937). Когда рассматриваешь рисунки этих районов,

удивляешься строгой кольцевой форме дуговых и конических даек, обрамляющих древние вулканы неогенового возраста. Е. Андерсон в 1936 году обосновал модель формирования кольцевых даек в связи с развитием образующего их магматического очага. Позднее эти образования изучали многие геологи.

История изучения Аризонского кратера прекрасно описана в книге Г. В. Вдовыкина "Метеорит Каньон-Дьябло". Первые белые поселенцы использовали метеоритное железо для хозяйственных нужд, и только в 1891 году один из таких обломков попал в руки ученого. Американский ученый А. Э. Фут определил его метеоритную природу. Фут изучил окрестности кратера и обнаружил в одном из осколков мелкие зерна алмазов. В 1902 году кратер посетил известный американский

геолог Г. К. Джильберт. Первоначально он пришел к выводу о его метеоритном происхождении, опубликовал свои представления, а потом сам же отказался от них, связав образование кратера со взрывом подземного пара или газа. В том же году Аризонским кратером заинтересовался горный инженер Д. М. Барринджер. Он приобрел всю территорию кратера в собственное владение и до самой кончины в 1929 году занимался его детальным изучением, надеясь обнаружить под его дном само тело железного метеорита.

В дальнейшем наиболее полное изучение Аризонского кратера провел американский геолог Х. Х. Найниджер. Он собрал тысячи образцов метеоритного вещества, обнаружил тонкорассеянное вещество в раздробленных породах, нашел характерные породы, образовавшиеся при взрыве, - импактиты. В 1946 году около кратера был основан метеорологический музей, а в расположенном неподалеку городе Флагстафе создан Астрономический центр Геологической службы США, пользующийся мировой известностью.

Важное значение для обоснования метеоритной природы некоторых земных кольцевых структур имели идеи американского геолога Р. Дитца, который в 1960 году предложил термин "астро-блема" для обозначения древних метеоритных кратеров, которые утратили четкую выраженность в рельефе, но сохранили геологические признаки - структуры и горные породы как свидетельства взрыва при падении крупного метеорита. Термин оказался удачным, да и представления о древ

них кольцевых структурах космического происхождения прочно укоренились в научной литературе.

В познание метеоритных кратеров большой вклад внесли работы горного инженера И. А. Рейнваль-да, который с 1927 по 1941 год занимался изучением группы кратеров Каали на острове Сааремаа в Эстонии. В 1937 году ему удалось найти в нескольких кратерах обломки железного метеорита и тем самым доказать их внеземное происхождение. С 1956 года кратеры изучает эстонский геолог А. О. Аалоз. Был определен точный возраст главного кратера:

всего 2660 лет. Вблизи этого кратера основан музей. Здесь проводят всесоюзные научные конференции по вопросам метеоритики, которые привлекают большое число специалистов.

В 1966 году крупный специалист в области изучения метеоритов Е. Л. Кривов писал: "... на территории нашей страны установлены только две достоверные группы метеоритных кратеров и несколько кратеров, возможно, метеоритного происхождения. Это слишком мало для территории, которую занимает наша страна. Поэтому нужны дальнейшие поиски новых метеоритных кратеров". Эти слова оказались пророческими, так как за два последующих десятилетия было выявлено большое число древних метеоритных кратеров - астроблем.

Округлые куполовидные структуры в областях Уачита и Колорадо привлекли в 1933 году внимание известного американского геолога У. Бухера. Он назвал эти структуры криптовулканическими. Они представляют собой купола диаметром 10-12 километров с

дуговыми и радиальными разрывами. В их центральных частях выявлены малые интрузии - магматические тела, образованные при застывании магмы на глубине щелочного состава. В последующие десятилетия подобные образования были обнаружены в других платформенных областях, в том числе и в нашей стране. Ученые обратили внимание на их необычность: на фоне горизонтально залегающих пластов осадочных горных пород отмечались разрывы и складки, в целом образующие кольцевые структуры. В некоторых из них были найдены интрузивные породы, а в других стекловатные образования, очень напоминающие вулканические лавы и туфы.

В 40-е годы появились сообщения об округлых образованиях в

структуре щитов, сложенных древними метаморфическими и интрузивными породами. Первым эти структуры начал изучать на Балтийском щите финский геолог П. Эскола (1949), работы которого вызвали большой интерес. В дальнейшем такие структуры были описаны практически на всех щитах.

В эти же годы китайский геолог Ли Сыгуан проводил исследования так называемых вихревых структур. По его мнению, подобные структуры возникают за счет поворота отдельных блоков. При этом они приобретают кольцевую форму. Так было положено начало еще одному из направлений в изучении кольцевых структур, которые позднее получили название ротационных.

В 1960-е годы американский геолог Э Уиссер отметил в горных **областях** запада США отчетливо выраженные в рельефе крупные куполовидные структуры. Их поперечник составляет многие десятки километров. Купола подчеркнуты радиальным характером гидросети. Часто в центре куполов располагаются гранитные массивы или вулканические кальдеры. В связи с этим в пределах куполов концентрируются рудные месторождения.

Таким образом, к середине нашего столетия были установлены различные типы концентрических образований и отмечена их роль в размещении месторождений полезных ископаемых. Однако настоящий скачок в изучении кольцевых образований на Земле и других планетных телах Солнечной системы произошел в связи с началом космической эры. Первые фотоснимки земной поверхности были сделаны космонавтом-2 Г. С. Титовым во время полета на космическом корабле "Восток-2" в августе 1961 года. Фотографии были изучены специалистами. Оказалось, что на них лучше, чем на аэрофотоснимках, видны крупные структуры земной коры. Первые снимки делали сами космонавты, выбирая сюжеты для съемки. Естественно, что в первую очередь в кадры попали такие природные феномены, которые отличались необычной конфигурацией. И среди них оказались кольцевые структуры. С внедрением космических снимков в практику геологических исследований, когда со спутников-автоматов и пилотируемых кораблей стали поступать многие тысячи космических изображений земной поверхности, интерес к кольцевым структурам возрос многократно. Практически все специалисты по геологическому дешифрированию наряду с линейными структурами разломной природы выделяли на космических снимках и

кольцевые формы. Появилось множество научных публикаций, где сообщалось о новых кольцевых структурах, печатались схемы с изображениями колец, начали создаваться специальные карты кольцевых структур. "Космический бум" вызвал лавину исследований в области кольцевых структур земной коры: на смену многим загадкам пришли твердо установленные факты, которые, во-первых, доказали реальность существования в природе кольцевых структур, а во-вторых, показали их разнообразный генезис.

Кольцевые по форме - разные по природе

Кольцевые структуры на космических снимках выглядят круглыми или овальными, полностью или фрагментарно замкнутыми фотоаномалиями.

Кольцевые структуры состоят из ядра и внешнего контура. Границей кольцевой структуры принято считать наиболее удаленный от ядра концентрический элемент или внешний контур, ограничивающий фотоаномалию. Очень часто кольцевые структуры осложнены системами разломов: концентрическими, секущими, сегментарными, радиальными. Выраженность кольцевых структур на космических снимках различна. Она зависит от многих факторов, размера, тектонической активности, степени сохранности и т. п. Однако общим правилом можно считать возможность более четкого и уверенного дешифрирования кольцевых структур малого диаметра

по сравнению с выявлением аналогичных объектов больших размеров. Устанавливаются различные соотношения кольцевых структур с рельефом: прямое - когда кольцевая структура и рельеф согласуются, и обратное - в случае когда рельеф и кольцевая структура имеют обратные соотношения. В природе кольцевые структуры выступают чаще всего в качестве депрессий, впадин; на земной поверхности они располагаются одиночно или группами.

Как же можно классифицировать кольцевые структуры Земли? Очевидно, по многим признакам - по размерам, генезису, различиям в сложности строения, по связям с рельефом, по выраженности на космофотоснимках, знаку движения, геометрическим особенностям и т. д. Но достаточно и двух основных признаков:

размеров и генезиса. При этом всегда следует помнить, что

кольцевая структура может быть порождена одним геологическим фактором (тогда она моногенна) или возникает в результате взаимодействия нескольких геологических процессов (в этом случае она полигенна). Отмечается четкая и прямая зависимость между размерами кольцевых структур, сложностью их строения и продолжительностью времени их формирования. Так, например, малые кольцевые структуры с диаметром до нескольких сот метров, как правило, моногенны и, вероятно, представляют результат относительно кратковременного одноактного геологического процесса.

Кольцевые структуры диаметром в сотни километров и более могут быть образованы в результате наложения нескольких геологических процессов (магматизма, метаморфизма, тектогенеза и т. л.), протекающих иногда на протяжении многих миллионов лет"

Моногенные кольцевые структуры очень часто осложняют более крупные - полигенные. Учיתי-

вая все эти особенности строения и механизма формирования кольцевых структур, сотрудники Лаборатории космической геологии геологического факультета МГУ и специалисты ВНИИЗарубежгеоло-гии Мингео СССР разработали их современную классификацию. В ее основе могут быть две группы признаков: размерность и структурно-генетическая разновидность. По размерности выделено пять основных классов структур: мега-, макро-, мезо-, мини- и микроструктуры.

Среди генетических разновидностей кольцевых структур выделяются: метаморфогенные, магма-тогенные, тектоногенные, экзогенные, импактные (табл. 1). Необходимо указать, что обычно в 10- 20% случаев выявить их генетическую принадлежность невозможно. В этом варианте их следует отнести к самостоятельному классу структур невыявленного генезиса.

Все перечисленные генетические классы кольцевых структур относятся к моногенным. К полигенным

(по размерам это обычно мега- и макроструктуры) относятся древнейшие сложно построенные кольцевые образования литосферы - нуклеары, специальное описание которых будет приведено в следующей главе.

Метаморфогенные кольцевые структуры, образованные в результате интенсивно и глубоко идущих процессов метаморфизма, пре

Таблица 1

Классы размерности км	Генетические разновидности											
	поли-генные	метамор-фогенные	магматогенные			тектоногенные	эзо-генные	камо-генные				
			связанные с подкоро-выми магматизмом	связанные с коровым магматизмом	моногенные							
Мегаструктуры (многие сотни, первые тысячи)	Нуклеарные ман-тинно-очаговые	Гнейсо-вые склад-чатые овалы	Плутонические — граб-ро-анортозитовых, ще-лочно-основных и ще-лочных, кимбер-литовых интрузии	Вулканические — трап-овых полей	Плутонические — гранитоидных интрузии	Вулканические — конти-нентальных, краевых и островодужных вулкани-ческих поясов	Орицательные си-неклизы, впадины, мульды	Положительные: сводовые и валобразные поднятия, бра-хантиклинали	Диарровые — солляных массивов, солляных и глиняных диарров	Ротационные	Сейсмогенные Карстовые воронки, провалы и др	Импактные
Макроструктуры (первые сотни)												

ставлены, как правило, макро- и мезоструктурами, описанными

советским исследователем Л. И. Салопом как гнейсовые складчатые овалы и гранитогнейсовые купола, расположенные почти исключительно в пределах древней до-кембрийской гранитометаморфической коры. Во многих случаях их удается обнаружить на плитах древних платформ под осадочным чехлом.

Гнейсовые складчатые овалы, центральные их части обычно сложены архейско-раннепротерозойскими толщами, имеющими концентрическое строение, причем центральные части метаморфических толщ, как правило, древнее, что позволяет трактовать их в качестве древних центров аккумуляции кислого гранитного материала в литосфере и именовать структурами-тектонokonцентрами, справедливо подчеркивая роль тектоники в их формировании.

Типичный гнейсовый овал - Леоно-Либерийская структура, имеющая вихревое или нечетко выраженное концентрическое строение, что подчеркивается дугообразными поясами нижнеархейских гнейсов и кристаллических сланцев гранитогнейсовых куполов раннего и позднего архея. Диаметр куполов 75-400 километров.

Складчатые гнейсовые овалы широко развиты на юге Африки (рис. 1). Они показаны на схеме по данным дешифрирования космических снимков и на основании анализа геологических материалов.

Гранитогнейсовые купола, кроме архейско-раннепротерозойского, имеют и более молодой поздне-протерозойский возраст. Они связаны с процессами гранитиза-

ции и магматического диапиризма - протыканием пластичными породами вышележащих отложений, наложенными на более древний субстрат протометаморфической коры.

Аналогичные купола широко распространены в Северной Америке и на Балтийском щите. Как гнейсовые складчатые овалы, так и гранитогнейсовые купола во многих случаях удается обнаружить и под платформенным чехлом на плитах древних платформ, особенно на участках ограниченной мощности чехла. Кольцевые структуры в первом случае сопровождаются дифференцированными гравитационными и магнитными полями с явными чертами концентрического плана; во втором случае - с кольцевыми структурами связаны преимущественно отрицательные

гравитационные и магнитные аномалии, контуры которых конформны (подобны) этим структурам.

Магматогенные кольцевые структуры делятся на вулканические и плутонические. Вероятно, это самый представительный генетический класс. Их поперечник не превышает 300-500 километров, но преобладают мини-структуры. Магматогенные кольцевые структуры связаны как с подкоровым, так и с коровым магматизмом. Подкоровые их разновидности обычно развиваются на древних платформах, коровые - преимущественно в складчатых поясах.

