

Ильяш В.В. «Геоактивные зоны»

Лекция 7

Структуры центрального типа - астроблемы

1. Общие понятия и иерархия структур центрального типа

По морфологии и кинетике все дислокации или нарушения сплошности строения твердого тела с некоторой степенью условности можно разделить на линейные и радиально-концентрические. В отношении последних существует разная терминология, чаще всего в качестве синонимов употребляются названия типа «кольцевые структуры» или «структуры центрального типа». Типичным примером таких структур являются импактные или ударные структуры. Они весьма разнообразны по масштабу и генезису, но что общего между ними, так это то, что они имеют фокус или центр напряжения. Дислокации или трещины при этом распределяются по двум основным направлениям концентрическим и радиальным, напоминая по своему рисунку паутину.

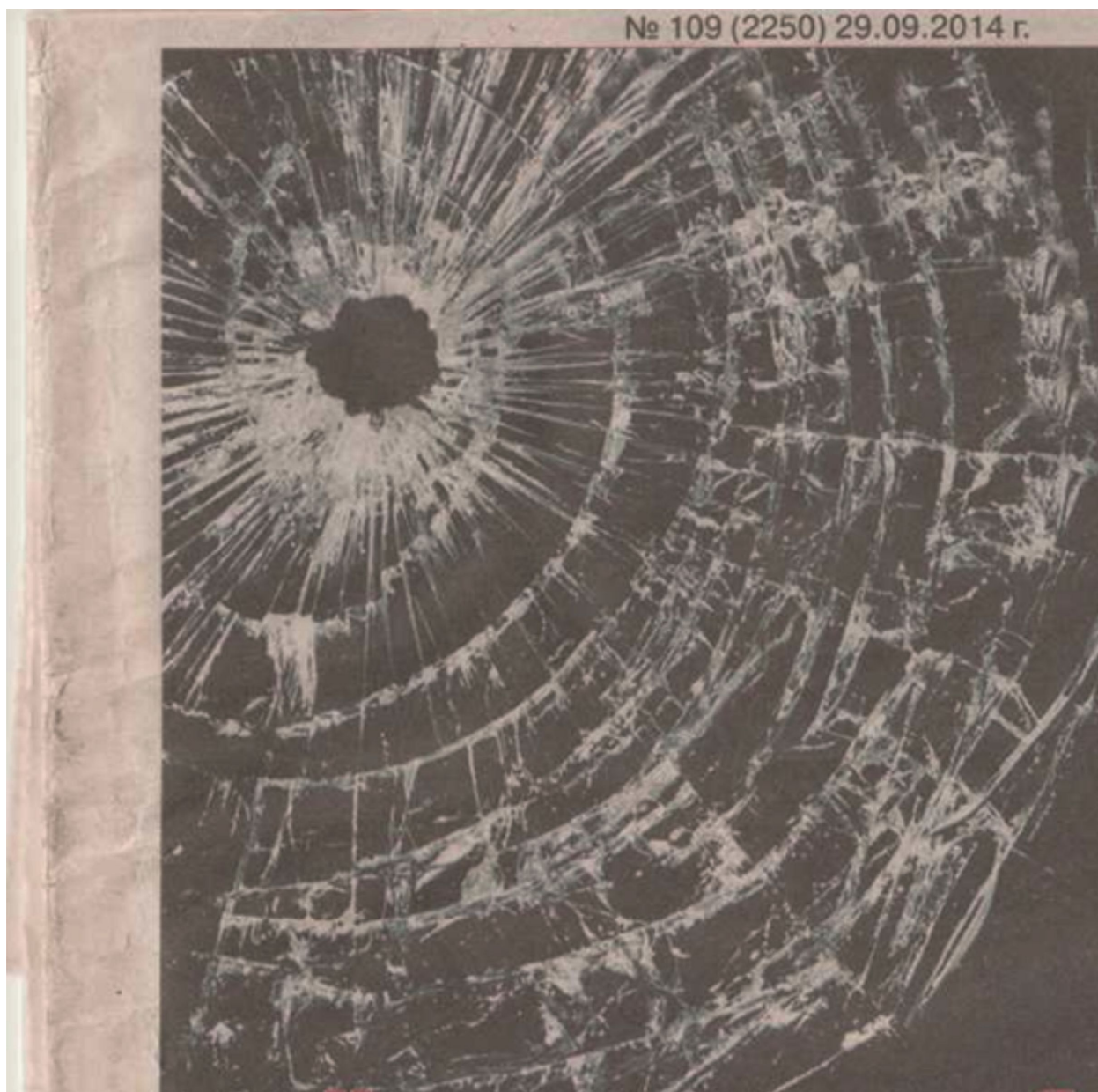


Рис.1 Рисунок дислокаций от пули в лобовом стекле автомобиля.

Такой рисунок дислокаций характерен для изотропной среды, каковым является стекло. Анизотропная среда может исказить это распределение, приспособивая к осям анизотропии. Напомню, что большинство кристаллов отличаются анизотропным строением, например кристаллы кварца, турмалина, рутила. К импактным структурам относятся воронки взрывов снарядов, кратеры от падения метеоритов.



