

# **Структурная геология и геологическое картирование**

## **Лекция № 21**

**Часть 1. "Сдвиги Вилсона (дополнение)"**

**Часть 2. "Магматические кольцевые  
структуры (дополнение)"**

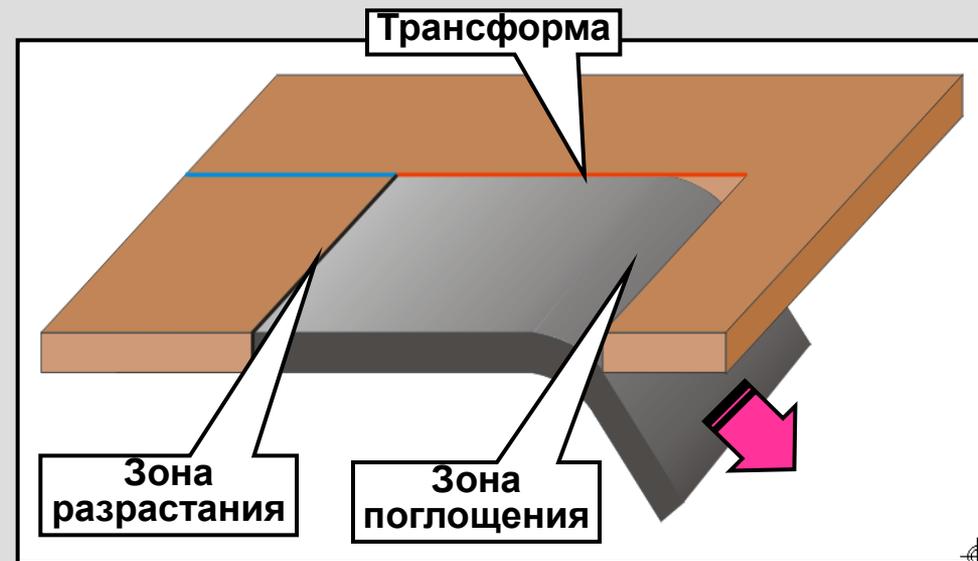
**Часть 3. "Астроблемы"**

**Часть 3. "Современная концепция  
геологической съемки"**

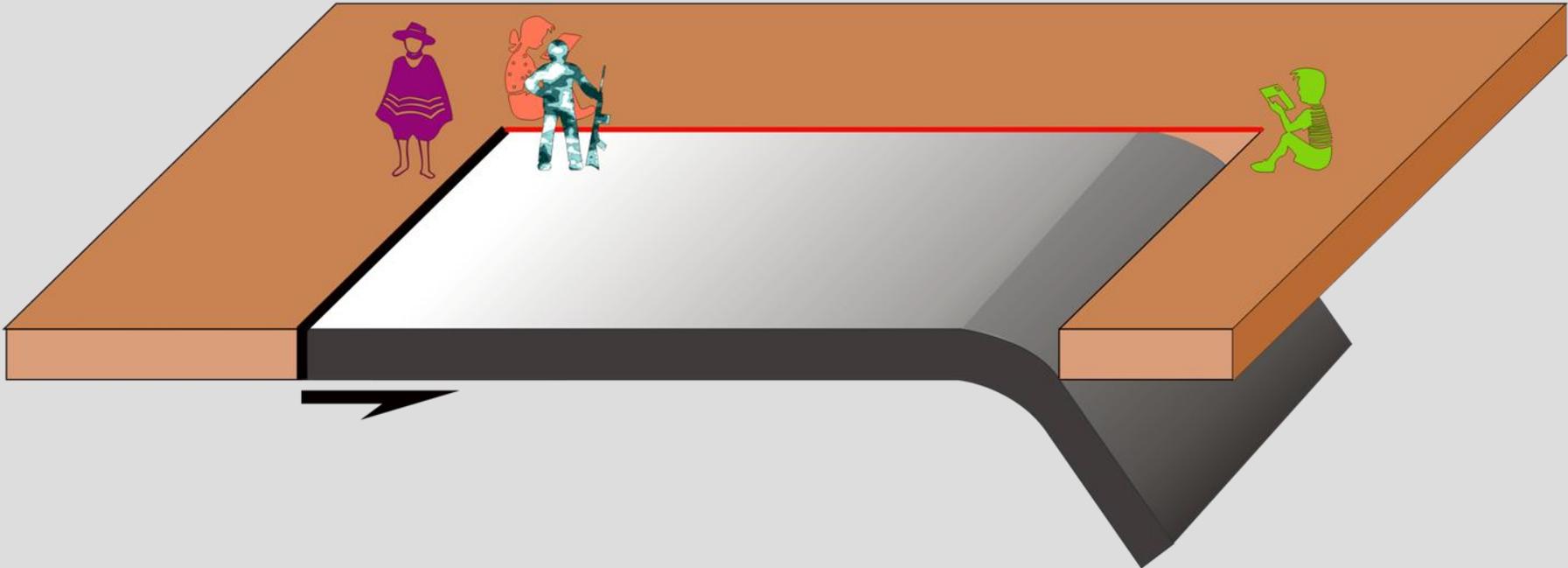
# Кинематика трансформ типа хребет – дуга (сценарий 2)

**М**-трансформы принципиально отличаются от остальных тем, что сопрягаемые ими активные зоны находятся по одну сторону от трансформного разлома, который, таким образом, оказывается как бы рельсом, вдоль которого обмениваются массами (движениями) активные зоны.