Вулканические подкоровые кольцевые структуры особенно широко развиты среди трапповых полей древних платформ, например, на Деканском меловом трапповом поле полуострова Индостан и на Тунгусском трапповом

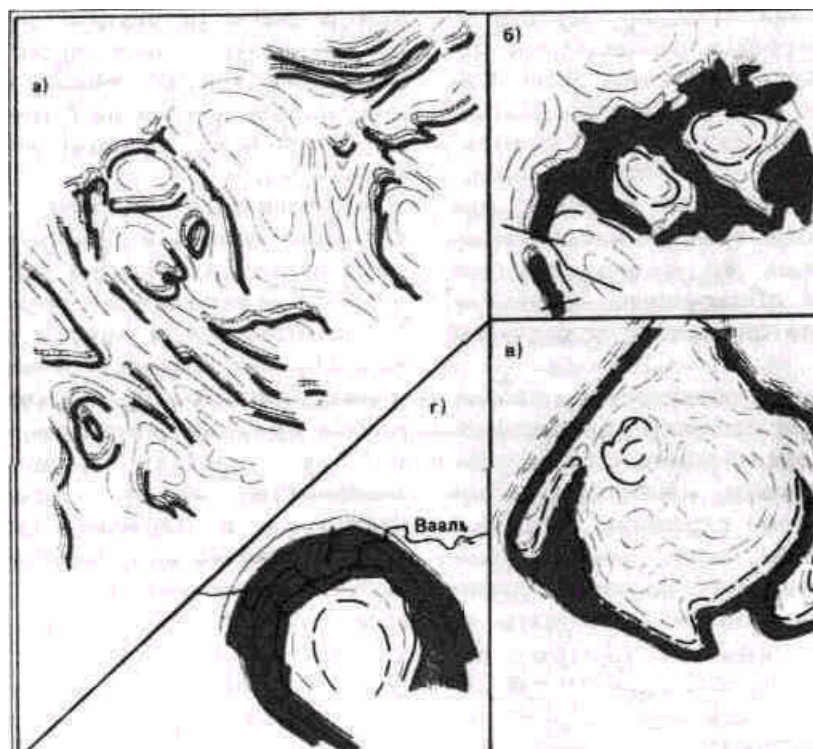


Рис 1 Некоторые метаморфогенные кольцевые структуры Африки в породах докембрия а - Мавритания, б - Ангола, в - Зимбабве г - ЮАР

поле Сибирской платформы Обычно это небольшие - диаметром до 100-150 километров структуры, иногда расположенные в зонах глубинных разломов В пределах Тунгусского траппово-го поля к этим структурам приурочены древние размытые щитовые вулканы и центры излияний, а также корневые зоны крупных трапповых силлов

Кольцевые структуры Тунгусской синеклизы выражены замкнутыми или серповидно изогнутыми валами, к которым приурочены секущие и пластовые интрузии до-леритов, а в некоторых случаях и покровы базальтов В этом регионе, как отмечают московские геологи В. Н. Брюханов и В. А Буш,

часто наблюдается наложение, иногда многократное, кольцевых форм друг на друга При этом структуры меньшего диаметра обычно наложены на большие

Еще одну группу кольцевых структур, обусловленных подкорковым вулканизмом, образуют небольшие (не более 100 километров в поперечнике) структуры, рассеянные в тылу Тихоокеанского вулканического пояса, на северо-востоке КНР и в Юго-Восточной Азии, например в Лаосе, где зафиксированы наиболее крупные образования

Вулканические коровые кольцевые структуры часто тяготеют к кайнозойским областям рифтоге-неза и хорошо представлены в зоне Великих Африканских рифтов, (например, вулканотектоническая кольцевая структура Килиманджаро) и в зоне рифтов Красного моря.

Коровые кольцевые структуры Евразии связаны, во-первых, с вулканическими структурами из-вестково-щелочных континентальных вулканических поясов, а во-вторых - с островодужными вулканическими поясами. Часть из них располагается в девонских континентальных вулканических поясах Центрального Казахстана, Монголии, Алтае-Саянской складчатой системы, часть - в поздне-палеозойских аналогичных поясах Центральной Европы, Прибалхашья, Монголии, Тянь-Шаня. Они достигают 60-100 километров в диаметре и дешифрируются с некоторыми затруднениями.

Наиболее полно вулканические коровые кольцевые структуры представлены в позднемезозой-ских - палеогеновых континентальных вулканических поясах - Охотско-Чукотском, Приморском, Катазиатском, расположенных между континентом и Тихим океаном, а также в вулканических поясах Тибета. Здесь насчитываются сотни кольцевых структур различных - от 1-10 до 200- 300 километров - размеров.

В связи с тем что эти структуры значительно замаскированы современными лавовыми накоплениями, их с трудом можно дешифровать на космических снимках, и поэтому для их более достоверного выявления используют дополнительные материалы:

топографические и батиметрические карты, геофизические данные и т. д.

Ведущую роль в этих поясах играют крупные сложные вулканические постройки (стратовулканы) знаменитый вулкан Фудзияма на острове Хонсю, Тамборо и Геде на острове Ява, Оннабург на Суматре, Этна на Сицилии и Везувий на Апеннинском полуострове. Примерами крупных кальдер, которые здесь редки, могут служить только кальдеры Роккамфорины, Колли д'Альбани, Больсены в Апеннинах

-

Итак, что же характерно для вулканических кольцевых структур?

Во-первых, полосовое распределение. Во-вторых, четкая приуроченность к зонам крупных продольных глубинных разломов - шовных сочленений разнородных блоков земной коры, отличающихся возрастом и строением гранитно-метаморфического слоя. В-третьих, особая роль разломов, поперечных к простиранию вулканических поясов узлы пересечения продольных и поперечных разломов, как правило, определяют расположение важнейших вулканических узлов, что особенно характерно для Охотско-Чукотско-го, Приморского и Катазиатского вулканических поясов, в меньшей мере - для Восточно-Тавро-Малокавказского, вулканического пояса. В-четвертых, расположение мелких кольцевых структур вдоль ограничений крупных вулканотек-тонических депрессий наподобие

спутников-сателлитов, напоминающих шарикоподшипники

Плутонические подкоровые кольцевые структуры, связанные с мантийным магматизмом, изучены преимущественно на Африка-но-Аравийском кратоне - устойчивой мало подвижной части земной коры древнего возраста и на Восточно-Европейской платформе

Наиболее крупные мезо- и ми

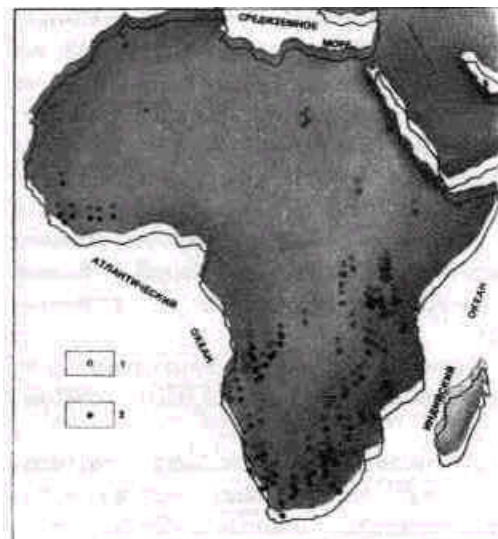


Рис 2 Карбонатитовые и кимберлитовые кольцевые тела Африки, 1 - карбонатиты, 2 - кимберлиты

ни-структуры этих регионов связаны с внедрением габбро-анортозитовых и щелочно-ультраосновных магм и приурочены к образованию Бушвельдского комплекса (три кольцевые структуры, расположенные цепочкой), массивов Манама на о-ве Мадагаскар, Хибинского и Ловозерского плуто-нов на Балтийском щите. Возраст их колеблется от раннепротерозойского до палеозойского.

С внедрением щелочных под-коровых магм, карбонатитов, а также кимберлитов палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов связаны, как правило, микроструктуры размером от 1 километра до 15-20 километров в поперечнике. Среди интрузий, обусловивших формирование этих структур, наряду с небольшими штоками и диатремами присутствуют кольцевые и конические интрузии: комплексы Саламо в Судане, Мулл на Британских о-вах, Кондер в

Сибири и др

Известный раннепротерозой-ский массив Бушвельд образован рядом крупных кольцевых структур диаметром до 200 километров. Их кольцевое строение подчеркивается концентрическим расположением выходов и вулканогенных комплексов, а также вмещающих осадочных комплексов.

Одна из наиболее известных кольцевых структур Африки - структура Ришат, расположенная в пределах синеклизы Таудени. Она находится в поле развития рифейских и нижне-, среднепалеозойских отложений на восточном склоне массива Регибат. Установлено, что структура Ришат связана с интрузией долеритов. Подобные кольцевые структуры, но меньшего размера обнаружены на аэрофотоснимках южного обрамления массива Ахаггар, где они также связаны с интрузиями.

*Следует особо подчеркнуть, что Африканский континент характеризуется широким развитием щелочных пород и связанных с ними **карбонатитов**, слагающих интрузий кольцевого строения (рис. 2). По времени проявления щелочной магматизм охватывает возрастной диапазон от раннего докембрия до современных излияний.*

Кимберлиты широко распространены в Южной, Центральной и Западной Африке и в меньшей степени на востоке континента. Тела их обычно имеют форму трубок, даек, жил. Далеко не все известные ныне тела кимберлитов содержат алмазы. Так, 25 лет назад в ЮАР было известно 250 кимбер-литовых тел, и лишь из 25 извлекались алмазы. Сейчас только в одной Анголе насчитывается около 700 кимберлитовых тел

Имеющиеся данные позволяют

выделить два временных интервала образования кимберлитов: докембрийский и мезозойский. В докембрии, по изотопным данным, большинство тел относится к рифею (1400-1300 миллионов лет назад)

В последние 30-40 лет ким-берлитовые трубки взрыва выявлены и на других континентах Земли, например в Евразии, Северной Америке, Австралии и др. Дешифрирование материалов космических съемок не только подтвердило наличие известных кимберлитовых трубок

овальной или кольцевой формы, но и помогло оперативно наметить новые площади возможного их распространения. Небольшое число плутонов (интрузий) центрального типа, генетически связанных с под-коровым щелочным и щелочно-ультраосновным магматизмом, обнаружено и изучено и на территории Евразии. Это Хибинский и Ловозерский плутоны на Кольском полуострове, Кондерская интрузия на Алдане, Ирисуйская в Срединном Тянь-Шане. Сюда же нужно отнести микроструктуры, иногда сопровождающие кимбер-литовые трубки взрыва Восточной Сибири

Наиболее "яркая" из этих структур - широко известная структура Кондер - небольшая, около 10 километров в диаметре, но очень четко выраженная на аэро-и космоснимках всех масштабов. Центральная ее часть сложена ультраосновными интрузивными породами - дунитами, внешнее кольцо образовано резко очерченным концентрическим хребтом и сложено интенсивно деформированными осадочными породами. Кстати, вблизи контакта дунитов с вмещающими породами

находятся тела карбонатитов

Плутонические коровые кольцевые структуры на древних платформах развиты достаточно широко. Характерные их примеры: структуры среднепротерозой-ского Коростеньского плутона на Украинском щите; приуроченные к верхнепротерозойским грани-там Балтийского щита (Стокгольмская и др.), связанные с кольцевыми гранитными массивами в Африке (Ахаггар, Танзания, о-в Мадагаскар).

Наиболее типичны плутонические кольцевые структуры для территорий фанерозойских складчатых поясов, где они составляют более трети всех кольцевых образований. Большие группы подобных структур расположены в Верхоян-ско-Чукотской складчатой системе, вдоль южного обрамления Сибирской платформы (Алтае-Саянская складчатая система, Байкало-Па-томская, Становая область, Буре-инский массив), в Тибете, Куньлу-не, вдоль складчатой системы Кордильер Северной Америки, в Восточной Австралии.

В Евразии эти структуры чаще **всего** связаны со вскрытыми современной эрозией гранитоидными Плутонами и широко

распространены в фанерозойских складчатых поясах, составляя здесь около половины **всех** кольцевых образований

В областях развития протерозойской континентальной коры количество таких структур, по данным В. А. Буша, В. Н. Брюханова, Е. Д. Сулиди-Кондратьева и других исследователей, значительно меньше, что может объясняться процессами метаморфизма, как бы размывающими четкие очертания плутонических кольцевых структур на древних щитах. Диаметр большинства коровых плутонических кольцевых структур не превышает 50-100 километров. Они образованы обычно субвертикальными зонами скалывания, окружающими по периферии крупные штоки и небольшие батолиты гранитоидов.

Характерно, что многие кольцевые структуры, образованные коровыми плутоническими телами, можно четко дешифровать благодаря кольцевому ореолу кон-тактово-метаморфизованных вмещающих пород, формирующих внешний контур кольцевой структуры. В тех же случаях, когда ин-трузивное тело, послужившее причиной формирования кольцевых структур, не вскрыто эрозией, о его присутствии узнают по косвенным признакам. Например, Арка-линская кольцевая структура у восточного побережья озера Балхаш установлена по характерным особенностям гравитационного и магнитного полей.

Известны также коровые структуры диаметром до 200-350 километров, например Зерендин-ская кольцевая структура в Казахстане, кольцевые структуры Бу-реинского массива, Забайкалья, Северной Монголии, Сихотэ-Али-ня.

Коровые плутонические кольцевые структуры гранитоидных интрузий широко развиты практически на **всех** щитах Африки и Аравии.

На Канадском щите Северной Америки среди полей развития гранитогнейсовых куполов встречается ряд магматогенных структур, имеющих преимущественно плутонический генезис. Эти структуры широко развиты также и в Скалистых горах и западнее - в центральной части Северо-Амери-

канских Кордильер. В Скалистых горах они концентрируются в нескольких зонах; одна из них приурочена к месту поворота гор от

субмеридионального направления на субширотное. Здесь выделяется большое количество плутонических структур, представленных лакколитами и штоками гранитов, монзонитов, диоритов, кварцевых и ультраосновных сиенитов.

Плутонические кольцевые структуры Америки образованы разновозрастными гранитоидами Андийского пояса, а также древними гра-нитами Бразильского и Гвианского щитов и представляют особый интерес, поскольку с ними связаны проявления золота, серебра, висмута, редких металлов, меди и других полезных ископаемых.

В целом для плутонических кольцевых структур характерно групповое расположение. В ряде случаев они образуют ареалы или узлы, лежащие на пересечении нескольких глубинных разломов.