Рис.2. Воронки взрывов на военном полигоне Погоново под Воронежем. Карты Google

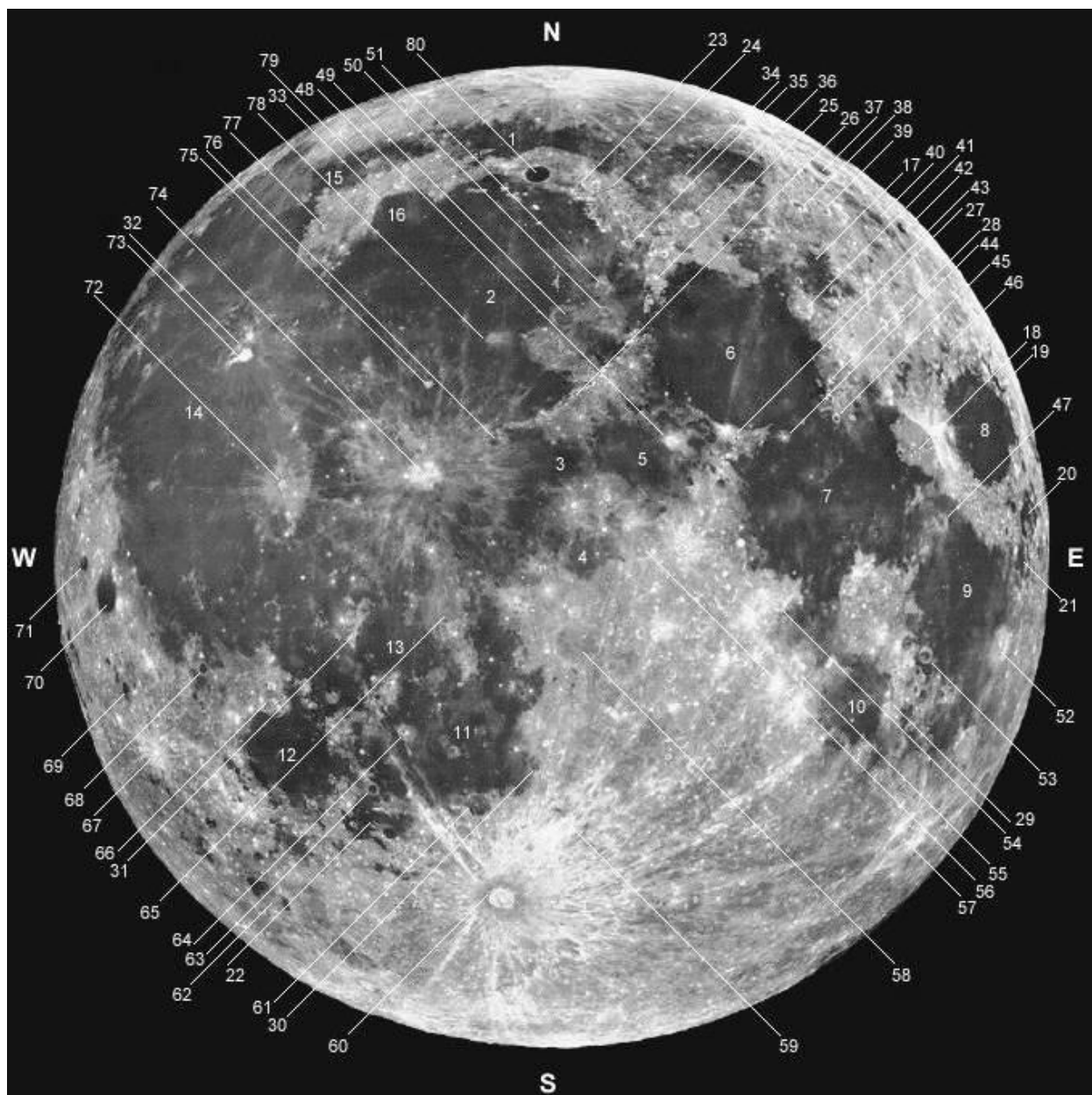


Рис. 3 Карта лунной поверхности с ударными кратерами (кратер Тихо-60, кратер Коперник-74, кратер Пифе-72, кратер Платон-80)

Можно заметить, что и лунные моря (черные области лунной поверхности), заполненные более темными породами и более молодыми по возрасту базальтами имеют изометричную форму и окаймляются поднятиями по периферии. Но не все кратеры на Луне являются ударными. Если взглянуть на лунные полюса, легко увидеть, что они образуют вихревые структуры, явно связанные с осевым вращением нашего спутника.