- 1** – собственно сдвиговые движения присутствуют только в пределах трансформы;
- 2** – трансформа расположена между зонами разрастания и поглощения;
- 3** – длина трансформы **уменьшается** при развитии трансформы
- 4** – длина пассивного сегмента **увеличивается** при развитии трансформы;
- 5** – зона разрастания **смещается** в сторону зоны поглощения при развитии трансформы;
- 6** – активными элементами являются и **зоны разрастания**, и **зоны поглощения**

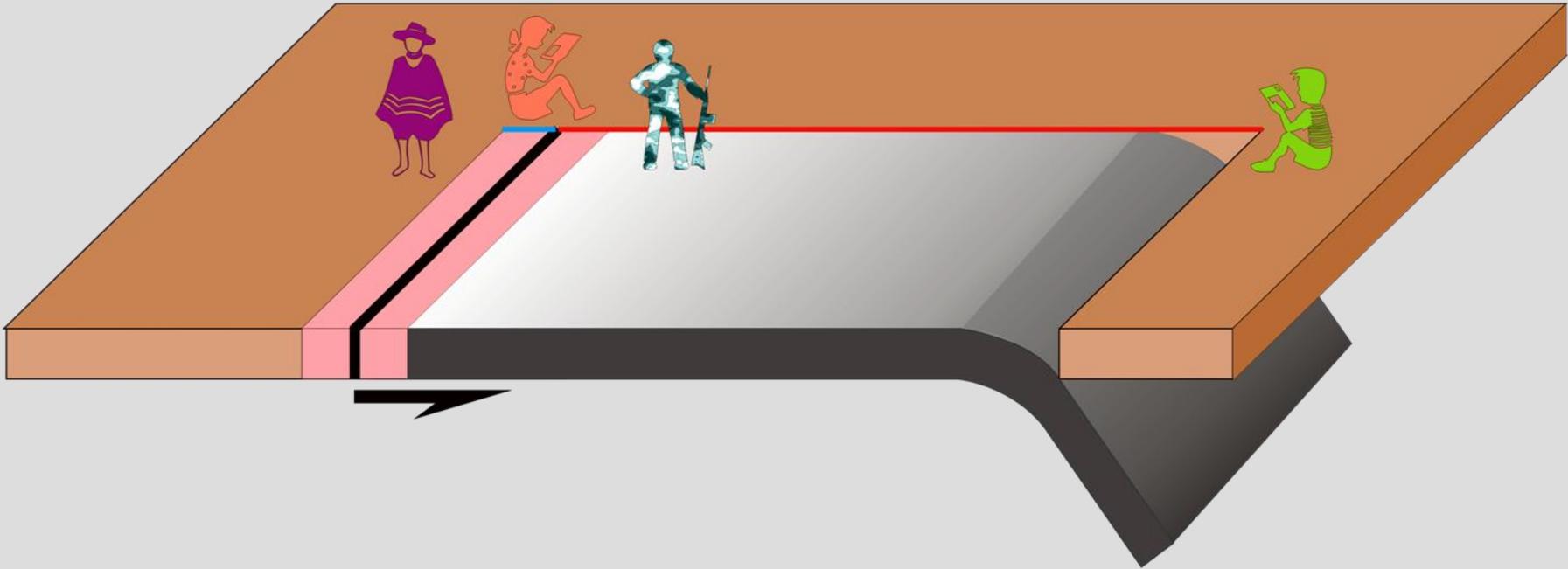


**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).



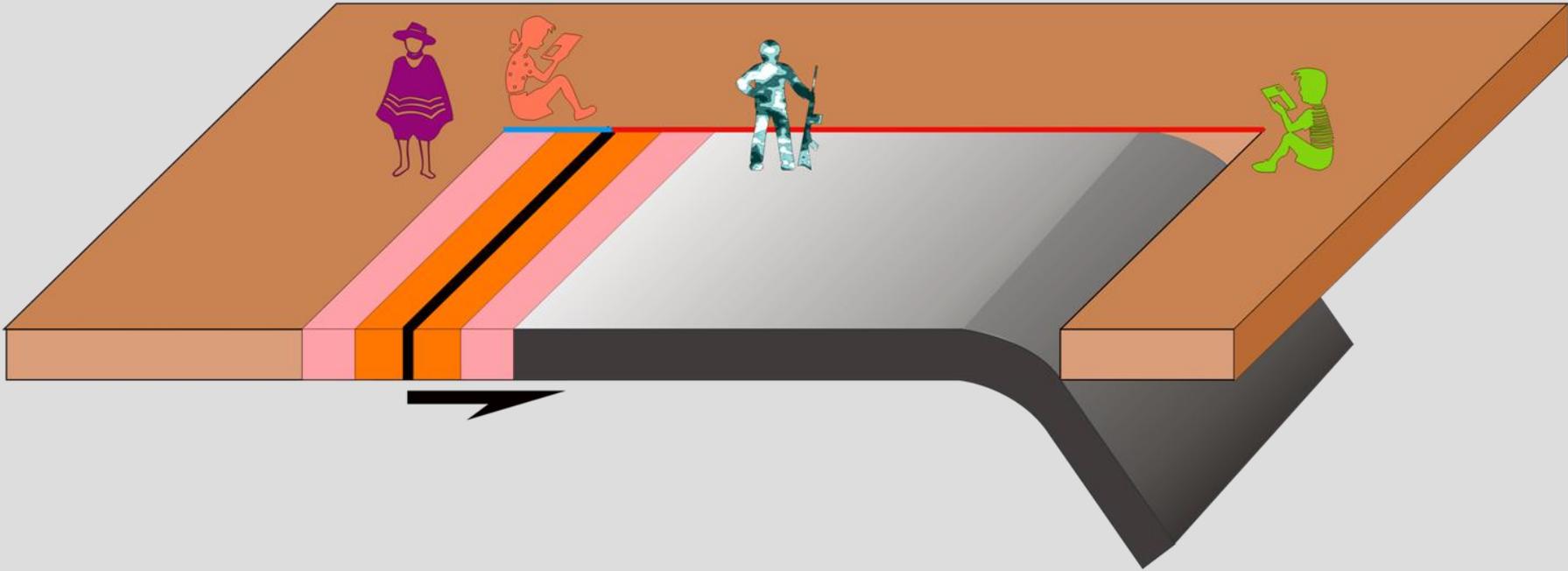
**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).