Тектоногенные кольцевые структуры относятся ко всем классам размерности и часто представляют собой производные процессы платформенного тектогенеза.

Эти структуры формируются под влиянием вертикальных тектонических движений, но известны и кольцевые структуры, связанные с горизонтальными тектоническими движениями (ротационные). По способу проявления тектонических движений тектоногенные кольцевые структуры могут быть связаны с деформациями изгиба (пликативные), с разрывными дислокациями (дизъюнктивные) или же с явлениями диапиризма (инъ-ективные). К этому же генетическому классу относятся структуры ротационного и сейсмогенного

происхождения. По морфологии тектоногенные кольцевые структуры могут быть положительными, сопровождающимися поднятием ядра или всей кольцевой структуры над рамой; отрицательными, сопровождающимися погружениями; сложными (кольцевыми), когда поднятия и депрессии в пределах кольцевой структуры имеют кольцевую форму. Положительные тектоногенные кольцевые структуры совпадают с положительными тектоническими структурами - антеклизмами, сводами, выступами фундамента, валами, крупными антиклинальными складками, неотектоническими поднятиями. Отрицательные тектоногенные кольцевые структуры соответствуют отрицательным тектоническим структурам - синеклизмам, впадинам, прогибам,

крупным синклинальным складкам.

Тектоногенные кольцевые структуры представлены кольцами различных размеров. Структуры поперечником в первые сотни километров могут отражать диапиры верхней мантии, которым в земной коре часто соответствуют крупные овалы или округлые депрессии с повышенной мощностью осадочных пород. Тектонические поднятия кольцевой формы размером в десятки и сотни километров в чехле платформы связываются с соответствующими поднятиями консолидированного фундамента, когда многоугольные (полигональные) блоки получают отражение в осадочном чехле в виде округлых или овальных поднятий сводовой формы.

Наиболее крупные и сложно построенные кольцевые тектонические депрессии - впадины Тауде-ни и Конго с диаметрами около 1000 и 800 километров, развивавшиеся с начала рифея и в течение всего фанерозоя (рис. 3) Небольшие кольцевые структуры диаметром до 20-30 километров на платформах отвечают локальным поднятием и овальными складками платформенного чехла. Отрицательных структур среди этой разновидности практически нет.

Не все тектоногенные пликативные кольцевые структуры на платформах точно совпадают с очертаниями геологических структур на картах. Возможно, это связано с тем, что на снимках дешифрируются не собственно складки, а системы тектонической трещиноватости, сопровождающей их формирование.

Инъективные (диапировые) кольцевые структуры коррелируются с проявлениями соляного и глиняного диапиризма. Они представлены преимущественно небольшими (первые десятки километров) в диаметре структурами, соответствующими соляным штокам, как вышедшим на поверхность (Эльтон, Баскунчак и др. в Прикаспии, соляные купола Персидского залива), так и погребенным под платформенным чехлом (диапиры Северной Германии). Скопления соли, не прорвавшие отложения платформенного чехла (так называемые соляные подушки), проявляются в виде кольцевых структур несколько реже, но по дешифровочным признакам неотличимы от прорванных диапиров. Компенсационные и межкупольные депрессии обычно четко проявляются в виде колец, выраженных заметно слабее, чем положительные диапировые структуры,

Непривычно выглядят структуры с дугообразной, спиралевидной или даже вихревой морфоло

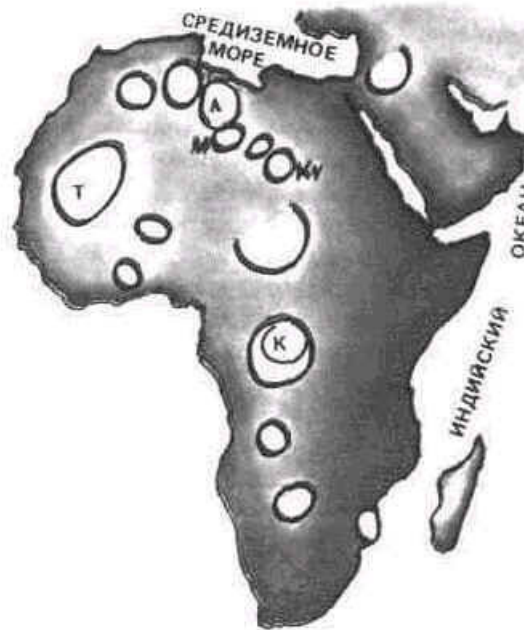


Рис. 3. Крупные тектогенные кольца вие структуры Африки;

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

гией, которые называются ротационными. Французский геолог А. Кэр, например, обратил внимание на то, что Альпы вместе с Апенниннами образуют S-образ-ный, закрученный против часовой стрелки вихрь. А если вы отвлекетесь от чтения книги и посмотрите на географическую карту Кар-пато-Балканского региона, то сможете убедиться, что дуга Карпат по отношению к Балканам выглядит как вихрь, закрученный в противоположную сторону, т. е. по часовой стрелке. Эти две вихревые системы - Альпо-Апеннинская и Карпато-Балканская - по своей конфигурации в плане почти подобны.

В 1958 году на русский язык была переведена книга мало кому известного тогда геолога Ли Сы-

гуана "Вихревые структуры Севе-ро-Западного Китая". Ли Сыгуана по праву можно считать одним из создателей ротационной гипотезы образования кольцевых структур.

Киевский геолог О. П. Слензак указал на широкое, практически повсеместное распространение вихревых структур по всему земному шару, включая и континентальные пространства и океанические акватории. О. П. Слензак связал их образование с напряжениями, возникающими в теле Земли в результате неравномерного вращения и периодического действия приливных волн.

С. С. Шульц (мл.) считает, что структуры, имеющие вихревой рисунок, могут отражать, вероятно, застывшее движение струй магматических расплавов.

Итак, читателю известно, что кольцевые структуры земной коры, устанавливаемые при дешифрировании разномасштабных космических снимков, корреспондируют конкретным тектоническим структурам.

Закономерен вопрос: нет ли связи между кольцевыми структурами и сейсмичностью Земли? Ведь сейсмичность можно рассматривать как "эхо" современной структурной перестройки земной коры.

Применив те же самые принципы "кольцевого анализа", с помощью которых выделялись кольцевые структуры по элементам рельефа, геофизических полей и геологических структур, можно и по сейсмическим данным, именно - по размещению очагов землетрясений в пространстве весьма четко выявить и очертить разномасштабные кольцевые образования, которые мы предложили в 1983 году называть сейсмическими.

На рис. 4 показано, что три ги-

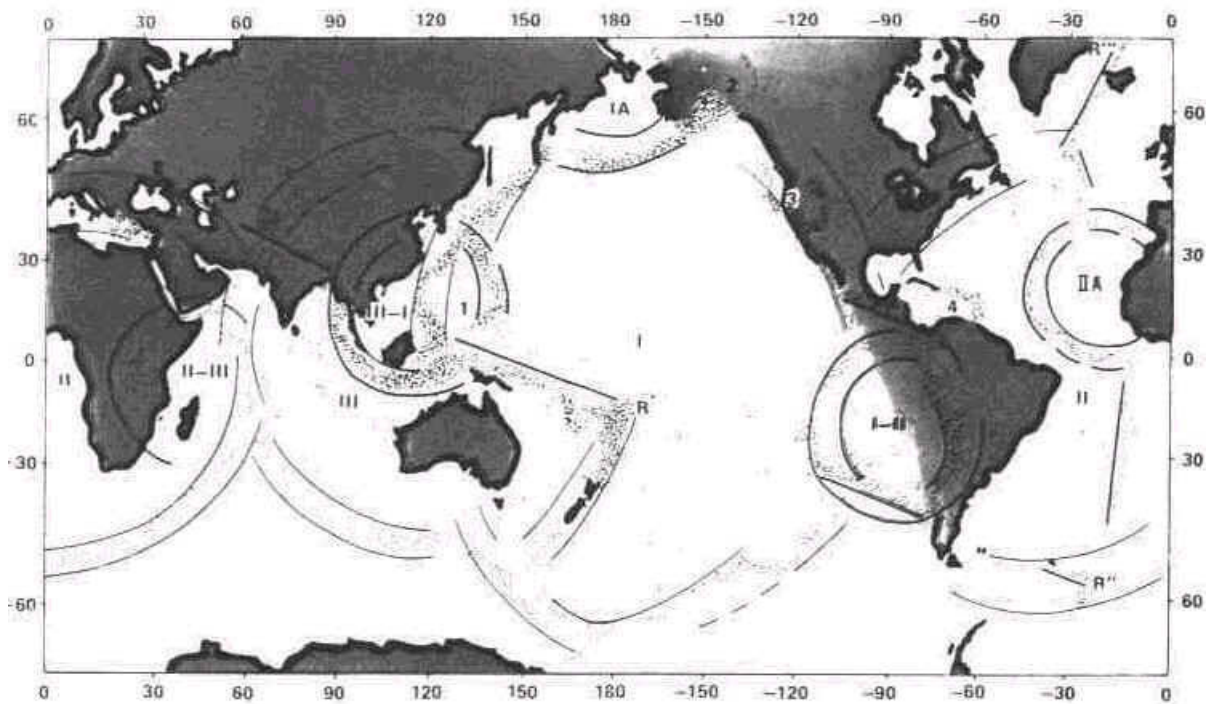


Рис. 4. Кольцевые структуры Земли, выявленные по сейсмическим данным:

Сейсмические кольца: I-III планетарные - Тихоокеанское (I), Атлантическое (II), Индо-Австралийское (III); региональные - Перуанское (I-II), Сейшельское (Афро-Мадагаскарское) (II-III), Индокитайское (III-I), Алеутское (IA), Северо-Африканское (IIA); 1-4 локальные - Бородинское (1), Аляскинское (Юконское) (2), Большого Бассейна (3), Антильское (Восточно-Карибское) (4).

Сейсмолинеаментами: I-II - Азово-Индокитайско-Южноатлантический, II-III - Срединно-Атлантический. Точками показаны очаги землетрясений

гантских (планетарных) сейсмических кольца (ПСК) Земли: Тихоокеанское, Атлантическое и Индо-Австралийское образуют мощный сейсмический пояс субширотного (экваториального) простираения. Диаметры ПСК колеблются от 12 тысяч (Атлантическое) до 14 тысяч километров (Тихоокеанское), что наводит на мысль об их глубинном - мантийном (или ядерном) заложении. Планетарные сейсмические кольца расположены не

автономно, а пересекают и перекрывают (иногда весьма значительно) одно другое.

К участкам контактов ПСК Земли, а также к их пересечениям и перекрытиям приурочены **региональные сейсмические кольца (РСК)** значительно меньших размеров - Перуанское (на пересечении Тихоокеанского и Атлантического ПСК), оконтуривающие Перуанскую океаническую котловину или плиту Наска; Сейшельское или Афро-Мадагаскарское (на контакте Атлантического и Индо-Австралийского ПСК) и Индокитайское (на перекрытии Индо-Австралийского ПСК Тихоокеанским). Северо-восточный сегмент Атлантического ПСК осложнен Северо-Африканским РСК, в значительной степени оконтуривающим Северо-Африканскую океаническую котловину, а северное замыкание Тихоокеанского ПСК - Алеутским РСК, точнее - полукольцом. Диаметр РСК, как и ширина зон концентрации очагов землетрясений (т. е. расстояние между внутренней и внешней границами колец), в 2,5-3 раза меньше диаметра ПСК и не превышает 5000 километров.

По размещению очагов землетрясений намечаются также **локальные сейсмические кольца (ЛСК)**, часто приуроченные к ПСК (ЛСК Большого Бассейна осложняет Тихоокеанское ПСК) и РСК (Бородинское ЛСК, которое расположено между островами Рю-кю - на западе и Нампо - на востоке на площади перекрытия Тихоокеанского ПСК и Индо-Австралийского ПСК, т.е. внутри Индокитайского РСК. Аляскинское ЛСК связано с Алеутским РСК). Наблюдаются локальные сейсмические кольца, пространственно не связанные с сейсмическими кольцами более высокого ранга (Антильское ЛСК в восточной части Карибского моря).

В рамках рассматриваемой схемы кольцевых структур Земли следует, вероятно, по-новому оценить гипотезу о связи кольцевых структур с высокомагнитудными до-кембрийскими землетрясениями, предложенную ранее советским геологом А. И. Петровым (1972).

Далеко не все исследователи восприняли наши построения положительно. Так, профессор геологического факультета МГУ Н. И. Николаев подверг схему сейсмических колец Земли резкой критике. Основной тезис критики - некоторая искусственность построений. Как будут развиваться дальше исследования по поиску взаимосвязей кольцевых структур и сейсмичности, предсказать трудно, но

осмелимся высказать предположение, что здесь возможны интересные результаты. Достаточно указать хотя бы на исследования якутских специалистов А. Ф. Петрова и А. М. Боровикова, которые проанализировали закономерные связи между размещением эпицентров сильных ($M \geq 5,0$) землетрясений и, кольцевыми структурами одного из районов Байкало-Станового сейсмического пояса и установили пространственную связь между тектонически выраженными кольцевыми структурами и инструментально установленными эпицентрами.

В данной проблеме многое остается не только неясным, но и не раскрытым, и в первую очередь генетический механизм, связывающий в пространстве кольцевые структуры, приуроченные к позд-неархейским и раннепротерозой-ским комплексам горных пород, и эпицентры современных землетрясений.

Космические (импактные) кольцевые структуры в ряду кольцевых образований Земли занимают особое место, так как возникли в результате падения крупных небесных тел: болидов или метеоритов, другими словами - в результате метеоритной бомбардировки. Эти кольцевые структуры названы в 1960 году американским геологом Р. Дитцем астро-блемами, что в переводе с греческого обозначает "звездные раны". Иногда-их называют "им-пакткые", что в переводе с английского означает "образованные в результате удара".