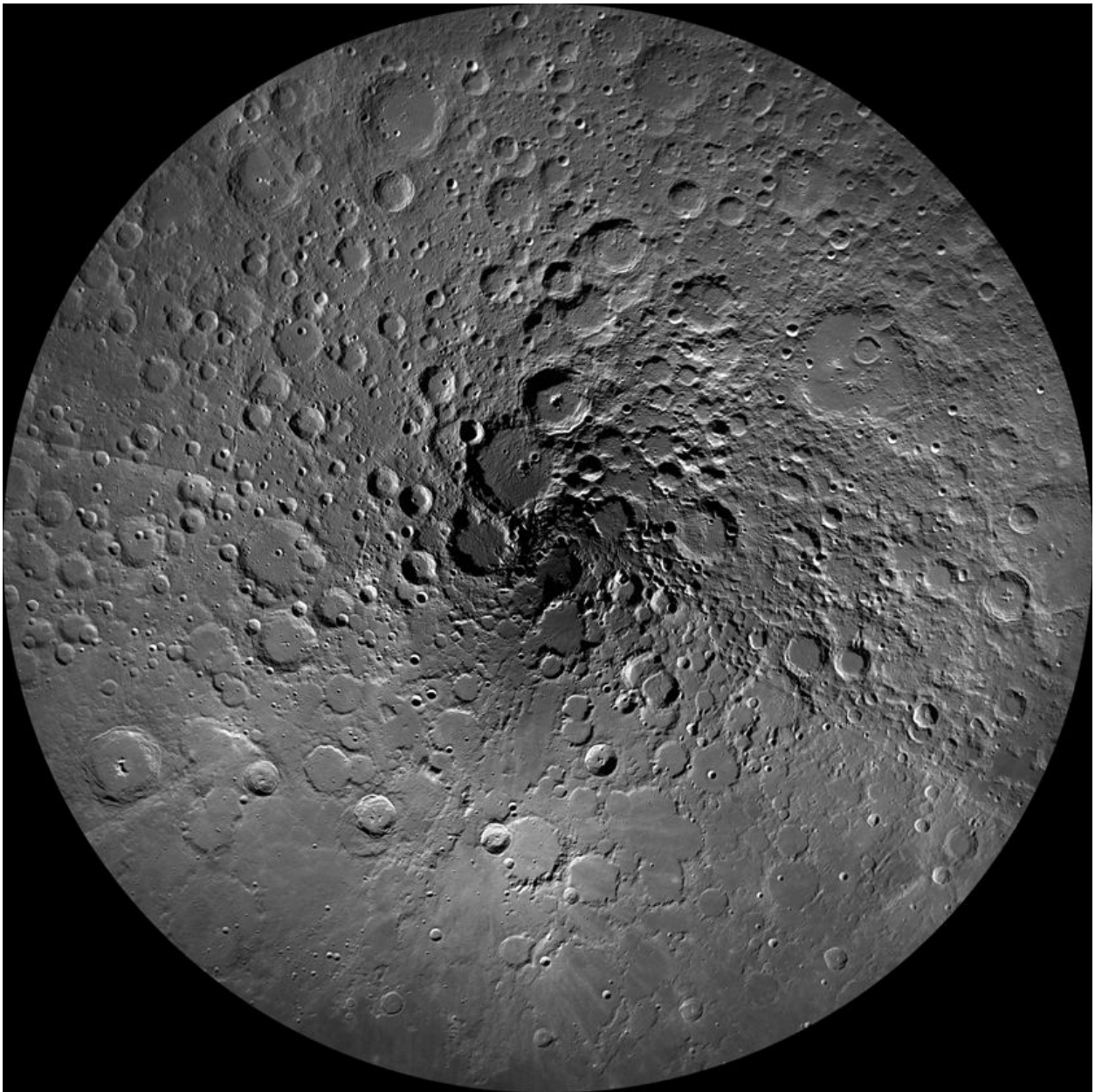


Рис. 4. Вихревые структуры на северном полюсе Луны

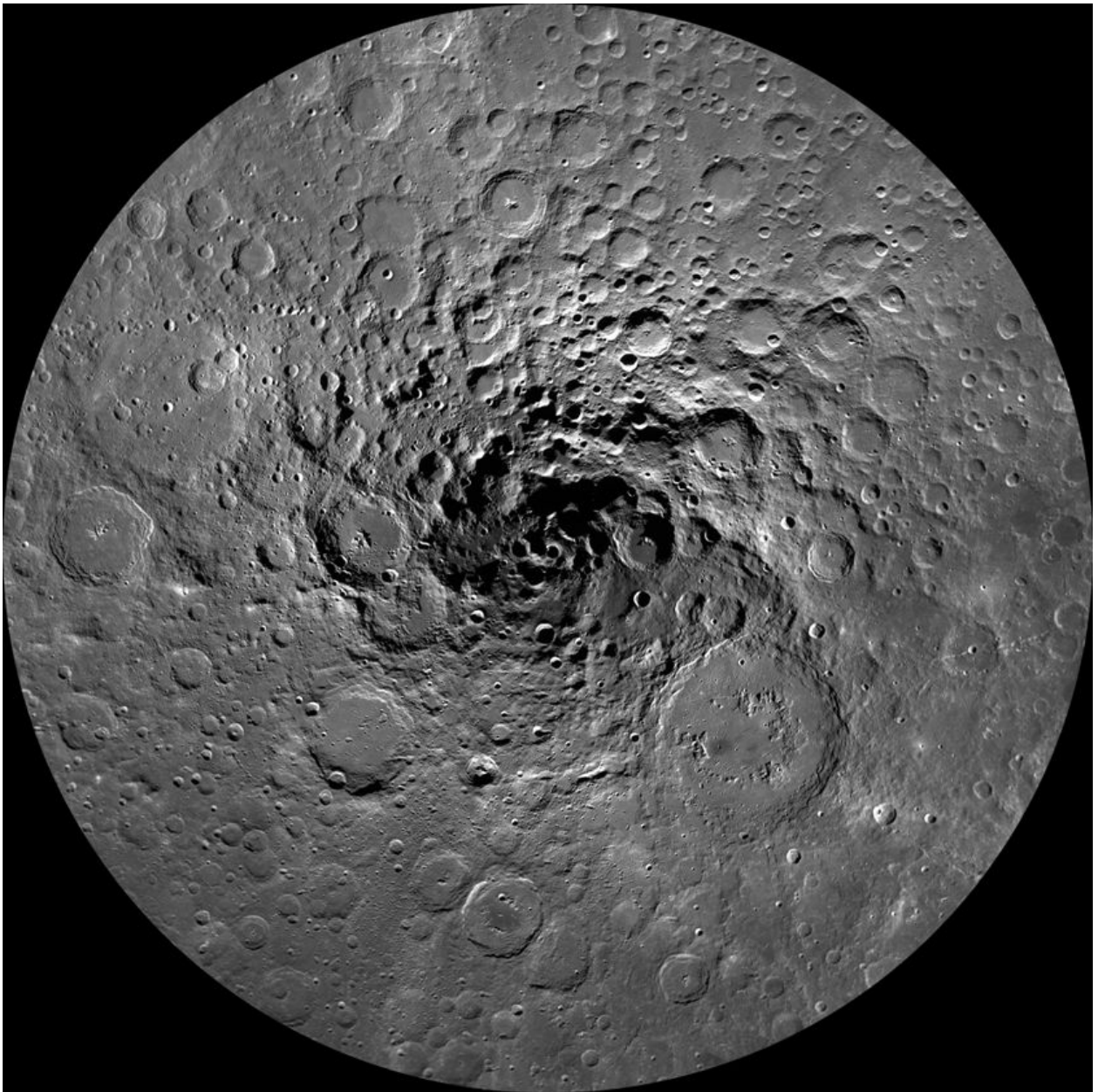


Рис. 5. Вихревые структуры на южном полюсе Луны

Некоторые кратеры на Луне имеют отчетливые радиальные структурные элементы (рис.6)



Рис. 6. Карта видимой поверхности Луны, некоторые кратерные структуры обладают отчетливыми радиальными структурными элементами.

Кратерная поверхность характерна не только для Луны, ее можно видеть на Марсе, Меркурии