**NB 2!** Для наблюдателя, находящегося на "заякоренной" плите вблизи зоны разрастания, трансформный разлом будет представляться "странным" сдвигом, по которому смещение присутствует только на удаляющемся отрезке, а на ближайшем отрезке его нет!



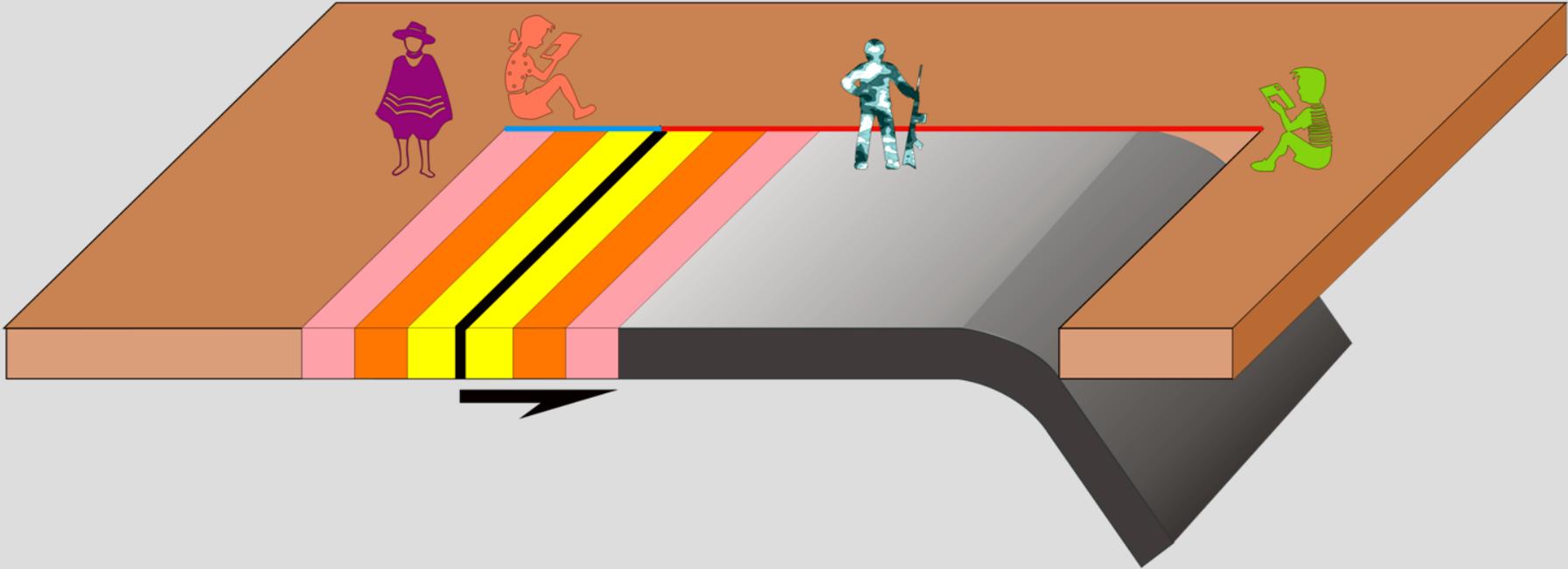
**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).

**NB 2!** Для наблюдателя, находящегося на "заякоренной" плите вблизи зоны разрастания, трансформный разлом будет представляться "странным" сдвигом, по которому смещение присутствует только на удаляющемся отрезке, а на ближайшем отрезке его нет!



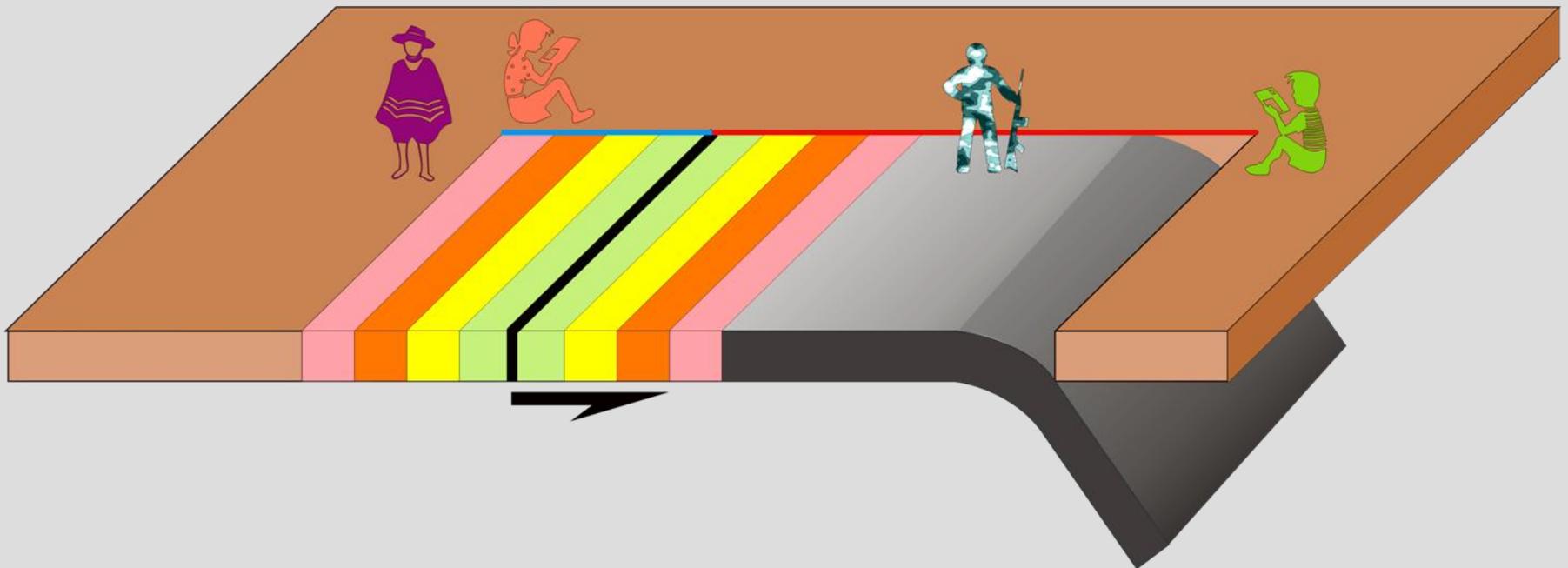
**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).