В нашей стране изучением аст-роблем занимались многие иссле

дователи, среди них в первую очередь следует назвать А. А. Вальтера, Б. С. Зейлика, А. И. Дабижу, В. Л. Масайтиса, И. А. Нечаеву, В. В. Федынского, В. И. Фельдмана, Л. П. Хрянину и многих других.

Изучение результатов метеоритной бомбардировки имеет существенное значение при изучении планет земной группы. Кольцевые структуры ударного происхождения отчетливо видны и теперь достаточно подробно изучены на многих небесных телах.

Для Луны, Меркурия и Марса метеоритная бомбардировка очевидна. Кратеры здесь - наиболее распространенная форма рельефа. Они составляют непрерывный по размерам ряд от микроструктур до

гигантских бассейнов, имеющих тысячи километров в поперечнике. На безатмосферных небесных телах (Меркурий, Луна, Фобос, Деймос и др.) метеоритные кратеры сохранились в прекрасном состоянии. В отличие от разрушенных и погребенных земных астроблем на космических изображениях поверхности планет земной группы и их спутников отчетливо видны **все** детали строения метеоритных кратеров. Чем древнее поверхность, тем больше количество соударений с метеоритными телами она должна испытать. Используя плотность кратерирования на некоторых планетах земной группы, удалось выделить структуры разного относительного возраста.

Интересно, что, получив значения плотности кратерирования различных поверхностей Луны и других планет, в частности Марса, и значения абсолютного возраста пород Луны, можно, используя сравнительно-планетологиче-

ский метод, установить абсолютный возраст поверхности Марса.

Не исключено, что в догеологическую стадию становления Земли метеоритная бомбардировка была важнейшим процессом ее развития. К сожалению, следы этой бомбардировки оказались сейчас стертыми последующими геологическими событиями - тектоническими движениями, метаморфизмом, магматизмом, водной и ветровой эрозией и т. п.

Догеологический этап развития Земли можно приблизительно восстановить пока только путем сравнительного планетологического анализа. Член-корреспондент АН СССР В. Е. Хаин считает, что на этом этапе ведущим процессом было бомбардирование кратерных кольцевых структур и, возможно, излияние базальтовых магм в их пределах из очагов в неглубокой астеносфере.

Более подробно догеологический этап развития Земли изучался и описан советскими исследователями М. С. Марковым и В. С. Федоровским, которые предполагают, что ранняя Земля должна была подвергаться метеоритной бомбардировке, особенно интенсивной до рубежа 3,9 миллиарда лет назад. Если исходить из плотности метеоритного потока, единого для системы Земля - Луна, то в первые 600 миллионов лет существования нашей планеты на ее поверхности должно было образоваться примерно 25 ударных

бассейнов с диаметром около 1000 километров и 2500-3000 бассейнов с диаметром 100 километров.

На рис. 5 показано возможное распространение на одном из полушарий Земли крупных ударных бассейнов с диаметром свыше

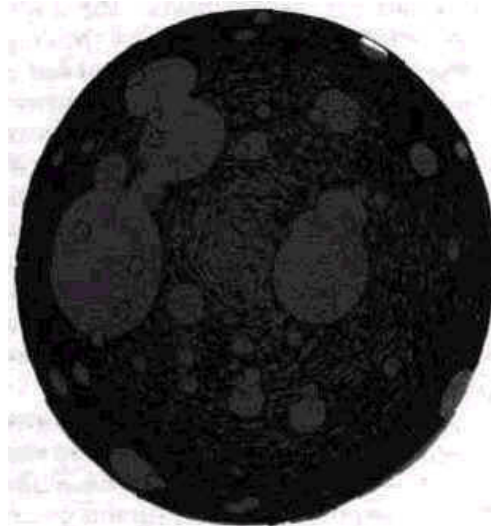


Рис. 5. Схема гигантских кольцевых структур предполагаемого происхождения (по Дж Норману и др)

500 километров. В таких бассейнах, считают авторы, происходила интенсивная экскавация, т. е. выброс больших масс горных пород. В ударных бассейнах происходило резкое утонение коры, а в тех случаях, когда ее мощность не превышала 15-20 километров, кора могла быть полностью уничтожена, ибо, как известно, глубина крупных кратеров в момент их образования достигает 1/4-1/5 их диаметра.

Исследования М. С. Маркова и В. С. Федоровского показали, что метеоритная бомбардировка внесла существенный вклад в энергетику ранней Земли. Ими приведены данные, согласно которым образование кратера Маникуаган (Канада) диаметром 100 километров сопровождалось мгновенным высвобождением энергии, равной примерно 10^{23} джоулей, что в 100-1000 раз превышает энергию всех землетрясений на Земле. При этом расплавилось 10^3 кубо-

километров пород.

Метеоритная бомбардировка должна была сопровождаться и

массовым магматизмом. С одной стороны, это были продукты плавления, возникавшие в результате падения метеоритов, так как около 1/3 энергии их ударов уходит на плавление вещества коры и мантии. С другой - из-за повышенной трещиноватости коры и подъема мантийных диапиров происходило заполнение впадин, связанных с метеоритной бомбардировкой, продуктами так называемого инициированного вулканизма. М. С. Марков и В. С. Федоровский своими исследованиями показали, что процесс метеоритной бомбардировки вызвал ощутимые последствия для геодинамики ранней Земли: 1) нарушение жесткости земной коры и создание ее повышенной трещиноватости;

2) возникновение тепловых аномалий и нарушение системы конвективных ячеек, если такие существовали на ранней Земле; 3) появление малоглубинных очагов плавления и заполнение впадин, образовавшихся при ударе крупных метеоритов, продуктами инициированного вулканизма; 4) существование перераспределения, перемешивание вещества коры и мантии (в том случае, если последняя на ранних этапах развития Земли залегла неглубоко) и появление своеобразных смешанных пород типа лунного реголита.

В настоящее время на Земле установлено свыше 100 ударных структур. Распределение их неравномерно и в значительной степени зависит от геологической изученности отдельных регионов. На хорошо изученных континентах, таких, как Европа или Северная Америка, количество их

больше, нежели в Африке, геологическое строение которой изучено недостаточно полно. Изученные на Земле астроблемы морфологически похожи на кратеры Луны, Марса, Меркурия. Они имеют округлую в плане форму, диаметр не более 100 километров определяется по характерному насыпному валу, выступающему вокруг воронки, по наличию центрального поднятия - центральной горки, отчетливо радиально-кольцевому расположению трещин, присутствию раздробленных пород, следов сотрясений и другим признакам. Однако самый надежный критерий их выделения - обнаружение остатков метеоритного вещества и специфических изменений, происшедших в породах в результате воздействия взрывной волны и высокой температуры при взрыве. Было рассчитано, что при столкновении с горными породами метеоритов, движущихся со скоростью более 3-4 километров в секунду, начальное

давление должно равняться 10^9 Паскалей при температуре $10\ 000^\circ\text{C}$. Рассчитано теоретическое время воздействия ударной волны на породу - миллионные доли секунды. За эти мгновения давление резко возрастает. При образовании кратера диаметром 50 километров почти мгновенно выделяется энергия, равная 10^{22} джоулей. Естественно, что такая энергия не может оставить без последствий породу мишени (рис. 6). При давлениях свыше $5 \cdot 10^{10}$ Паскалей происходит плавление и частичное испарение вещества. Эти термодинамические изменения приводят к серьезным перестройкам горных пород в районе удара.

Таким образом, метеоритный удар, разрушая первозданные

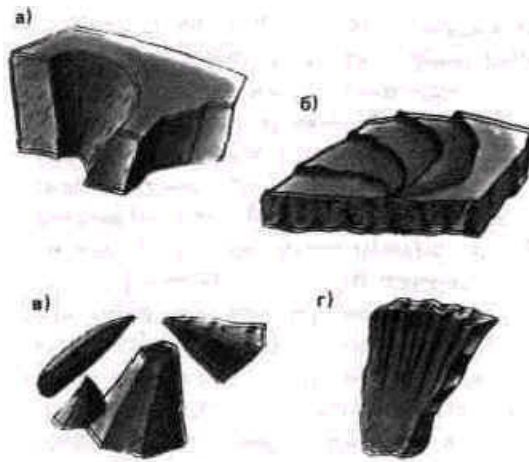


Рис 6. Зарисовка сколов обломков породы со следами ударной деформации- а - конус; б - веер; в - игольчатые; г - пирамида (по Л. П. Хряниной)

земные породы, приводит к новообразованиям - кратерным структурам, состоящим из днища, кольцевого **вала** и центрального поднятия.

Брекчии, т. е. породы, возникающие в результате метеоритного взрыва, принято разделять на две группы: перемещенные (аллогенные) и оставшиеся на месте- не перемещенные (аутигенные).

Каковы же возможности установить генезис брекчированных пород

в полевых условиях? Прежде всего импактные образования от земных пород отличаются наличием признаков шок-метаморфизма, который может возникнуть только при мгновенном и резком изменении температуры и давления, обусловленных взрывом. Резкая смена условий должна привести к новообразованиям среди горных пород. Такими новообразованными породами считаются эювиты и тагамиты.

Эювиты - импактные брекчии с несортированными по размерам и неокатанными обломками, с **содержанием** более 10-15% стекол плавления. По структуре они сходны с вулканическими туфами. По размеру обломков эювиты разделяют на глыбовые (крупнее 20 сантиметров), агломератовые (3-20 сантиметров), лапиллиевые (1-3 сантиметра), мелкообломочные (менее 0,25 сантиметра).

Тагамиты - остывшие ударные расплавы; по существу, это импактные лавы. Они образуют дай-ки, пластообразные тела, неправильно изгибающиеся, складчато-линзообразные, трубообразные и неправильной формы в алло-генных брекчиях и эювитах. Мощности их в крупных структурах от долей сантиметра до 100 метров и более. В обнажениях тагамиты сходны с лавами или интрузивными породами, но отличаются от них неоднородностью растворенных обломков пород.

Воздействие шок-метаморфизма приводит к глубинным изменениям минерального состава пород до образования таких характерных для импактных пород минералов, как стишовит и коэсит. Этот процесс обуславливает возникновение в минералах (кварце, полевых шпатах, биотите, амфиболитах) планарных трещин - тонких параллельных нарушений с расстояниями между ними около 20 микрометров.

По размерам астроблемы классифицируются следующим образом:

класс Диаметры астроблем

мини от нескольких метров

до 10 километров мезо 10-50 километров макро 50-100 километров
мега свыше 100 километров

Мини-астроблемы, или малые кратеры, составляют на Земле наиболее представительную группу импактных структур. Самые мелкие похожи на карстовые воронки, но отличаются от них наличием вала, аллогенной брекчии и метеоритного вещества. К этой группе относятся астроблемы: Соболевская (Приморье), Каалиярви (Эстония), Оесса (США, шт. Техас) и многие другие. Для всех малых астроблем характерно простое строение днища кратера.

Мезоастроблемы выявить в природных условиях трудно. По своему внешнему виду они похожи на вулканические кальдеры, но отличаются от них присутствием пород со следами шок-метаморфизма. Среди астроблем этого класса наиболее изучены Болтышский кратер на Украине, Нордлингер-Рис в ФРГ, Стин-Ри-вер в Канаде. Болтышская астроблема установлена геофизическими методами: она погребена почти под 200-метровой толщиной более молодых осадков; расположена между Черкассами и Кировоградом. Нордлингер-Рис - наиболее изученная мезоастроблема. Она расположена в окрестностях Мюнхена, имеет диаметр 24 километра и глубину воронки свыше 700 километров. Днище простое, не осложнено центральной горкой, плоское. О метеоритной природе кратера свидетельствуют находки коэсита и стишовита. Под астроблемой в гравитационном поле определена круглая по форме отрицательная аномалия, а в магнитном поле фиксируются аномалии, связанные с присутствием мощных горизонтов зювитов.

Макроастроблемы встречаются в земных условиях крайне редко, и обнаружить их трудно. Ти

пичный представитель этого класса астроблем - Карский кратер, расположенный севернее Полярного Урала в предгорьях хребта Пай-Хой. Метеоритная природа Карской структуры доказана советским геологом М. А. Масловым, изучившим ее геофизическими методами и по данным буровых работ. Диаметр Карской астроблемы 60 километров.

Мегаастроблемы могут быть обнаружены не только с помощью космических снимков, на которых выявляется большое число кольцевых структур, имеющих, возможно, импактный генезис. Так,

например, геологом Б. С. Зейли-ком по результатам дешифрирования космических снимков и анализу геофизических полей в Казахстане описаны следующие гигантские астроблемы - гиаблемы, требующие дальнейшего изучения: Ишимская (Тенизская) диаметром около 700 километров, Прибалхашско-Илийская поперечником также около 700 километров, Токрауская - 250 километров, Каибско-Чуйская, Джезказганская и др.

О том, как трудно распознать на поверхности Земли ударный кратер, наглядно свидетельствует история изучения Попигайской структуры, расположенной на севере Среднесибирского плоскогорья в бассейне реки Попигай, притока Хатанги.

Попигайская структура, открытая геологами в 1946 году, в разное время рассматривалась как грабен, как эрозионная впадина, как вулканический кратер. Лишь в 1970 году ленинградскому геологу В. Л. Масайтису и его коллегам удалось доказать, что Попигайская котловина - один из крупнейших на Земле метеоритных кратеров.

Исходя из геологической модели кратера, В. Л. Масайтис подсчитал примерный объем его расплавленного материала - примерно 1750 кубокилометра. По данным радиологических измерений, попи-гайское событие произошло 38,9 миллиона лет тому назад.

Все известные на Земле астроблемы изучены на суше. Возникает вопрос: а сохранились ли подобные структуры на океанском дне под толщей воды? Известно, что водой покрыто **более 70%** поверхности нашей планеты. Вероятно, метеориты должны чаще падать в океан, чем на сушу. До сих пор было неясно, оставляют ли метеоритные тела следы в виде кратеров или каких-либо других образований на дне морских акваторий.