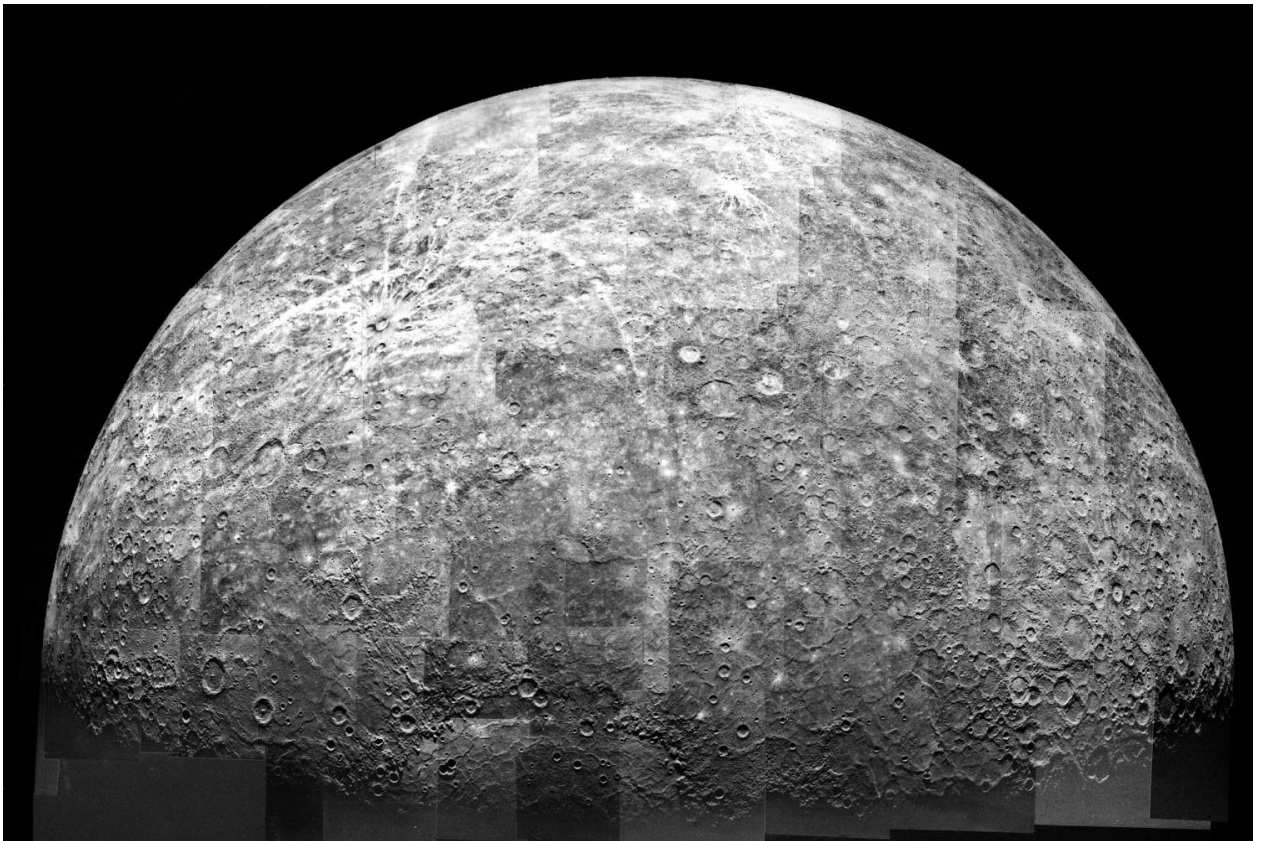


Рис.7. Карта поверхности Меркурия



Рис. 8. Кратеры на Марсе

5. ГИПСОМЕТРИЧЕСКАЯ КАРТА МАРСА
МАСШТАБ 1:50 000 000

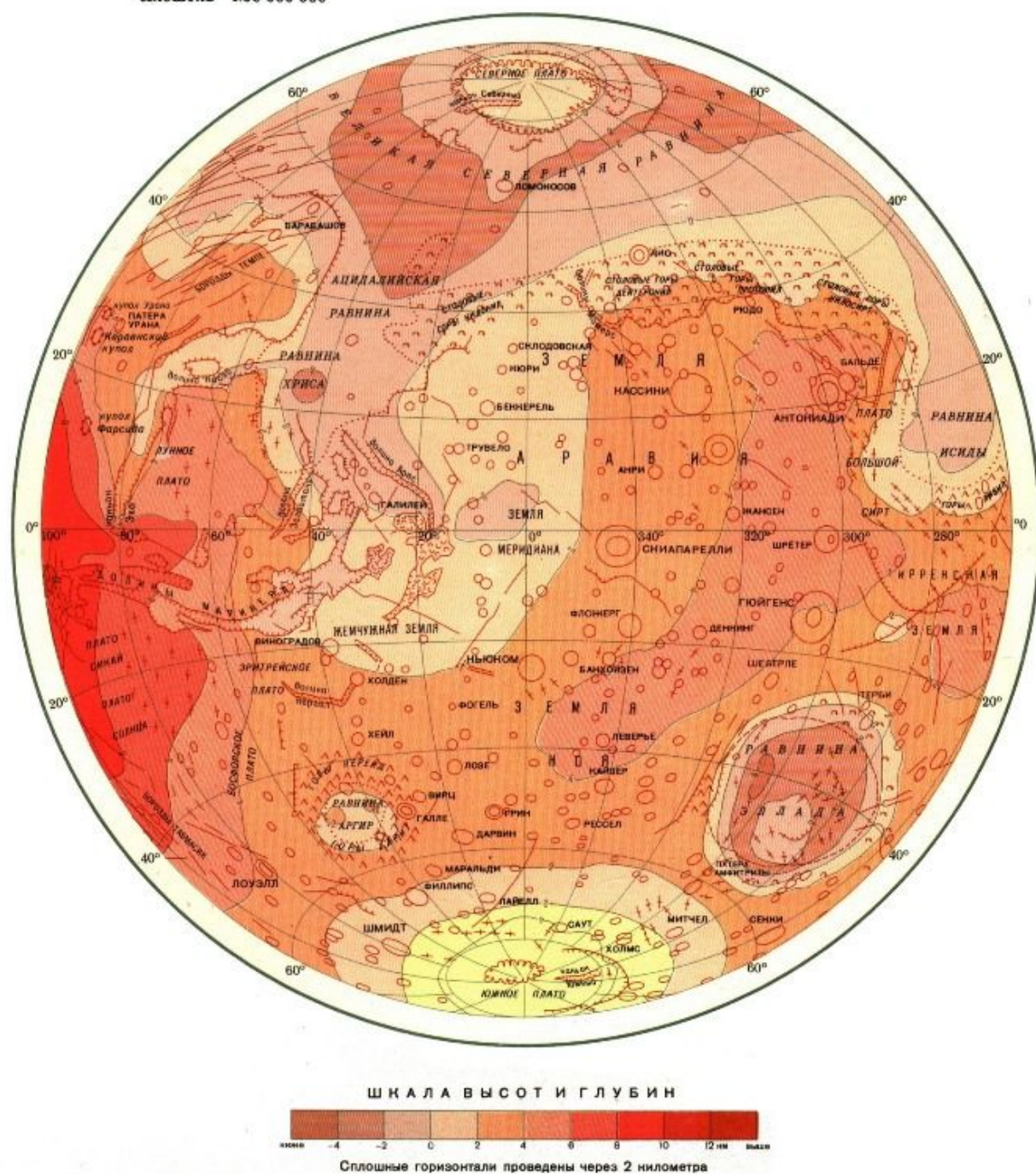


Рис.9. Структуры центрального типа на Марсе



Рис.10. Кратеры и древнее русло реки на Марсе



Рис.11. Вулканические кратеры на Марсе

По мнению ученых кратеры и структуры центрального типа на планетах земной группы имеют разное происхождение. Одни из них имеют ударное происхождение, а другие эндогенное. Лучшее всего изучена, конечно, Луна. Планетология и метод аналогии помогает нам познать строение и

историю развития собственной нашей планеты, особенность которой заключается в том, что в отличие от Луны, Марса, Меркурия, наличие внешних и относительно плотных геосфер на Земле способствовало довольно быстрой пенеппенизации кратерного рельефа.

Формирование первичной коры планет земной группы происходило в результате кристаллизации магматических расплавов близкого ультраосновному составу или основного эвкритового и анортозитового состава (на Пуне), претерпевших большую или меньшую дифференциацию. Растрескивание этой тонкой протокры застывшего с поверхности магматического океана приводило к возникновению изметричных депрессий, которые заполнялись более молодыми базальтами (темные «моря» на Луне. Изометричные структуры характерны для изотропной среды.

В отличие от других планет, на Земле не сохранилось следов самой ранней коры. Примерно 4 млрд. лет назад на Земле начала формироваться протокры континентального типа, состоящая из плагиогнейсов, преимущественно магматического происхождения, отличающихся от гранитов меньшими содержаниями кремнезема и калия и получивших название "серых гнейсов" или ассоциации ТТГ, по названию трех главных магматических пород, соответствующих составу этих гнейсов: тоналитов, трондьемитов и гранодиоритов, подвергнутых впоследствии интенсивному метаморфизму. Такие породы в пределах ВКМ. Выделены в составе обоянской серии раннего архея.