**NB 2!** Для наблюдателя, находящегося на "заякоренной" плите вблизи зоны разрастания, трансформный разлом будет представляться "странным" сдвигом, по которому смещение присутствует только на удаляющемся отрезке, а на ближайшем отрезке его нет!



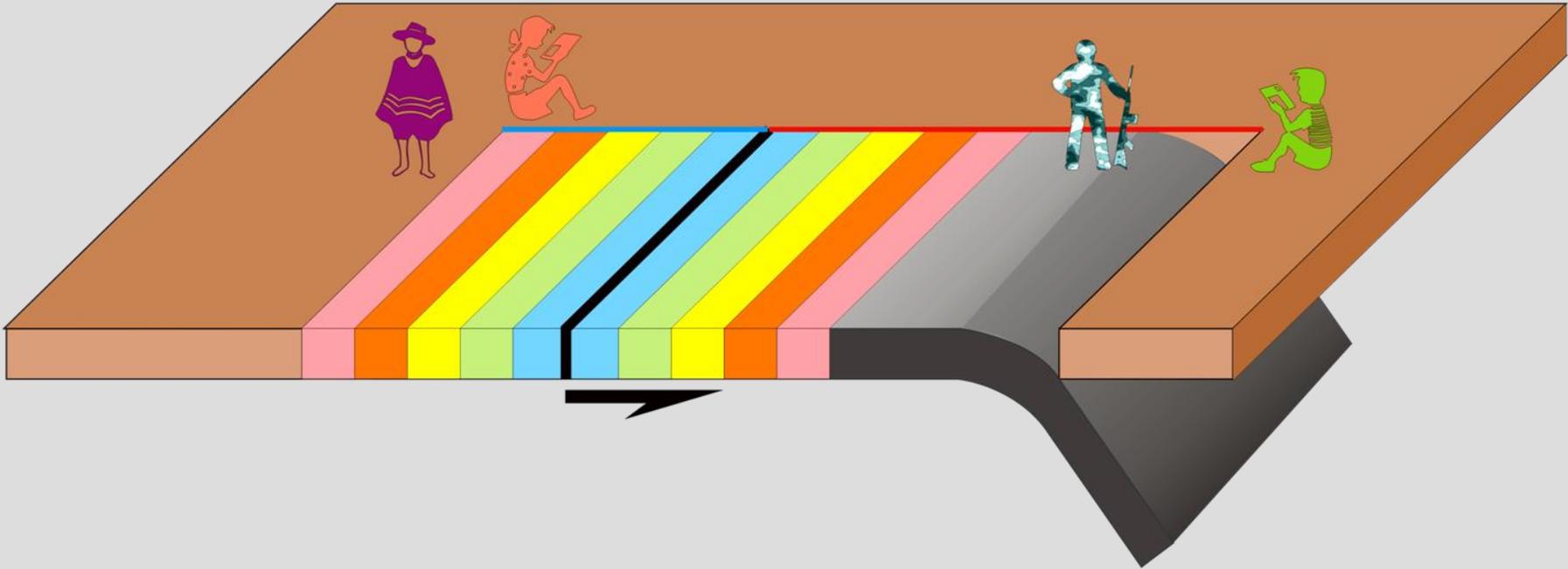
**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).

**NB 2!** Для наблюдателя, находящегося на "заякоренной" плите вблизи зоны разрастания, трансформный разлом будет представляться "странным" сдвигом, по которому смещение присутствует только на удаляющемся отрезке, а на ближайшем отрезке его нет!



**NB 1!** Для наблюдателей, находящихся по разные стороны активного сегмента, трансформный разлом будет представляться более или менее обычным сдвигом (здесь – левосторонним!).

**NB 2!** Для наблюдателя, находящегося на "заякоренной" плите вблизи зоны разрастания, трансформный разлом будет представляться "странным" сдвигом, по которому смещение присутствует только на удаляющемся отрезке, а на ближайшем отрезке его нет!



# Итак – кинематика трансформ типа хребет – дуга (сценарий 2)

**М**-трансформы принципиально отличаются от остальных тем, что сопрягаемые ими активные зоны находятся по одну сторону от трансформного разлома, который, таким образом, оказывается как бы рельсом, вдоль которого обмениваются массами (движениями) активные зоны.