Впервые "морская" астроблема была обнаружена совсем недавно. Как сообщил в конце 1987 года английский научный журнал "Нейчур", кратер был найден при геологическом исследовании морского дна неподалеку от побережья Новой Шотландии (Канада). Эти исследования проводились с целью разведки нефтяных месторождений. Диаметр подводного кратера достигает 11,5 километра. Таким образом появились первые данные о следах метеоритной бомбардировки морского дна.

С образованием астроблем наука связывает очень интересную

гипотезу, объясняющую массовую гибель огромных рептилий - динозавров. Более сотни видов динозавров - крупнейших животных Земли - исчезли с лица нашей планеты 65 миллионов лет назад на рубеже мелового и палеогенового периодов. Массовая гибель их, господствовавших безраздельно около 150 миллионов лет, может быть объяснена только катастрофой глобального масштаба. Для объяснения гибели динозавров привлекали различные теории:

дарвинскую теорию внутривидовой борьбы за существование, интенсивную вулканическую деятельность, выпадение кислых дождей, изменение наклона земной оси, падение крупных метеоритов - астероидов и т. д. Астероидная теория, изложенная лауреатом Нобелевской премии Луисом Анваресом, в последние годы получила достаточно широкое признание и поддерживается многими исследователями. Начало разработки астероидной гипотезы следует отнести к обнаружению в Испании голландскими геохимиками Я. Смитом и И. Херто-геном в пограничных слоях мелового и палеогенового возраста повышенного содержания иридия и осмия. Аномальное количество этих элементов платиновой группы, во много десятков раз превышающее их обычное содержание в земной коре, было обнаружено в Италии, на дне Балтийского моря и Атлантического океана - всего в 80 пунктах. Примечательным оказался тот факт, что все эти иридиевые аномалии оказались приуроченными к одним и тем же геологическим слоям, образовавшимся 65 миллионов лет назад на рубеже мелового и палеогенового периодов.

Чем же объясняется повышенное содержание элементов платиновой группы - иридия и осмия в одновозрастных слоях Земли? Астрономы и геологи считают, что причинами этого явления могли быть каменные метеориты - углистые хондриты, в которых количество интересующих нас химических элементов близко по своему содержанию к аномальным точкам Земли. Установив эту зависимость, можно предположить, что происхождение иридиевых аномалий на Земле связано с космическими причинами - падением каменных метеоритов - углистых хондритов. Советский астроном В. А. Бронштэн считает, что глобальная катастрофа на Земле может быть обусловлена падением сравнительно небольшого астероида. По мнению этого ученого, для глобальной катастрофы на Земле, массовой гибели животных и обогащения земной поверхности иридием и осмием достаточно падения небесного тела 10-15

километров в поперечнике. Что же должно произойти после встречи нашей планеты с астероидом такого размера? Расчеты показали, что, падая на Землю со скоростью 20 километров в секунду, 10-километровый астероид способен образовать астроблему диаметром в 150 километров. Материал, выброшенный из такого кратера, взрывом выносится в атмосферу, и пыль надолго окутывает Землю сплошным облаком, преграждая доступ солнечным лучам.

В. А. Бронштэн и ряд других ученых считают, что это пылевое облако вызвало резкое похолодание на нашей планете. Рассчитано теоретически, что если количество солнечной энергии, поступающей на Землю, сократит на треть, то температура понизится на 30°. Падение такого небесного тела должно было вызвать и нарушение слоя озона - экрана, предохраняющего все живое на Земле от губительного воздействия коротковолновой радиации, а также привести к образованию окислов азота, повышенная концентрация которых смертоносна.

Таким образом, причиной вымирания рептилий 65 миллионов лет назад могло быть падение на Землю небесного тела, что привело, по мнению В. А. Бронштэна, к резкому понижению температуры из-за экранирования солнечного света слоями пыли, к разрушению озонового слоя и к заражению окружающей среды окислами азота.

Сейчас учеными подсчитано, что около 20 тысяч тонн метеоритного вещества ежегодно проникает в земную атмосферу. Это значит, что ежедневно на Землю падает 50 тонн космического материала - обычно мелких пылинок и песчинок. Доля более крупных обломков весом от нескольких килограммов до тонны составляет примерно 100 тонн в год.

Эти данные свидетельствуют о почти непрерывной бомбардировке поверхности Земли метеоритным веществом. И несмотря на интенсивность такой бомбардировки, известен лишь единственный случай, когда она привела к человеческой травме. По данным Ю. Шумейкера, в 1954 году женщина в штате Алабама (США) получила серьезный ушиб ноги при падении метеорита весом 2,5 килограмма, пробившего крышу ее дома. По удивительному совпадению метеориты 1971 и 1982 годов упали на крыши двух домов в одном и том же городе - Уэстерфильде (штат Коннектикут).

Возникает вопрос: обязательно ли крупное метеоритное тело, падая на Землю, должно взорваться? Оказывается, если железный метеорит будет сближаться с поверхностью Земли под очень острым углом, он может сохранить свою форму и целостность. Наилучший пример этому - предположительно самый большой в мире железный метеорит Гоба, упавший на территорию северной Намибии. Эта темная, высотой около 1 метра, покрытая ржавчиной глыба была обнаружена в 1920 году. Время падения неизвестно. Длина метеорита Гоба 27 метров, и по подсчетам он должен весить около 70 тонн. Ученые считают, что каменная глыба такого же веса и размеров несомненно бы взорвалась, образовав астроблему.

Имеется и другой цельный железный метеорит - Кейн-Йорк в Гренландии. В конце XIX века исследователь Арктики Р. Пири погрузил эту 34-тонную глыбу на корабль и доставил в США.

Дальнейшее изучение астро-блем - одна из задач современной геологической науки: данные об их строении и закономерностях размещения на поверхности Земли играют важную теоретическую и практическую роль. Теоретическое значение изучения астроблем, вызванных метеоритной бомбардировкой, заключается в том, что оно благодаря методам сравнительного планетологического анализа способствует разработке представлений о ранних этапах развития Земли. Практические результаты изучения астроблем окажут содействие поиску полезных ископаемых, связанных с ними генетически, о чем речь пойдет в специальной главе.

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.

Кольцевые структуры неустановленного происхождения обнаруживаются в тех случаях, когда для их геологической интерпретации недостает данных, и поэтому их число находится в прямой пропорции со степенью и качеством геологической изученности той или иной территории. В последнее время иногда выделяются **тех-ногенные кольцевые структуры**, обязанные своим происхождением ядерным взрывам, просадкам под городами и т. д.

Нуклеары - древние ядра континентов

Появление космических снимков глобального уровня генерализации позволило исследователям установить в литосфере Земли ранее неизвестные кольцевые образования гигантских размеров (поперечником в несколько тысяч километров). Их обнаружение, вероятнее всего, связано с естественной генерализацией деталей геологического строения, четко представленных на мелкомасштабных материалах космических съемок.

Эти структуры, получившие название нуклеаров, выделяются только в пределах древних платформ - наиболее стабильных участков литосферы Земли. Первоначально эти кольцевые структуры были изучены и достаточно подробно описаны советскими геологами Е. В. Павловским, М. З. Глуховским, В. М. Морале-вым на примере Балтийского щита и Сибирской платформы. На мелкомасштабных снимках они представляют собой сложное сочетание концентрических образований большого радиуса, осложненных радиальными линеаментами. Кольцевые структуры-гиганты часто сопровождаются более мелкими кольцевыми образованиями (100-300 километров), расположенными в виде своеобразных сателлитов на внешнем контуре главной структуры. С их обнаружением возникла необходимость в анализе всех геолого-геофизических данных для выяснения и интерпретации возможной их природы и геологической позиции в литосфере. Оказалось, что существование этих структур довольно надежно подтверждается геолого-морфоструктурными и геофизическими материалами. Они в целом, но чаще отдельными своими элементами достаточно уверенно выражены в аномалиях магнитных и гравиметрических полей, а некоторые из них ранее были установлены советскими специалистами О. Б. Гинто-вым и В. В. Соловьевым методами морфометрического анализа в границах, близких тем, которые были выявлены, а затем уточнены дешифрированием космических снимков. Дальнейшая работа с мелкомасштабными снимками по обнаружению нуклеаров, осуществленная в Лаборатории космической геологии с участием советского геолога М. З. Глуховского, позволила установить в земной коре в пределах развития древних платформ различных континентов 33 нуклеара (рис. 7, табл. 2).

Индивидуальными чертами строения обладает каждый из общего числа выделенных нуклеаров, однако для них характерны и многие

общие черты становления и развития. Нуклеары зароди-

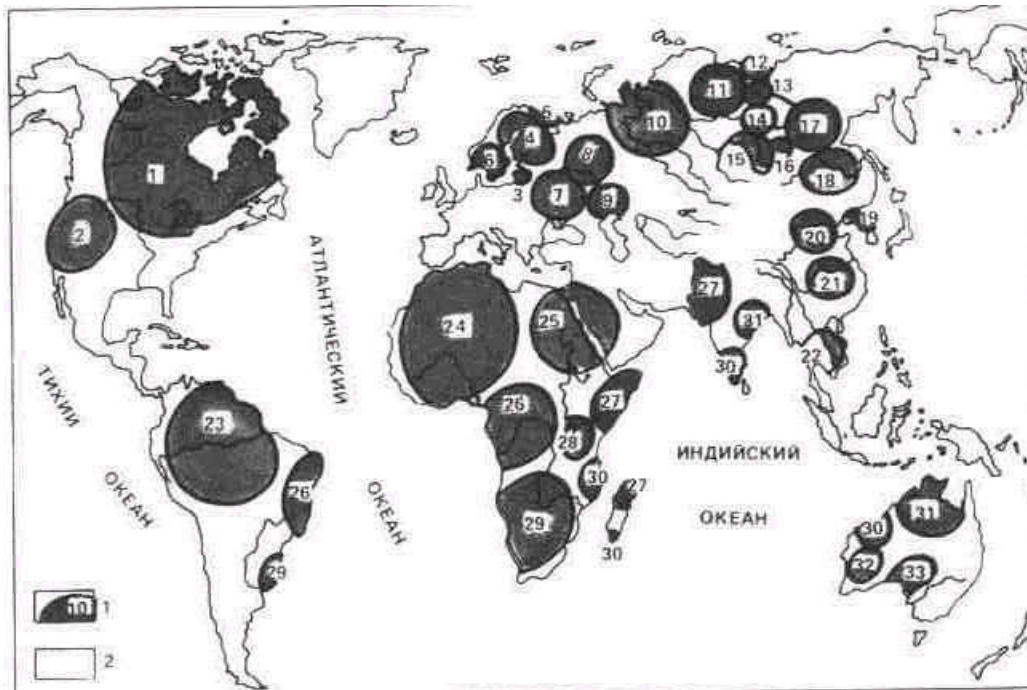


Рис. 7. Расположение нуклеаров на Земле (по материалам авторов, М. З Глуховского, Н. В. Макаровой и др) 1- нуклеары, номера на рисунке и в табл. 2, 2 - интернуклеарные пространства

лись в стадию первичной базито-вой оболочки Земли и, вероятно, стимулированы, как считает М. З. Глуховский, либо автономным разогревом первично неоднородной мантии, либо спровоцированы ударами крупных метеоритов, либо обоими этими факторами.

Нуклеары, заложенные на начальных стадиях становления земной коры и развивавшиеся на протяжении всей континентальной стадии ее развития (1600-1900 миллионов лет), представляют собой разнородные сиалические ядра, разделенные симатическими областями с незрелой континентальной корой - интернуклеарными пространствами. Нуклеары по сравнению с интернуклеарными

пространствами характеризуются большой мощностью консолидированной коры и литосферы и, по представлениям М. З. Глуховского, образуют чечевицеобразные геоблоки. Нуклеары и интернуклеарные области - наиболее консервативные элементы литосфер-ных плит, определившие ячеисто-петельчатый стиль фундамента древних платформ и продолжающие развиваться в докембрии под платформенным чехлом, а часто и вместе с ним. В чехле нуклеары соответствуют крупным антеккли-зам, поднятиям и выступам фундамента; интернуклеарные пространства - синеклизам, крупным прогибам или трапповым полям.

Нуклеары могли служить "жесткими упорами" при надвигании континентальных масс со смежных подвижных областей. Их можно подразделить на синформные и

Таблица 2 Нуклеары континентов Земли

Номер на рисунке	Наименование нуклеаров	Размеры по максимальной оси, км	Метод выявления'
1.	Северо-Американский	3800	Г, М, КС
2.	Колорадский	2000	м,г
3.	Свеконорвежский	900	кс.г
4.	Свекофеннокарельский	1300	кс.г
5.	Кольско-Лапландский	550	КС
6.	Прибалтийский	500	кс.г
7.	Скифский (Днепровский)	1000	м,г
8.	Сарматский (Верхневолжский)		
		1000	М
9.	Прикаспийский	750	КС. М, Г

10.	<i>Обский</i>	1500	<i>КС, М, Г</i>
11.	<i>Хета-Оленекский</i>	1100	<i>КС, Г, М</i>
12.	<i>Оленекский</i>	500	<i>КС, Г, М</i>
13.	<i>Тюнгский</i>	500	<i>кс.г</i>
14.	<i>Виллюйский</i>	750	<i>кс.г</i>
15.	<i>Ангарский</i>	900	<i>М.КС</i>
16.	<i>Витимо-Олекминский</i>	800	<i>Г.КС</i>
17.	<i>Алдано-Становой</i>	1300	<i>Г, М, КС</i>
18.	<i>Амурский</i>	1400	<i>кс.г</i>
19.	<i>Синокорейский</i>	600	<i>г.м</i>
20.	<i>Северо-Китайский</i>	800	<i>г.м</i>
21.	<i>Южно-Китайский</i>	1200	<i>г,м</i>
22.	<i>Индокитайский</i>	750	<i>Г</i>
23.	<i>Амазонский</i>	3200	<i>М</i>
24.	<i>Западно-Африканский</i>	3600	<i>Г</i>
25.	<i>Аравийско-Нубийский</i>	2200	<i>Г.КС</i>
26.	<i>Центрально-Африканский</i>	2800	<i>Г.КС</i>
27.	<i>Сомалийско-Аравийский</i>	1700	<i>кс,г</i>
28.	<i>Танзанийский</i>	1400	<i>кс.г</i>
29.	<i>Южно-Африканский</i>	2400	<i>кс.г</i>
30.	<i>Дарваро-Мозамбикско-</i>		
	<i>Пилбарский(Пилбара)</i>	1700	<i>Г.КС</i>
31.	<i>Индо-Австралийский</i>		
	<i>(Северо-</i>	2400	<i>Г</i>

	Австралийский)		
32.	Ийлгарнский	1200	Г
33.	Юклинский(Гоулер)	1200	Г

* КС - космические снимки, Г - геолого-геофизические и М - геолого-морфологические данные.