Образование "серых гнейсов" теоретически возможно лишь при вторичном переплавлении пород базальтового состава (первичной магмы)

Таким образом, мы приходим к выводу о базальтовом составе первичной коры, более ранней, чем известная нам "серогнейсовая". Наличие ранней базальтовой коры подтверждается находками в архейских "серых" гнейсах более древних метаморфизованных блоков основного состава.. На Земле анортозитовые интрузии встречаются лишь в древних кратонах и возраст их больше 1 млрд. лет.

Крупные импактные структуры на Земле

Как уже говорилось выше, структуры центрального типа на Земле менее выражены, чем на других планетах земной группы, особенно это касается импактных (астроблемы). Как и на другие планеты на Землю постоянно падает дождь метеоритного вещества, но крупные метеориты к счастью не столь частые гости, как известно непрошенный гость хуже татарина. Последний был челябинский, но упал он удачно не на город, поэтому беды не принес, за исключением разбитых оконных стекол. Тем не менее, реальную опасность такие метеориты несут. Особо крупных и хорошо сохранившихся импактных кратеров на Земле известно не так уж много: Аризонский, Попигайский, Тунгусский, Сихотеалинский. Буквально следом за челябинским метеоритом, человечество было взбудоражено сообщением, что довольно крупный астероид прошел буквально рядом с Землей.



Рис. 12. Кратер в пустыне Аризона (США). Кольцевой вал как результат выброса вещества изнутри кратера

Аризонский кратер имеет крупные размеры: 170 м глубиной и 1,6 км в поперечнике. Столкновение произошло примерно 50000 лет назад. Размеры астероида упавшего на Землю примерно 40 метров в ширину.

Расчеты показывали, что астероид падал на Землю со скоростью не менее 15 км/с, как и большинство метеоритов. При ударе о землю произошел взрыв, эквивалентный взрыву 2,5 миллиона тонн тротила, который оплавил горные породы. Скорость астероида при прохождении сквозь атмосферу значительно замедлилась вследствие сопротивления атмосферы. Нагреваясь до высоких температур вещество астероида частично сгорело и испарилось. Около половины его 300000-тонной массы, врезалось в Землю на скорости 12 км/с.

Попигайская астроблема

В бассейне среднего течения бурной реки Попигай на севере Красноярского края расположен крупный метеоритный кратер, входящий в десятку крупнейших кратеров Земли. Попигайская астроблема (звездная рана) представляет уникальный по степени сохранности и обнажённости импактный кратер диаметром 100 км и возрастом около 35.7 млн. лет. Попигайский импактный кратер представляет собой многокольцевую структуру, аналогичную подобным на Луне, Меркурии и других планетах Солнечной системы. Попигайская астроблема выражена в рельефе как округлая депрессия размерами 60–75 км с глубиной дна 200 и более метров относительно внешнего борта кратера. Этот кратер покрыт низкорослым лиственничным лесом, а прилегающая окрестность

практически беслесна. Протекающие через котловину реки характеризуются дугообразно-концентрической и радиальной ориентировками долин, наследующими основные черты строения кратера. На снимках из космоса структура астроблемы видна как округлое образование сердцевидной формы размером около 60 км, в западной части которой прослеживаются концентрические дуговидные детали, связанные с выходом тагамитов.

Кратер образовался в двуслойной мишени, состоящей из плотных кристаллических пород Анабарского щита (гнейсы) и перекрывающих их осадочных пород, бывшая мощность которых на месте события оценивается исследователями в 800–1200 м [Масайтис и др., 1998].

Импактные брекчии, залегают на ложе из раздробленных пород фундамента и заполняют сложную воронку с глубиной до 2 км. Брекчии подстилают более высокотемпературные зювиты и тагамиты, заполняя понижения в рельефе истинного ложа, или реже находятся внутри импактной толщи в виде неправильных линз. Мелкообломочные брекчии встречаются в виде отдельных пятен также вне депрессии, на расстоянии до 70 км от его центра.