**1** – собственно сдвиговые движения присутствуют только в пределах **трансформы**;

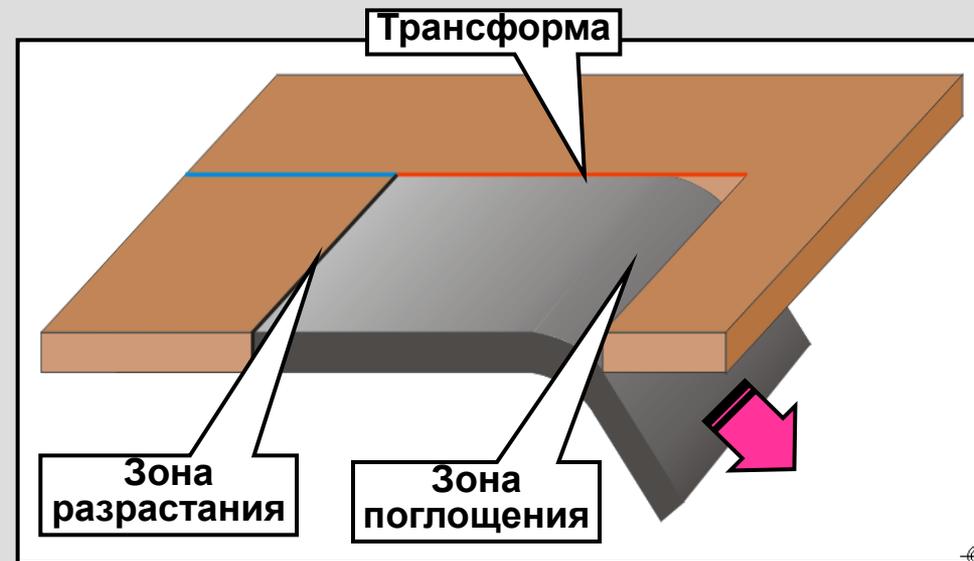
**2** – трансформа расположена между зонами разрастания и поглощения;

**3** – длина трансформы **уменьшается** при развитии трансформы

**4** – длина пассивного сегмента **увеличивается** при развитии трансформы;

**5** – зона разрастания **смещается** в сторону зоны поглощения при развитии трансформы;

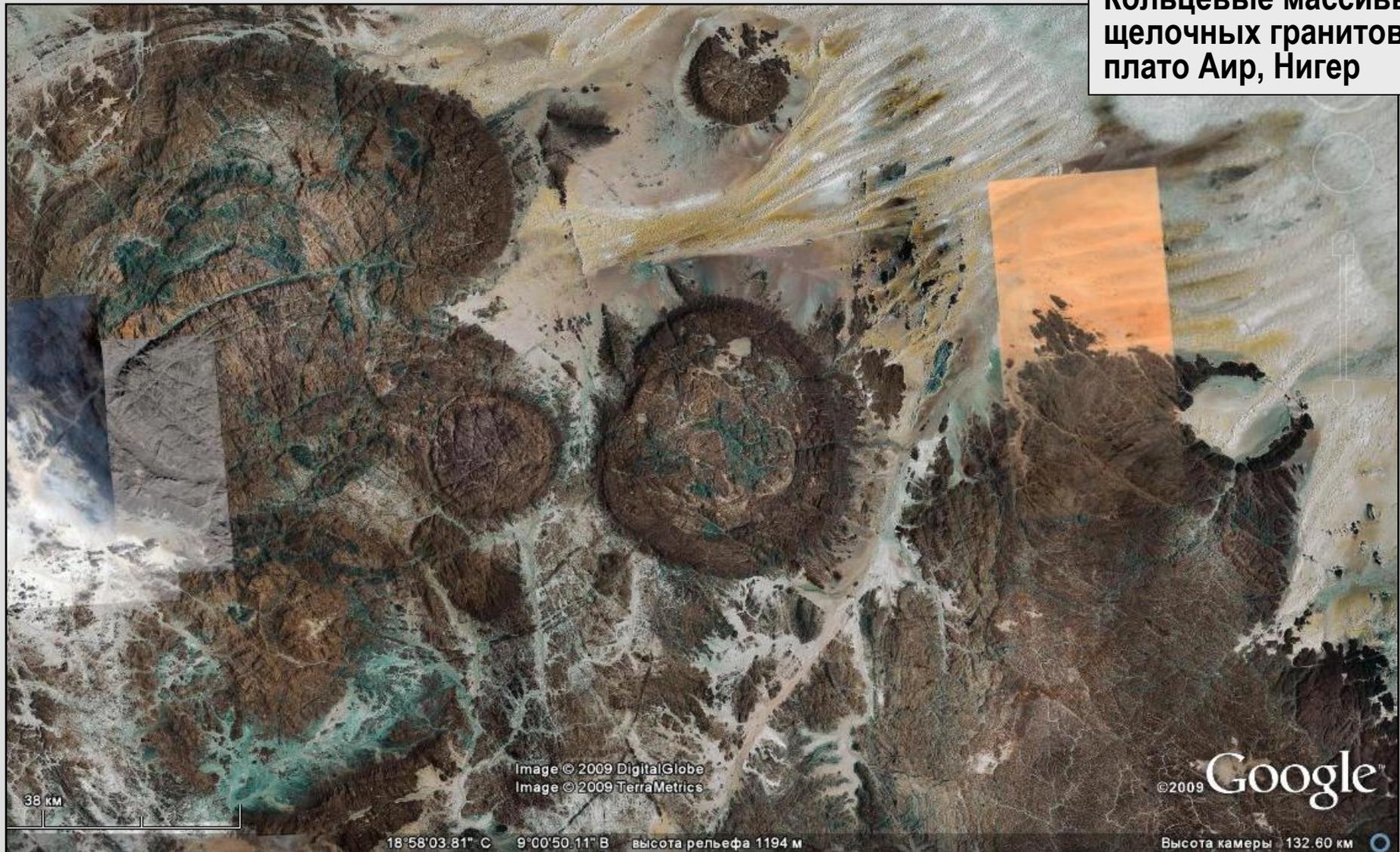
**6** – активными элементами являются и **зоны разрастания**, и **зоны поглощения**



# Магматические кольцевые структуры

Кольцевые структуры магматического происхождения, как правило, формируются над "горячими точками" в платформенных условиях. Обычно, это массивы щелочного состава от умеренно-кислого до ультраосновного.