антиформные. В первом случае ядра нуклеаров слагаются относительно более молодыми образованиями, во втором - наоборот, относительно более древними. Как правило, все известные нуклеары с внешних, наиболее проницаемых

сторон, обрамлены докембрийскими-ми зеленокаменными поясами. Они установлены на всех континентах Земли. Самый крупный - Северо-Американский нуклеар, диаметр которого превышает 3800 километров. Он охватывает Ка

надский щит, Великие равнины, часть Скалистых гор. Это гигантское кольцо впервые выделено канадцем Д. Соулом, который рассматривал его как древний циркульный "ирам", образованный в результате удара метеорита. Границы Северо-Американского нуклеара достаточно четко обозначены. Так, например, его южное окончание фиксируется вдоль геофлексуры докембрийского фундамента, где примерно на широте южных побережий озер Мичиган и Эри фундамент погружается на значительную глубину. Западная граница проходит по глубинному разлому, рву Скалистых гор и совпадает с прогибом Мелвилл, отделяющим Канадский щит от складчатой зоны.

Северо-Американский нуклеар делится на две приблизительно равные части: восточную - собственно Канадский щит и западную, известную как Великие равнины со структурами сжатия - надвигами и покровами в Скалистых горах. Обе части отличаются возрастом

фундамента и геологическим развитием.

В Южной Америке ' выделен и описан Амазонский нуклеар диаметром свыше 3200 километров. Эта гигантская кольцевая структура охватывает почти всю территорию Гвианского и большую часть Бразильского щитов и достаточно надежно дешифрируется на мелкомасштабных материалах дистанционных съемок. Нуклеар прослеживается по морфологии, по геофизическим данным и по геологическим параметрам. Северо-западные и западные границы этой структуры четко фиксируются в рельефе в зоне перехода древних щитов в перикратонные опускания, углубляющиеся в сторону

Андийского пояса и превращающиеся здесь в передовые прогибы. Следует отметить, что древние породы, слагающие Амазонский нуклеар, пока геологически слабо изучены.

Нуклеары Евразии сконцентрированы на трех древних платформах: Восточно-Европейской, Индо-станской и Сибирской. Они играли важную роль во внутреннем строении их фундаментов и в какой-то степени определили развитие фанерозойской истории этих сооружений. Так, например, три тесно сближенных нуклеара - Свеконорвежский, Свекофеннокарельский и Кольско-Лапландский определили формирование Балтийского щита.

Все континенты Земли, как показано на рисунке, насыщены нуклеарами примерно с одинаковой плотностью. Однако если сравнить Евразийский и Американский суперконтиненты, то видны различия, выражающиеся в том, что для Евразии характерно относительно большое число колец-гигантов - 23 - диаметром до 1300 километров, а для Америки - всего три полных нуклеара значительно больших размеров - до 3800 километров.

В Африке и Аравии выделено и описано семь нуклеарных структур. Большинство из них имеет поперечник от 2000 до 2600 километров. В каждой из этих структур установлены выходы древнейших катархейских пород. Ограничены они мобильными поясами, и ими контролируется расположение древних структурно-формационных комплексов и некоторых более поздних тектонических структур, например рифей-фанерозой-ских синеклиз Таудени, Конго, Око-ванго, Карру и Калахари.

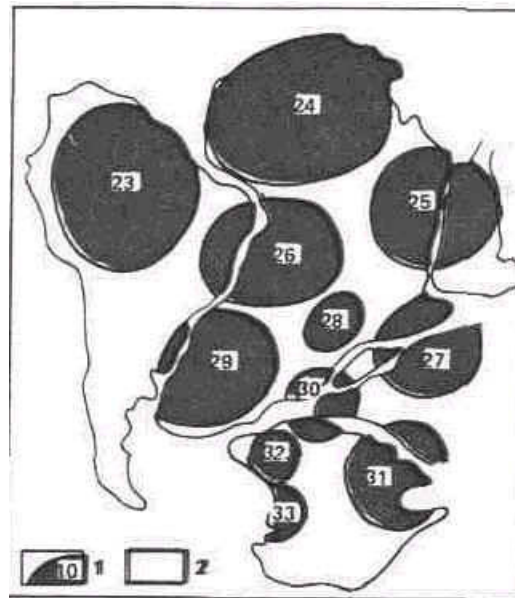


Рис. 8. Схема расположения нуклеаров южных континентов Земли - Гондваны:

1 - нуклеары; 2 - интернуклеарные пространства

Палинспастическая реконструкция Гондваны (это такая реконструкция, при которой были сближены между собой все южные материки Земли) позволила установить, что площадь нуклеаров здесь составляла примерно 70-75% от общей площади суперконтинента, что отдельные части ранее единых нуклеаров в настоящее время устанавливаются на соседних материках (рис. 8). Это может свидетельствовать о том, что древние структуры - нуклеары - в фане-розое раскололись по радиальным и дуговым швам, в результате чего их отдельные части оказались на разных континентах.

Тихоокеанская кольцевая структура и глобальная асимметрия Земли и планет земной группы

Глобальная асимметрия Земли четко выражена на глобусе земного шара и на тектонических картах мира отчетливым обособлением материкового и океанического полушарий. Тихоокеанская кольцевая планетарная депрессия со средней глубиной около 4 километров занимает примерно 1/3 общей площади Земли. Она обрамлена гирляндами островных дуг и горными складчатыми системами окраин континентов. Далее в глубь континентов располагаются платформенные области с древнейшим (докембрийским) гранитно-

метаморфическим фундаментом. Площадь акватории Тихого океана составляет около 180 миллионов квадратных километров, или половину площади всего Мирового океана. Дно Тихого океана лишено так называемого гранитного слоя. Под дном Индийского океана и Атлантики также нет гранитного слоя (за исключением сравнительно небольших участков - микроконтинентов), но площадь безгранитной коры здесь, даже суммарно, значительно меньше.

Обрамление Тихоокеанской впадины давно понимается геологами как Тихоокеанский круговой тектонический пояс. Характерную особенность пояса составляет естественная структурная связь его крупных элементов друг с другом. Получается тектоническое кольцо, смыкающее Азию и Северную Америку, с одной стороны, и Авст

ралию, Антарктиду и Южную Америку - с другой.

Интересно, что многие континентальные окраины Тихоокеанской области были приокеаническими зонами уже по крайней мере миллиард лет тому назад. Любопытен и другой факт. Оказывается, что в геосинклинально-складчатых областях Тихоокеанского пояса происходит омоложение возраста земной коры от внутренних его частей к побережью океана.

Все это вместе создает впечатление об устойчивости во времени и в пространстве Тихоокеанского подвижного пояса. Но вопрос этот оказывается более сложным.

Действительно, на периферии огромной океанической впадины естественно ожидать постоянного проявления высокоактивных тектонических, магматических и осадочных процессов, подобных современным. Они, конечно, и происходили. Но расшифровать их удается не всегда. Основная причина - дрейф континентов. Ныне существует много данных о дрейфе Австралии и Южной Америки на большое расстояние. Вероятно, происходило и движение Северной Америки в сторону Тихого океана. Время этих перемещений несколько различно, однако в основном оно укладывается в рамки мезозойской эры, захватывая, возможно, даже ранний кайнозой. Соответственно современный структурный план Тихоокеанского кругового пояса сформировался в это время. Все же для полукольца, расположенного в Северном полушарии, палеонтологические реконструкции возможны, пожалуй, вплоть до позднего докембрия. Тем самым выявляется древняя история полукольца и дополнительно

подчеркивается главная тектоническая асимметрия нашей планеты.

*По заключению академика Ю. М. Пуцаровского, Земле свойственна глобальная структурная неоднородность. В ее пределах обособляется два сегмента: один из них, включающий Тихий океан и обрамляющий его Тихоокеанский тектонический пояс, характеризуется высокой степенью подвижности и проницаемости текто-носферы. В другом сегменте сосредоточены **все** древние платформы, разделяющие их геосинклинально-складчатые пояса и вторичные океаны. Из такого противопоставления следует, что обе части должны были развиваться различными путями чрезвычайно длительное время.*

Первые же снимки обратной стороны Луны показали, что спутник Земли также асимметричен и разделен на два различных по структуре сегмента. Полушарие, обращенное к Земле, характеризуется распространением лунных морей: на обратной стороне распространены лунные материки, поверхность которых усеяна кратерами с поперечником в десятки и сотни километров, на которые, в свою очередь, наложены более мелкие кратеры.

В целом впадины лунных морей и земные океанические впадины имеют сходное строение. Примечательно, что область впадин на Луне занимает примерно 1/4 часть ее поверхности, что близко к соотношению Тихоокеанской области и Атлантического сегмента Земли. Сведения о радиологическом возрасте базальтов, выполняющих впадины Луны, показывают, что эти породы образовались примерно в интервале 3-4 миллиардов лет назад. Они, таким образом, моложе лунного "континентального" комплекса пород, сформированного около 4,6-4 миллиардов лет назад. Следовательно, на Луне глобальная тектоническая асимметрия возникла еще на ранних стадиях ее эволюции.

Ранее существовала гипотеза В. Пиккеринга, объясняющая происхождение Тихоокеанской впадины отрывом массы Луны. Позднейшие расчеты показали ее несостоятельность. Глобальная асимметрия свойственна и другим планетам земной группы - Марсу и Меркурию, не имеющим спутников типа Луны, что также свидетельствует против представлений о возможной связи асимметрии с развитием систем планеты и ее спутника.

Телевизионные снимки Марса, полученные с помощью автоматических межпланетных станций, показали, что и на Марсе существует глобальная тектоническая асимметрия с обособлением Бореаль-ного и Аустрального сегментов (по названиям на картах Марса *Ваститас Бореалис* и *Толус Аустралис*). "Морские" области в основном на 1-2 километра ниже среднего уровня Марса; они отличаются выровненностью и малым количеством хорошо сохранившихся небольших кратеров, т. е. относятся к наиболее молодой возрастной генерации. Местами в пределах впадин на крупномасштабных телевизионных изображениях прослеживаются извилистые уступы, напоминающие ограничения лавовых покровов на лунных морях. В пределах морских областей Марса преобладают положительные аномалии гравитационного поля, свидетельствующие о сокращенной мощности коры. По-видимому, марсианские впадины образовались 2-2,5 миллиарда лет назад.

В целом экваториальный пояс Марса с проявлениями вулканизма и тектонических деформаций занимает промежуточное положение между "морским" и "материковым" сегментами, что позволяет сопоставлять его с Тихоокеанским поясом Земли.

В настоящее время получены снимки лишь 40% поверхности Меркурия. Однако на них вполне определенно прослеживаются основные особенности его тектоники. Здесь также выделяется депрессия планетарного порядка - впадина Калорис (Море Жары). Ее диаметр около 1300 километров. Ее радиально-концентрическое строение подчеркнуто расположением трещин и гребней. Предполагается, что впадина Калорис сложена вулканическими породами. Местами здесь прослеживаются извилистой формы уступы, напоминающие ограничения лавовых покровов в лунных морях. В отличие от Земли и Луны, где высота фронтальных уступов обычно не превышает первых десятков метров, на Меркурии их высота достигает 200-500 метров. Вероятно, впадина Калорис выполнена слабодифференцированными ультраосновными лавами, близкими по составу к мантийному веществу планеты.

Как видим, сравнительная тектоника и сравнительная планетология раскрывают весьма важную закономерность в строении Земли, Луны, Марса и Меркурия - их структурную асимметрию. Она проявляется независимо от размеров, массы, плотности, расстояния от Солнца этих небесных тел.

Итак, на ранних стадиях формирования литосферы упомянутых выше планет возникли депресси-

онные формы в виде огромных кольцевых образований, занимающих примерно 1/3 их поверхности. Такое явление можно связать с некоторым дефицитом вещества, возникшего вследствие образования первозданных материков, который компенсировался базальтовыми излияниями.

Древность лика Луны представляет исследователям большие возможности для изучения процессов становления первичной коры, той самой "лунной стадии", в которой Земля могла находиться около 4 миллиардов лет назад. Вероятно, первичная неоднородность Луны и планет земной группы связана с участием в процессе аккреции (слипания) крупных масс типа пла-нетезималей.

На пути дальнейшего изучения глобальной структурной асимметрии и неоднородности планет земной группы ученых, несомненно, ждут интересные решения кардинальных проблем структуры и эволюции литосферы Земли. И один из ключевых объектов при решении данной проблемы - планетарные кольцевые структуры.

Планетарные кольцевые морфоструктуры диаметром от 2 до 4 тысяч километров выделены с середины 70-х годов вдоль окраины востока Евразии советскими геологами Б. В. Ежовым, М. Г. Золотовым, В. В. Соловьевым, Б. И. Худяковым и другими исследователями. На космических снимках глобального уровня генерализации удалось впервые непосредственно увидеть эти гигантские кольцевые образования, границы которых достаточно уверенно определяются на снимках по рисунку гидросети и рельефу.