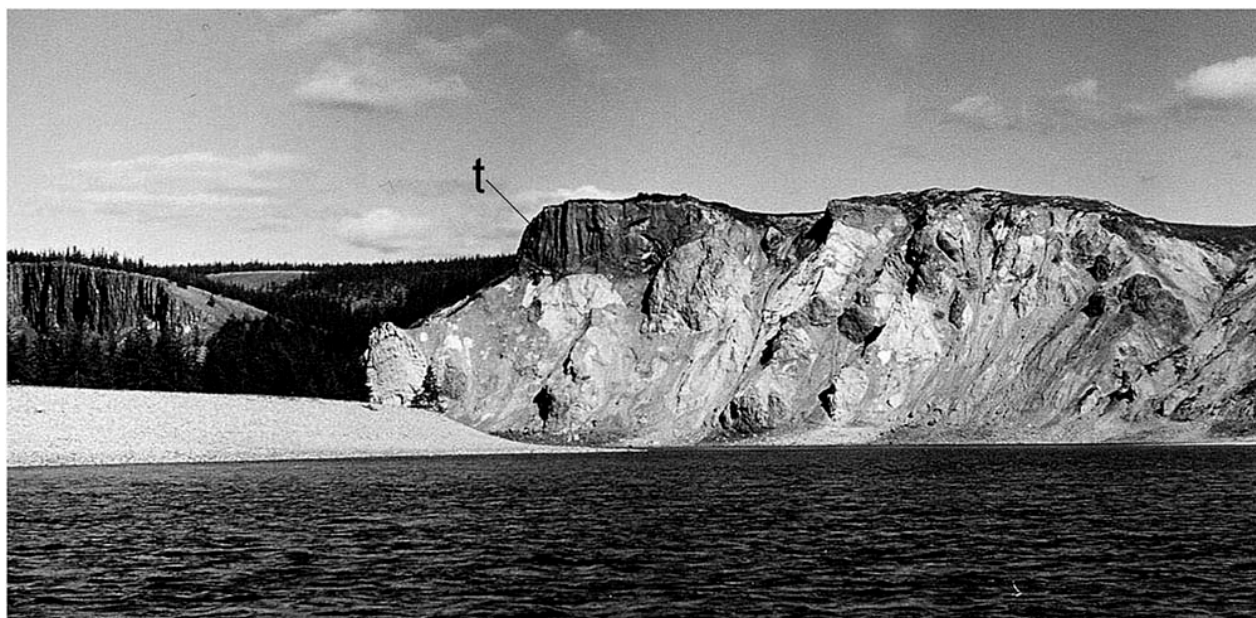


Рис. 13. Обнажение мегабрекчии “Пестрые Скалы” в западном борту Попигайской астроблемы, которое представляет один из самых впечатляющих выходов импактитов данной формации. Обнажение венчается “шляпой” “поздних” тагамитов (t), которые с резким неровным контактом и временным перерывом отложились на мегабрекчию. На дальнем плане слева – скальные выходы мощного тагамитового покрова, который налегает на мегабрекчию по направлению к центру кратера

Исследователи этого феномена предположили, что астероид диаметром около 8 км, двигавшийся с северо-востока, врезался в кристаллические породы раннедокембрийского фундамента Земли. В результате удара, взрыва и температуры, достигавшей 2000 градусов, расплавилось около 1750 кубокilометров горных пород. Миллиарды тонн были перемещены на значительные расстояния, превратились в другие породы, пыль и газ в том числе и алмазы. Пыль и газ в колоссальном количестве были выброшены в

атмосферу и далее в стратосферу, что на многие годы уменьшило приток тепла к поверхности Земли и привело к резкому похолоданию на планете. Часть флоры и фауны, не выдержав изменений в климате, вымерла.

Котловина кратера была открыта в 1946 году Д.В. Кожевиным и 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. Гипотеза о метеоритном происхождении была основана на изучении обнажений породы (Пёстрые скалы), где на поверхности видны отложения, подвергшиеся ударному плавлению и дроблению. Тогда же появилось предположение, что здесь возможны находки алмазов, связанные с преобразованием графита при больших температурах и давлении. В начале 1971 года, при исследовании образцов породы из Попигайского кратера, здесь был открыт новый тип материнских коренных алмазоносных пород — импактиты. Более 120 лет до того геологи считали единственным коренным источником алмазов кимберлитовые породы. Пока Попигайское месторождение импактных алмазов считается единственным в мире, хотя всего на Земле известно более 150 древних импактных кратеров.

С начала 1972 года в течение двух лет были выполнены работы, которые подтвердили предположения ленинградских геологов о метеоритном образовании Попигайской котловины и наличии здесь нового вида коренного источника импактных алмазов. На территории Попигайской котловины импактиты во многих местах выходят на поверхность и уходят на глубину около 1,5 км. Их площадь превышает 1750 км². Алмазы рассеяны по всей котловине и встречаются почти везде, как в породах, так и в россыпях. Они образовались при ударном сжатии пород (твердофазный переход), когда графит переходит непосредственно в алмаз. Общие запасы алмазов Попигайского месторождения, по подсчетам исследователей, превышают все известные запасы алмазов кимберлитовых провинций мира. Импактные алмазы значительно отличаются от кимберлитовых. Внешне они совсем не похожи на обычные алмазы. Они неказисты на вид и в основном имеют темную окраску. Также их отличает более высокая плотность и твердость. По этим качествам импактные алмазы незаменимы в технических целях.

В россыпях они были известны давно. Импактные алмазы встречаются в России на юго-западном берегу Байдарацкой губы Карского моря, на западе Украины, в Северном Криворожье, а так же в южной части Баварии, в Канаде, Финляндии и т.д.

В последнее время установлено, что импактные алмазы могут возникать при ударном сжатии не только графитсодержащих кристаллических пород, но также осадочных пород, заключающих пласты угля. В середине 70-х гг. была создана специальная Полярная геологоразведочная экспедиция с базой в п. Хатанга Таймырского автономного округа Красноярского края. Научным руководителем этой экспедиции был назначен В.Л. Масайтис. В короткие сроки была не только проведена доразведка алмазов, но и подсчитаны

запасы. Были выявлены наиболее богатые участки, два из которых – «Ударная» и «Скальная» были изучены детально. В Хатанге была построена небольшая обогатительная фабрика, а в Попиге вырос целый геологический поселок. Несколько тонн импактитов было отправлено на обогащение даже в Мирный на фабрику № 3. Геологи выявили, что в россыпях импактные алмазы представлены более качественными образцами, чем в коренных породах.

Несмотря на хорошее качество импактных алмазов, вопрос об их добыче так и не решили. Из-за удаленности Попигайского месторождения и исключительной твердости импактитов, извлечение алмазов из этих пород показалось делом дорогостоящим. Да и Министерство станкостроительной промышленности СССР, которому было передано более 10 тысяч карат импактных алмазов, не заинтересовалось ими. В начале 80-х годов прошлого века в СССР уже наладили производство недорогих синтетических алмазов и они вместе с природными техническими алмазами в полной мере удовлетворяли потребности отечественной промышленности. Более дорогие импактные алмазы тогда никому не понадобились. Геологические изыскания месторождения свернули и Полярную ГРЭ расформировали.