Кольцевые массивы щелочных гранитов плато Аир, Нигер



38 км

Image © 2009 DigitalGlobe  
Image © 2009 TerraMetrics

©2009 Google

18°58'03.81" С 9°00'50.11" В высота рельефа 1194 м

Высота камеры 132.60 км

## Кольцевой массив щелочных гранитов Адрар, плато Аир, Нигер

С кольцевыми массивами щелочных гранитоидов связаны месторождения редких и редкоземельных элементов.



## Кольцевой массив щелочных гранитов Аракао, плато Аир, Нигер





**Кольцевой массив ультрамафитов,  
щелочных пород и карбонатитов  
Кондёр, Алданский щит,  
Хабаровский край**

Массив имеет кольцевое строение: в ядре – дуниты, далее кольцами габброиды, нефелиновые сиениты. Карбонатиты образуют серии кольцевых и конических даек среди дунитов и других пород.

Кольцо в рельефе образовано роговиками по докембрийским сланцам, поставленным "на голову" в процессе активного внедрения массива.

С массивом связано крупное месторождение платиноидов, золота, серебра и пр.

# Астроблемы

**Астроблемы** – дочетвертичные метеоритные кратеры на Земле, которые после возникновения были частично разрушены в результате эрозии и заполнены более молодыми осадочными породами [по Р. Дитцу, 1963 ].

**Метеоритные кратеры**, в отличие от астроблем, еще не утратили геоморфологической выраженности.

Как правило, доплиоценовые кратеры не выражены геоморфологически.

Обобщающий термин – **импактный кратер**.

Метеоритные кратеры создаются на Земле только крупными метеоритами

По расчетам диаметр метеоритного кратера или астроблемы примерно в 20-30 раз больше размера самого метеорита, падающего со скоростью от 12 до 72 км/с.

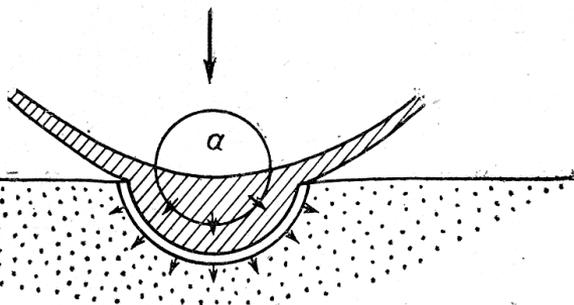
Импактный кратер Рошешуар.  
Франция. Википедия



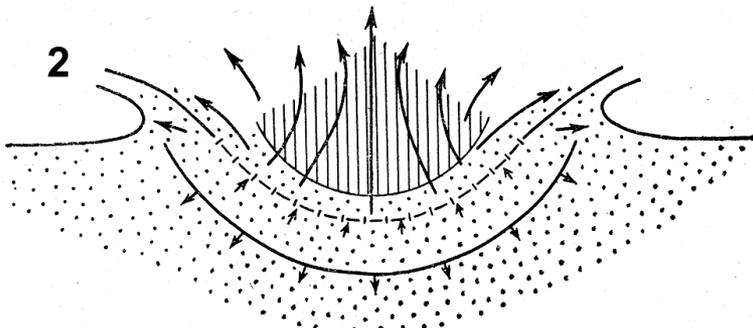
Метеоритный кратер  
Тихо. Луна. Википедия

## Механизм и фазы кратерообразования:

1



2



**1 – сжатие.** В момент контакта возникают две встречных ударных волны и кинетическая энергия тратится на нагрев (плавление и испарение) и деформацию (главным образом – дробление) и метеорита, и пород мишени. Породы смещаются радиально от точки удара

**2 – экскавация.** При ослаблении ударной волны "отдача" инициирует быстрый рост кратера и выброс обломков и расплавленного стекла, деформация мишени (образование складок и разрывов).

**3 – ранняя модификация и заполнение.**

После собственно взрыва структура мишени меняется за счет снятия нагрузки, а часть выброшенного материала заполняет возникший кратер.

1 и 2 фазы происходят практически мгновенно, 3 фаза длится чуть дольше за счет относительно медленного заполнения кратера поднятым материалом.

3

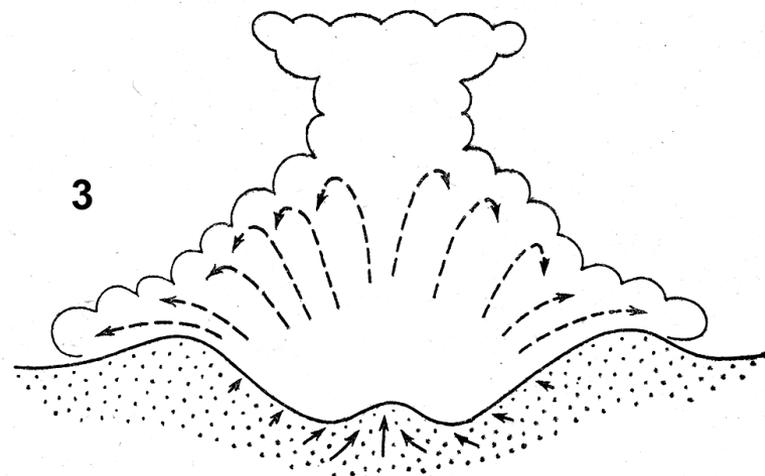


Схема образования импактных кратеров размером 5-10 км  
[по В.Л. Массайтису, 1980]

# Классификация коптогенных пород

При ударе метеорита о Землю происходит взрыв, в результате которого горные породы мишени практически мгновенно преобразуются. Они либо дробятся на мелкие и крупные кусочки, т.е. катаклазируются, либо плавятся, т.е. переходят в расплав, который впоследствии застывает в виде стекла с включениями обломков.