Эти структуры, в целом сохраняя радиально-концентрическое

строение, по очертаниям значительно отличаются от идеального круга. Как считает А. П. Кулаков, причиной, нарушающей симметрию, явились последующие тектонические деформации, сильно осложнившие геолого-тектоническое строение и геоморфологический облик кольцевых морфоструктур. Характерная черта рассматриваемых структур - перекрытие (или наложение) окраин сопредельных структур до 30-40% и больше. При этом рельеф в зоне интерференции, по данным В. В. Соловьева (1978), значительно осложнен и расчленен. Аналогичные морфо-структуры обнаружены и

на других континентальных окраинах Земли. По мнению А. Л. ◀Кулакова▶, гигантские кольцевые морфоструктуры заложились еще в докембрии, но хорошо выделяются в современной геологической ◀структуре▶ и рельефе региона. Выявление этих структур заставляет существенно пересмотреть сложившиеся представления о геолого-тектоническом строении и эволюции Вос-точноазиатской окраины континента Евразии. Тем более что пространственное сопоставление кольцевых морфоструктур и нуклеаров показывает их частичное совпадение; например, Синокорейский нуклеар расположен в зоне интерференции Япономорской и Корейской кольцевых морфоструктур, а Южно-Китайский и Индо-Китай-ский нуклеары практически полностью совпадают соответственно с Восточно-Китайской и Сиамской кольцевыми структурами.

Еще более феноменальные результаты получены при глобальном морфометрическом анализе рельефа Земли, проведенном в Лаборатории космической геологии с целью проверки и подтверждения выделенных нуклеаров. При анализе топографических карт Земли (масштаб 1:50 000 000) на поверхности земного шара были выявлены -кольцевые морфострук-туры: Тихоокеанская - отрицательная и Атлантическая - положительная, определяющие планетарную асимметрию Земли.

Размеры кольцевых морфо-структур, изменяющиеся в поперечнике от 150 000 до 3000 километров, не могут свидетельствовать о глубинной - мантийной, а может быть, и ядерной природе этих образований.

Понимая гипотетичность выделения гигантских кольцевых морфоструктур, мы тем не менее считаем, что исключать их из объектов кольцевой тектоники Земли не стоит. Объективные трудности строго научного обоснования доказательства их реального существования в структуре нашей планеты связаны, как нам представляется, с отсутствием соответствующих методов и с неполнотой наших знаний о строении глубинных разделов Земли.

Кольцевая минерагения Земли

К настоящему времени установлено, что не менее 70-75% всех известных на Земле месторождений полезных ископаемых пространственно связаны с кольцевыми структурами. Такая связь

имеет тесные генетические взаимоотношения.

Таким образом, изучение кольцевых структур может и должно в какой-то степени способствовать решению важнейшей геологической задачи - анализу общих закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых

на земном шаре. Связи между месторождениями и кольцевыми структурами в настоящее время интенсивно изучаются советскими и зарубежными геологами. Установлено, что определенным генетическим типам кольцевых структур соответствует только свой набор полезных ископаемых. Однако не всегда удается достаточно уверенно распознать минерагеническое "лицо" того или иного структурного типа, поскольку кольцевые структуры во многих случаях усложняют друг друга. В течение геологической истории происходит наложение более молодых структур на древние - их своеобразная интерференция. Какие же элементы кольцевых структур и какие геологические условия следует считать благоприятными для повышенной минерализации?

В настоящее время известный ленинградский исследователь В. В. Соловьев описал несколько типовых позиций, при которых могут создаваться максимально благоприятные условия для локализации

рудного вещества в пре-

делах кольцевой структуры. Рудное вещество концентрируется:

- 1) во внешних или периферических контурах кольцевых структур, особенно в условиях, когда они 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 сопряженными с ними разломами (или линеаментами) различных рангов и размеров;*

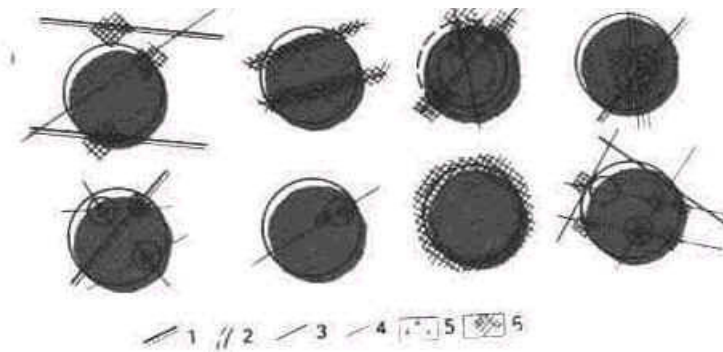


Рис. 9. Модели структурно-тектонического контроля оруденения в вулканогенных поясах Центрального Казахстана (по Н. В. Скубловой) 1 - региональные разломы; 2 - кольцевые разломы; 3 - локальные разломы; 4 - оперяющие разломы; 5 - плутоны центрального типа, 6 - площади, благоприятные для скопления рудного вещества

4) в областях интерференции (сгущения) кольцевых - структур разного размера и различного генезиса;

5) в апикальных (т. е. наиболее приближенных к поверхности Земли) частях плутонов, отраженных в виде кольцевых структур.

Во всех перечисленных случаях, перечень которых можно продолжить, определяющим фактором служит степень проницаемости земной коры, обусловленная ее раздробленностью. В зависимости от положения зоны проницаемости по отношению к кольцевой структуре локализация полезных ископаемых может идти как в периферических, так и в центральных частях (рис. 9). Учитывая только одно из перечисленных условий, а именно возможность пересечения кольцевых структур в зоне их пересечения с линейными, В. В. Соловьев на территории СССР рекомендует ряд перспективных областей. В первую очередь это 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. 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. При этом следует учесть, что граница кольцевой структуры, как правило, является границей, оконтуривающей новые площади для поисков работ. Опираясь на правило: каждому генетическому типу кольцевых структур соответствует определенный генетический набор полезных ископаемых, попытаемся кратко оценить его сущность.

Минерагеническое значение нуклеаров. Нуклеары играют важную роль в распределении месторождений полезных ископаемых на Земле. М. З. Глуховский, подробно изучавший эту проблему, считает, что высокая минерагеническая роль нуклеаров определяется особенностями их строения:

высокой подвижностью и проницаемостью их внешних частей; наличием кольцевых структур-сателлитов, радиальных разломов и узлов тектонической интерпретации участков пересечения радиальных разломов в центральных частях нуклеаров, а также дуговых и радиальных линеаментов; характерными чертами глубинного строения (увеличенной по сравнению с интернуклеарными областями мощностью земной коры); длительностью и унаследованностью развития нуклеаров от раннего докембрия до фанерозоя.

К внешним частям многих нуклеаров приурочены зеленокаменные пояса раннего докембрия, в пределах которых сконцентрированы месторождения железа, никеля, кобальта и других металлов. Примерами могут служить Алдано-Становой нуклеар, во внешней части которого локализованы образования торгового комплекса Алданского щита с месторождениями железистых кварцитов Чаро-Токкинского региона;

Витимо-Олекминский нуклеар, во внешней части которого располагаются месторождения, генетически связанные с основными и ультраосновными породами (асбест, полиметаллические руды). Практический интерес представляют верхнеархейские-раннепротерозойские осадочно-вулканические комплексы, накопленные в шовных прогибах внешней части Свекофенно-Карельского нуклеара.

Расположение зеленокаменных поясов раннего докембрия на внешних, наиболее подвижных и проницаемых частях нуклеаров Сибирской платформы и Балтийского щита дает возможность прогнозировать здесь месторождения железистых кварцитов, проявления кобальта, никеля, меди.

Размещение крупнейших мине-рагенических провинций и поясов, заключающих стратиморфные месторождения меди, свинца, цинка и других металлов, по данным М. З. Глуховского и В. М. Морале-ва, приурочено к внешним частям нуклеаров. Например, во внешней зоне Северо-Американского нуклеара располагается рудный пояс Скалистых гор со стратиморфным месторождением полиметаллических руд Салливан и медоносная провинция озера Верхнего. В краевой части Колорадского нуклеара расположена известная провинция металлоносных (уран, ванадий, медь и др.) осадочных пород плато Колорадо.

Многие крупные рудные пояса Африки также приурочены к периферическим частям Центрально- и Южно-Африканского нуклеаров. Аналогичная картина выявляется при изучении нуклеаров Индийской и Австрийской платформ.

М. З. Глуховский считает, что имеются все признаки приуроченности кимберлитовых полей к нуклеарам. Это можно расценивать как весьма благоприятный поисковый фактор. Объясняется данное обстоятельство тем, что нуклеар формируется в пределах долгоживущих зон высокой проницаемости земной коры, когда создаются благоприятные условия для формирования докембрийских алмазоносных эклогитов.

Нуклеары - объекты чрезвы

чайно интересные в минерагеническом отношении для поисков месторождений алмазов, золота, свинца, меди, железа и многих других очень важных полезных ископаемых.

Минерагеническое значение астроблем. *Как уже сообщалось, взрывной механизм обуславливает мгновенное и резкое изменение давления и температуры горных пород, слагающих мишень, что приводит к появлению новообразованных пород, интересных в*

минерагеническом отношении. В этой связи поиск и обнаружение астроблем могут сыграть существенную роль в приумножении металлических и неметаллических полезных ископаемых.

Образованию крупного месторождения меди и никеля Садбери в Канаде также связывают с падением крупного метеорита. Его размеры около 59 километров. Зона ударных деформаций (признаки ударного метаморфизма, конус разрушения и др.) обширнее - до 74 километров. Внедрение никеленосных норитов произошло вскоре после кратерообразования, причем интрузия как бы "использовала" поверхность дна кратера 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 астро-блемы Садбери относится к раннему протерозою (1840 миллионов лет назад); в кайнозой она вновь стала ареной нового удара (37 миллионов лет назад). Вопросы генезиса структуры Садбери дискутируются в литературе с давних пор, однако большинство исследователей рассматривает ее как астро-блему. Древние астроблемы типа Садбери необходимо проанализировать с позиции выявления их никеленосности.

Минерагеническое значение магматогенных кольцевых структур.
Кольцевые структуры данного типа, как известно, делятся на две генетические группы: плутоническую и вулканическую и играют важную минерагеническую роль:

с их образованием связаны важнейшие руды, содержащие уран, бериллий, алюминий, серебро, редкие элементы.

Плутонические кольцевые структуры сложены интрузивными породами различного состава: гра-нитоидами, нефелиновыми сиенитами, карбонатитами и т. д. Примеры тесной связи металлических руд с интрузивными массивами - плутонами - общеизвестны. Наиболее распространены среди них плутонические кольцевые структуры, сложенные гранитоидами - породами, наиболее широко распространенными среди ин-трузивных

образований.

Кольцевые массивы гранитов достаточно подробно изучены И. В. Давиденко в Африке. На этом континенте кольцевые интрузии плато Джое (Нигерия) могут служить эталонами гранитных месторождений тантала, ниобия, олова. Массивы Абу-Даббаб, Нувейби, Игла (Египет), Абу-Рушейд (Саудовская Аравия) можно считать эталонами месторождений тантала, ниобия, олова, бериллия; их аналоги известны в различных странах. В Аппалачах с кольцевыми интрузиями связаны медноцинковые (Гаспе, Батерст), полиметаллические (Багинс) и другие месторождения. Они образованы в интрузивных комплексах преимущественно герцинского или более молодого возраста. Особенно интересны в минерагеническом отношении зоны пересечения плутонических кольцевых структур с линеаментами. Установлено, что кольцевые структуры диаметром свыше 150 километров не содержат крупных месторождений металлов.

Кольцевые массивы нефелиновых сиенитов могут служить источником добычи апатита, а также тантала, ниобия, стронция, цезия, титана, ванадия, калия, циркония, алюминиевого и другого сырья:

например, лопаритовые руды Ло-возерского массива, сыннырито-вые породы Сынныра (СССР).

Кольцевые массивы щелочно-ультраосновного состава (карбонаты) известны на всех континентах, но особенно многочисленны в СССР, Канаде, Бразилии, Индии и в ряде стран Африки (Ангола, Заир, Танзания, Кения, Малави, ЮАР, Мозамбик). Хорошо изученный Ковдорский карбонати-товый массив (СССР) содержит промышленное количество магнетита, бадделейта, апатита, флогопита, вермикулита, кальцита, диопсида. Массив Сокли (Финляндия) отличается повышенным содержанием урана. На территории Канады изучены ниобиеносные карбонати-товые массивы Джеймс-Бей, Сент-Оноре (Шикутими), Ока.

По данным известного московского специалиста И. В. Давиденко, свыше 20 продуктивных карбонатитовых массивов известны в Бразилии. Площади массивов варьируют от трех квадратных километров (Морру-ду-Евгеньо) до

65 квадратных километров (Якупи-ранга). Уникальный по качеству ниобиевого сырья массив Араша содержит свыше 500 миллионов тонн апатитовых руд и 463 миллиона тонн баритовых. Площадь массива всего 16 квадратных километров, возраст - около 90 миллионов лет. Несколько моложе (70 миллионов лет) массив Тапира (33 квадратных километра), содержащий крупные запасы ниобия, апатита, титана, редких земель. Интерес представляют массивы с высокими концентрациями никеля (Санта-Фе и Морру-ду-Евгеньо), бокситов (Лажес) и флюорита (Мату-Прету).

На Индийской платформе В. М. Моралевым описаны карбонатитовые массивы докембрийско-го и палеогенового возраста, содержащие апатит, редкие земли, ниобий, стронций, уран и флюорит.