За время изысканий была проведена большая исследовательская работа: было пробурено 500 скважин, некоторые достигали в глубину 1,7 км, собрано 1000 тонн уникального керна. Стоимость затрат на исследования в «те еще времена» составила ни много ни мало, а полтора миллиарда долларов США.

Доктор геолого-минералогических наук из Новосибирска С.А. Вишневский много лет занимался исследованием Попигайской астроблемы. Относительная изученность кратера, своеобразие и неповторимость (на протяжении десятков километров геологическая история Земли читается здесь, как по учебнику), позволила ему на заседании специальной комиссии ЮНЕСКО в Париже в 1991 году добиться решения отнести Попигайскую астроблему к памятникам природы планетарного значения первой величины.

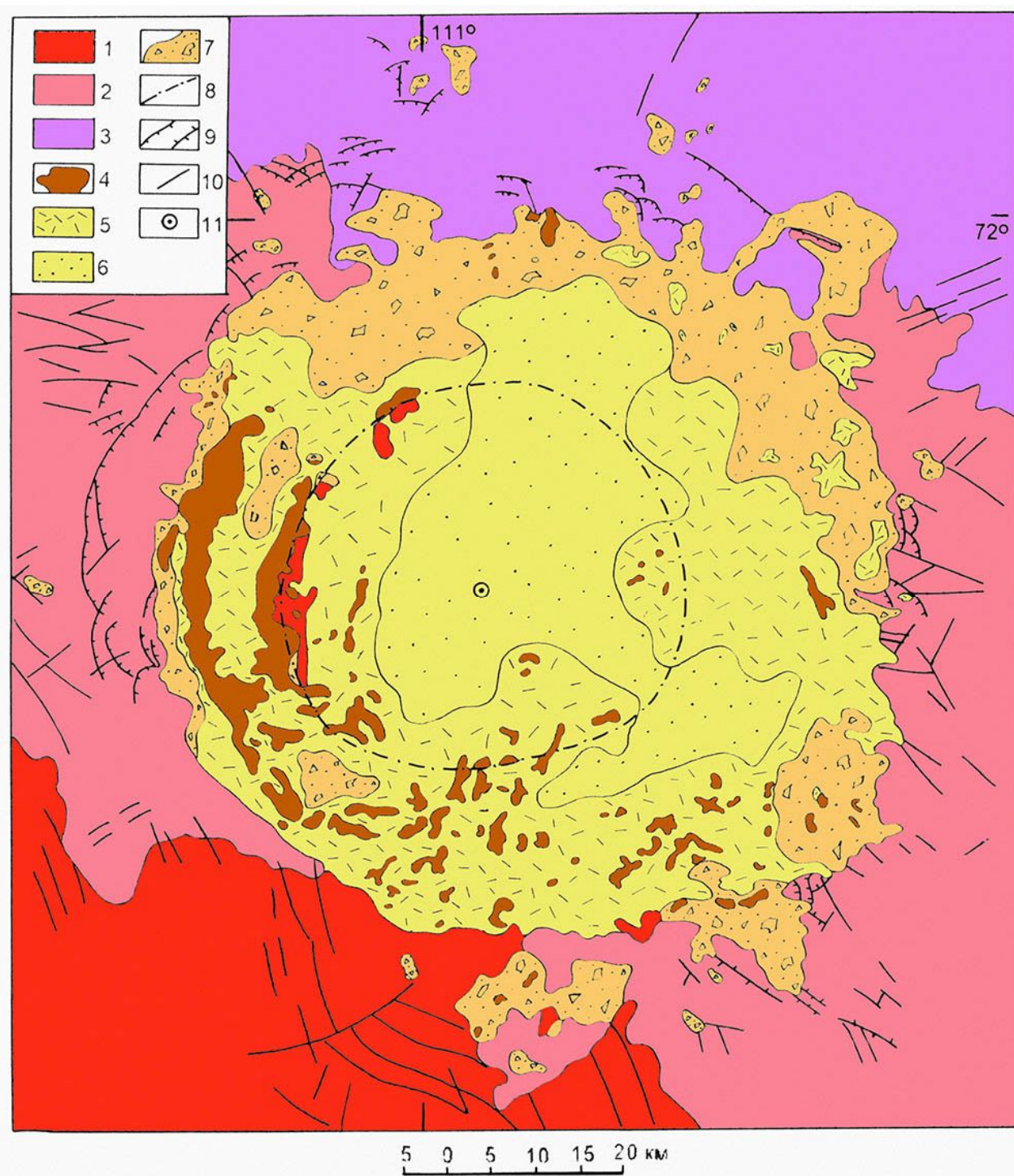


Рис. 13. Схема геологического строения Попигаевского кратера: 1 – кристаллические породы верхнеанабарской и хапчанской серий архея; 2 – осадочные породы верхнего протерозоя и нижнего палеозоя; 3 – осадочные и вулканогенно-осадочные породы верхнего палеозоя и мезозоя; 4 – тагамиты; 5 – зювиты; 6 – псаммито-алевритовые брекчии; 7 – аллогенные брекчии; 8 – гребень кольцевого поднятия; 9 – надвиги и сбросы; 10 – разрывные нарушения не установленной морфологии; 11 – центр кратера. По Масайтису и др., [1980, 1998].