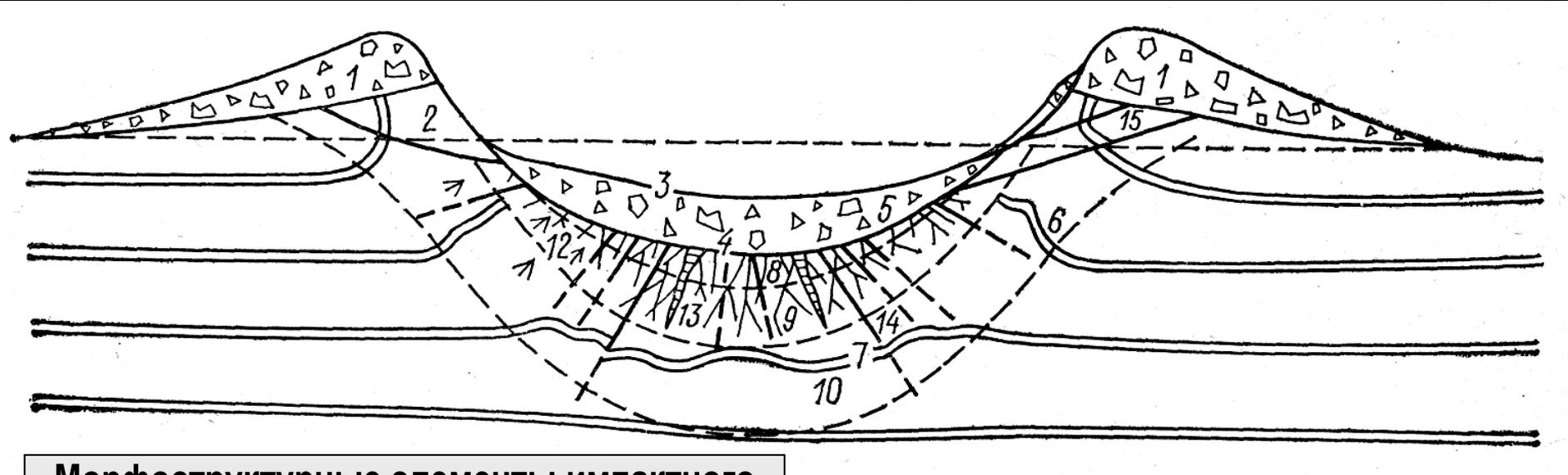
<b>Характер материала</b>	<b>Коптокатаклазиты</b> (раздробленные породы)	<b>Импактиты</b> (расплавленные породы)
<b><i>Неперемещенный</i></b>	<b>Аутигенные</b> (автохтонные) <b>брекчии</b>	<b>Массивные импактиты</b> 1 рода
<b><i>Перемещенный</i></b>	<b>Аллогенные</b> (аллохтонные) <b>брекчии</b>	Обломочные импактиты 2 рода ( <b>зювиты</b> )
		Массивные импактиты 2 рода ( <b>тагамиты</b> )

Между этими породами существуют переходные различия, отнесение которых к коптокатаклазитам или импактитам зависит от количества в них стекла.



# Морфоструктура импактных кратеров

Импактные кратеры обладают сложной **морфоструктурой**, в которой структурные элементы достаточно строго связаны с морфологическими.



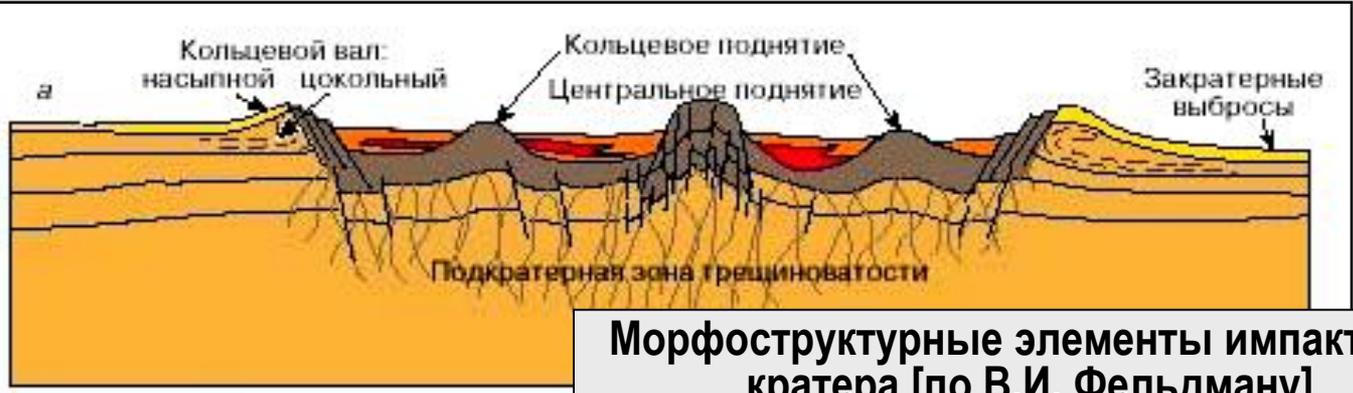
**Морфоструктурные элементы импактного кратера размером до 3-4 км [по В.Л. Массайтису, 1980]**

- 1 – насыпной вал аллогенной брекчии; 2 – цокольный вал; 3 – видимое (первичное) дно; 4 – истинное (цокольное) дно; 5 – линза аллогенной брекчии и импактитов; 6 – складки в прибортовой части цоколя; 7 – складки под дном кратера; 8 – зона частичного плавления; 9 – зона разрушения; 10 – зона пластических деформаций; 11 – оползни, террасы; 12 – конусы разрушения (сотрясения); 13 – жилы инъекционных брекчий; 14 – поддвиги и затухающие трещины; 15 – надвиги и опрокинутые слои.