Большой интерес вызывают ми-нерагенические особенности плутонических кольцевых структур основного состава. Среди них наиболее замечательный природный объект - кольцевой интрузивный комплекс Бушвельд в ЮАР площадью около 65 000 квадратных километров. Слагающие его нориты, лавы и пирокласты, фельзиты, граниты, щелочные породы характеризуются комплексной ми-нерагенией: промышленное значение имеют концентрации меди, никеля, кобальта, железа, титана, ванадия, платины, золота, молибдена, олова, флюорита (добывается 19 компонентов). Массив Бушвельд структурно влияет на размещение рудных месторождений во вмещающих древних породах трансва-альской системы (месторождения платины, золота, алмазонасных кимберлитов и т. д). Крайне интересным считает И. В. Давиденко

факт подобия южного контакта бушвельдского комплекса северному контакту золотоносной структуры Витватерсранда, которая тоже имеет кольцеобразную форму.

Современные металлогенические исследования континентальных вулканических поясов невозможны без детального анализа кольцевых структур. Н. И. Филатова с коллегами доказали, что в Охотско-Чукотском вулканическом поясе крупные магматогенные кольцевые структуры в основном определяют металлогеническую специфику этого региона. В качестве благоприятных рудоконтролирующих факторов здесь рассматриваются зоны пересечения концентрических или дуговых разломов с радиальными линеаментами либо участки сгущения мелких кольцевых структур.

Субвулканическими и вулканоплутоническими кольцевыми структурами разных континентов связаны имеющие важное практическое значение медно-пор-фировые руды. Известные месторождения меди Южной Америки связывают именно с этим генетическим классом кольцевых структур. Здесь в Андийском поясе и Карибском регионе месторождения ассоциируют с поясами известково-щелочных магматических пород, для которых доказано глубинное подкоровое происхождение. Во многих случаях месторождения приурочены к субвулканическим кольцевым телам кварцевых монцитов, дацито-вых порфиритов и, видимо, генетически с ними связаны. Данные по большинству медно-порфиоровых месторождений как штоквер-кового типа, так и типа брекчиевых трубок показывают, что все они сформировались в условиях растяжения. Такие условия должны были реализоваться вслед за тектоническими перестройками. Многие месторождения меди, связанные с субвулканическими кольцевыми телами Андийского пояса, расположены вдоль Западного побережья Южной Америки.

В Северных и Южных Кордильерах в зонах пересечения линеаментов с кольцевыми структурами вулканоплутонического происхождения также формируются многочисленные месторождения меди. Так, с поясом Нью-Мексико связано месторождение Западная Чуа-уа; к этим же зонам приурочены месторождения серебра.

Изучение магматогенных кольцевых структур представляет интерес для прогнозирования полезных ископаемых в двух аспектах. С одной стороны, тенденцию к образованию массивов правильной округлой формы обнаруживают преимущественно интрузии как кислого, так и ультраосновного ряда, но, как правило, 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-нибудь района мы видим интрузии, как круглые по форме в плане, так и неправильных очертаний, хотя и близкие по возрасту и составу, можно ожидать, что они будут отличаться по металлогеническим характеристикам.

С другой стороны, часто кольцевые формы дешифрируются на космических снимках в тех районах, где на поверхности нет выходов магматических пород, например в Северном Верхоянье, но и они

служат индикатором нескрытых интрузивных массивов, залегающих на сравнительно небольших глубинах. Это было подтверждено геофизическими данными, так как на гравиметрических и магнитометрических картах инт-рузивные тела обнаруживают характерные аномалии. При полевых исследованиях удалось обнаружить признаки оруденения, в данном случае олова. 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 нашей страны, то на картах 60-х годов мы практически не увидим кольцевых структур. С внедрением в практику геологических работ, съемок из космоса, с проведением специализированного космогеологического картирования на геологических картах появилось множество крупных кольцевых структур.

Особая роль принадлежит кольцевым структурам при поисковых работах на нефть и газ. Как известно, основные месторождения этих полезных ископаемых главным образом связаны со структурами, расположенными в чехлах молодых и древних платформ, краевых прогибов. В этой связи приобретают важнейшее значение кольцевые структуры тектоногенного происхождения - округлые впадины и поднятия. Согласно данным советского геолога В. А. Буша, в первую очередь объектами поиска являются локальные структурные ловушки углеводородов. Многие из них представляют собой округлые или овальные брахиантиклинали или солянокупольные структуры, сопровождающиеся системами разрывных нарушений и пликативных дислокаций центрального типа и проявляющиеся на

космических снимков в виде кольцевых структур мини- и микроструктурного классов. Другие локальные структуры в виде дешифрируемых кольцевых объектов не проявляются. Зоны нефтегазонакопления также часто не наблюдаются на космических снимках в виде кольцевых образований. Особенно это относится к изометричным платформенным сводам типа Астраханского, Татарского, Каракумского, Ставропольского (СССР), Озарк, Цинциннати (США) и др. Однако внутренняя и радиальная зональность месторождений внутри этих сводовых зон нефтегазонакопления обычно не обнаруживается. Исключение - классический свод на западном побережье Мексиканского залива, представляющий собой гигантский атолл Голд-Лайн, сопровождаемый правильной овальной цепью нефтяных место

рождений в рифовых массивах. Он выглядит на космических снимках в виде овальной кольцевой структуры.

Известны примеры и более крупных нефтегазоносных структур - нефтегазоносных областей или бассейнов, проявленных кольцевыми объектами на космических снимках. Такие мегаструктуры обычно характеризуются концентрическим планом расположения нефтегазовых месторождений. Это прежде всего Прикаспийский нефтегазоносный бассейн, окруженный по периферии "бортовым уступом", к погружаемому крылу которого приурочена цепь газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений в обширных поднятиях подсолевого палеозоя. В центральной же части бассейна располагаются нефтяные месторождения в надсолевом мезозойском комплексе, связанные с соля-нокупольными структурами.

Аналогичные черты концентрического плана распределения нефтегазоносности обнаруживает и бассейн Мексиканского залива. Его периферию образует правильное полукольцо нефтяных месторождений, связанных с солянокупольными структурами мезозоя, причем к центру бассейна соль выклинивается. Нефтегазоносность центральной депрессии этого бассейна с субокеаническим типом земной коры уже установлена (это пологие поднятия без следов соляной тектоники), но изучена еще слабо. Нефтяные месторождения шельфа п-ва Юкатан не обнаруживают связи с этой структурой. Из приведенного материала отчетливо вырисовывается огромная роль кольцевых структур при прогнозном анализе закономерностей размещения рудного и нерудного сырья.

Итоги и прогнозы

В заключение любой книги по традиции подводят некоторые итоги - обращаются к прошлому, оценивают современное состояние той или иной проблемы и, заглядывая в будущее, прогнозируют перспективы развития изучаемого объекта или явления.

Нам не хотелось бы, чтобы у читателей создалось впечатление, что до начала космической эры о кольцевых образованиях ничего не было известно. Это не так, ибо давно уже исследователи обратили внимание на кольцевую форму магматических тел - вулканов, даек, трубок взрыва и т. д.;

известны были геологам концентрические структуры метеоритного происхождения. Но тем не менее надо согласиться с С. С. Шуль-цем-мл., что все структуры центрального типа - концентрические, кольцевые, вихревые - казались несколько десятилетий назад достаточно редкими, экзотическими, гораздо менее распространенными на Земле, чем, например, на видимой с Земли стороны Луны. Это во-первых. Во-вторых, еще в недалеком прошлом считалось, что изучавшиеся геологами и геоморфологами кольцевые образования имеют обычно небольшие размеры: в поперечнике - не более первых десятков километров.

Изучение аэро- и особенно космических снимков земной поверхности убедительно показало широкую распространенность кольцевых структур различных размеров: от образований диаметром в десятки - сотни метров - первые десятки километров, обнаруженных по аэроснимкам, до выделенных по космическим снимкам крупных структур диаметром в несколько сотен километров.

В настоящее время, как считает советский геолог И. А. Нечаева, кольцевые образования Земли самых разных диаметров - от тысячекilометровых до совсем небольших - уже не могут быть случайными образованиями, тем более что на других планетах Солнечной системы фиксируются аналогичные формы.

Накопленный к настоящему времени фактический материал позволил сформулировать несколько важных выводов, опубликованных в коллективной монографии "Кольцевые структуры континентов Земли", изданной в 1987 г.:

1. Кольцевые структуры - неперенные и важнейшие элементы структуры континентальной земной коры. Их расположение отражает латеральные, т. е. горизонтальные вещественные неоднородности разных глубинных уровней тела планеты.

2. Смена различных стадий развития континентальной земной коры в ходе геологической истории сопровождается сменой количественно преобладающих генетических типов кольцевых структур - от предполагаемых ксено-генных и нуклеарных к метамор-фогенным, затем к магматоген-ным и, наконец, к мантийно-очаго-вым.

3. Кольцевые образования больших (макро) размеров являются образованием сложного генезиса и длительного совместного развития метаморфических, магматических и тектонических процессов. Кольцевые структуры меньших размеров (мезо- и мини-) обычно формируются под влиянием лишь одного ведущего геологического фактора, а самые мелкие (микро-) кольцевые образования моногенны, т. е. порождены одноактными геологическими явлениями.

4. Кольцевые структуры различного генезиса приурочены к областям распространения разных типов строения или разных глубинных срезов земной коры: к древним щитам - метаморфо-генные, складчатым системам - плутонические, вулканическим поясам - вулканические, плитам древних и молодых платформ - тектоногенные. Это, по мнению авторов указанной монографии, указывает на геологическую природу этих структур и на смену ведущих факторов их формирования в геологической истории континентов.

Сформулированные выводы подвели своеобразный итог предыдущего этапа исследований.

Что же ожидает это научное направление за этим символическим рубежом? По мнению московского ученого В. Н. Шолпо, из огромного фактического материала должно в конце концов выкристаллизоваться **надежное и достоверное** (подчеркнуто нами) эмпирическое обобщение, которое, как считает этот исследователь, будет иметь глобальный, всепланетный характер.

Вряд ли кто решится оспорить этот красивый и эффектный прогноз. Но есть и другие, более рабочие, или, другими словами, более

земные, проблемы дальнейшего изучения кольцевых структур Земли.

Так, известный советский геолог В. А. Буш, заканчивая свою книгу "Проблема кольцевых структур Земли" (1986), подчеркнул, что рассматриваемая проблема находится в настоящее время в активной стадии **своей** разработки, и наметил наиболее важные, с его точки зрения, направления ее изучения.

Во-первых, следует уточнить глубину заложения крупных кольцевых структур; выяснить, как эти структуры проявлены в неоднородностях нижней части земной коры, мантии и астеносферы, т. е. найти ответ на вопрос, "мучающий" многих исследователей:

являются ли (или не являются) кольцевые структуры своеобразными планетарными "звездами", пришивающими литосферные плиты к мантии, и насколько реальны в этой связи популярные ныне механизмы новой глобальной тектоники?

Далее следует попытаться **разработать способы идентификации шок-метаморфических пород, с тем чтобы аргументированно доказать следы тяжелой метеоритной бомбардировки Земли.**

Не менее важно дальнейшее углубленное изучение роли кольцевых структур в строении дофа-нерозойской континентальной коры, а также в развитии фанерозойских складчатых зон, определяемых в большинстве случаев дугообразной в плане формой зон Бенъофа.

Последнее направление в изучении кольцевых структур позволит усовершенствовать представления новой глобальной тектоники и теснее увязать их с традиционной "континентальной" геологией.

Чрезвычайно актуально изучение кольцевых структур океанской сферы Земли. К сожалению, этому вопросу не уделяется достаточно внимания, тогда как в океанах могут, во-первых, развиваться геологические процессы, порождающие кольцевые структуры, во-вторых, находиться следы падения крупных метеоритов.

Наконец, этот исследователь считает, что настоятельно необходимо оценить значимость данных о кольцевых структурах во всем комплексе структурных и вещественных факторов, определяющих минерагению земной коры.

Можно смело утверждать, что дальнейшее изучение кольцевых структур Земли и планет земной группы внесет свой значительный вклад и в теоретическую, и в региональную, и в прикладную геологию. От случайного изучения отдельных кольцевых структур к систематическому комплексному исследованию гетерогенных кольцевых образований; от загадочных "ведьминых колец" к кольцевой или ринг-тектонике - самостоятельному научному геологическому направлению - такой видится эволюция изучения кольцевых структур Земли.

Многие из этих проблем предстоит решить молодым исследователям, к которым и обращена в первую очередь настоящая книга, авторы которой попытались привлечь внимание к одному из самых феноменальных геологических явлений.

Что можно прочитать о кольцевых структурах

- Борисов О М., Глух А . К. Кольцевые структуры и линеаменты Средней Азии. - Ташкент: **Фан**, 1982.
- Буш В А Проблема кольцевых структур Земли // Итоги науки и техники. - М.- ВИНТИ, 1966. - Т 2: Общая геология.
- Давиденко И. В., Зубков В. А. Минерагенические зоны и кольцевые структуры Африки / Обзор ВИЭМСа. Сер. "Общ. и регион, геол.; геол. картирование". - М., 1981.
- Зейлик Б. С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и на других планетах (ударно-взрывная тектоника) / Обзор ВИЭМСа. Сер. "Общ. и регион, геол.; геол. картирование". - М., 1978.
- Кац Я. Г., Кознов В. В., Макарова Н. В., Сулиди-Кондратьев Е. Д.

Геологи изучают планеты. - М.: Недра, 1984.

- *Кац Я. Г., Тевелев А. В., Полетаев А. И. Основы космической геологии. - М.. Недра, 1988.*
- *Кольцевые структуры континентов Земли - М . Недра, 1987*
- *◀ Кулаков ▶ А П. Морфоструктура востока Азии - М.: Наука, 1986.*
- *Масайтис В. Л., Данилин А Н., Мащак М С. и др. Геология астроблем - Л.. Недра, 1980.*
- *Соловьев В. В Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-геоморфологического анализа. - Л . Изд-во ВСЕГЕИ, 1978.*
- *Хрянина Л П Метеоритные кратеры на Земле - М Недра, 1987*

[Главная страница](#)

◀ ▶ Найдено слов, соответствующих запросу: 4