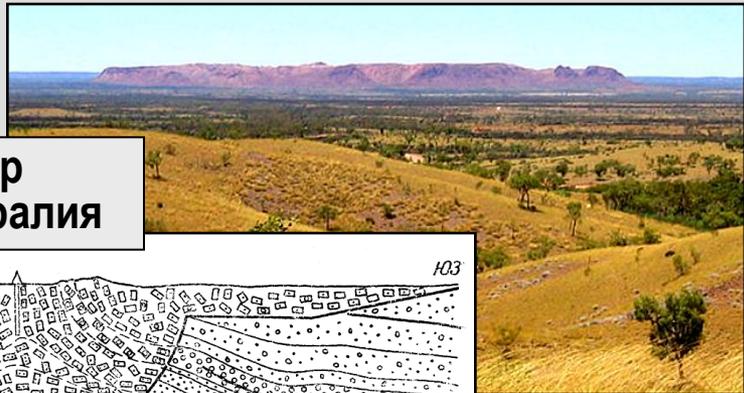
За счет отдачи в кратерах размером 5–15 км часто формируются *центральные поднятия*, или "центральные горки", а в кратерах диаметром более 15 км также и *кольцевые поднятия*.



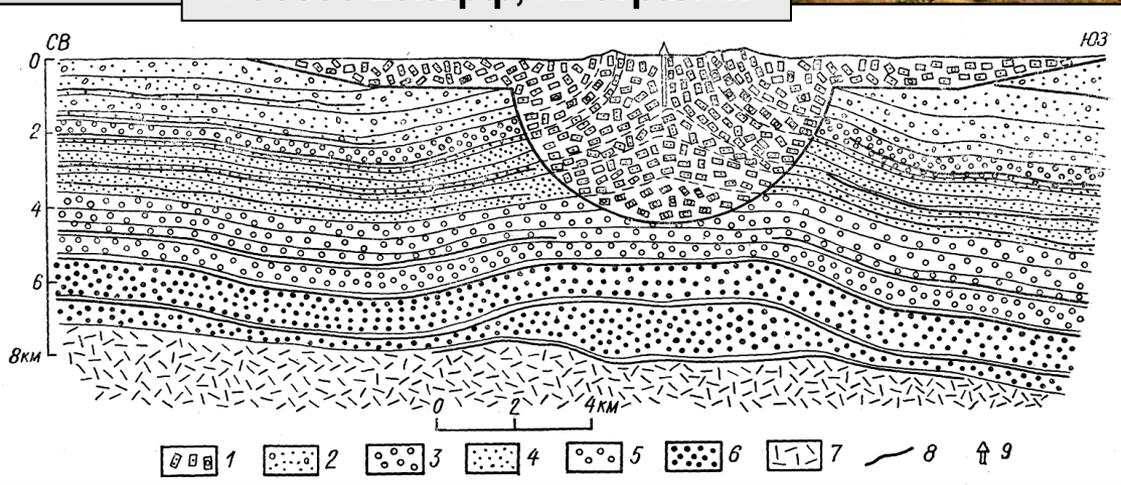
**В.И. Фельдман  
1929-2011**



**Морфоструктурные элементы импактного кратера [по В.И. Фельдману]**



**Импактный кратер  
Госсес Блафф, Австралия**



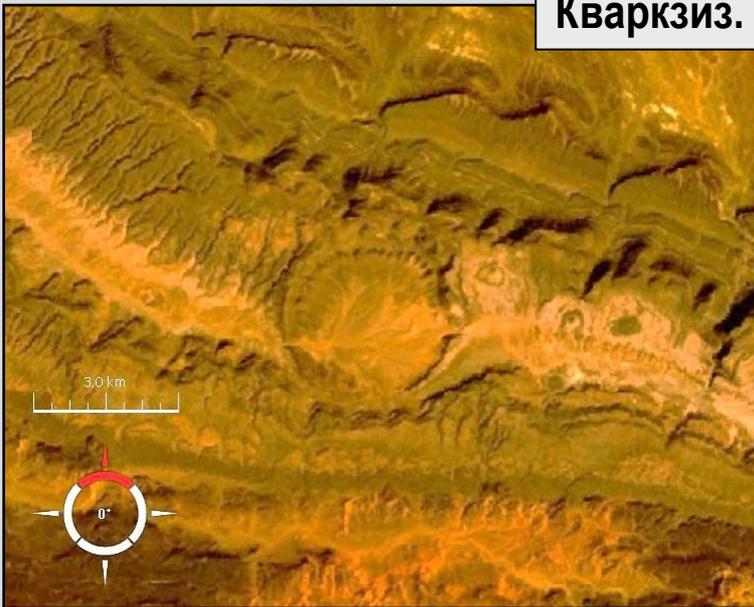
Наиболее "просто" диагностируются импактные кратеры на гетерогенной мишени. Если астроблема возникает на поле распространения вулканических пород, ее очень легко спутать с палеовулканом. Точно так же астроблема на однородной мишени легко может воспринята как палеовулкан.

**Импактный кратер  
Аорунга. Чад**



Задача усложняется тем, что крупные астроблемы иногда содержат магматические тела, которые для внедрения используют зоны, ослабленные импактными ударами.

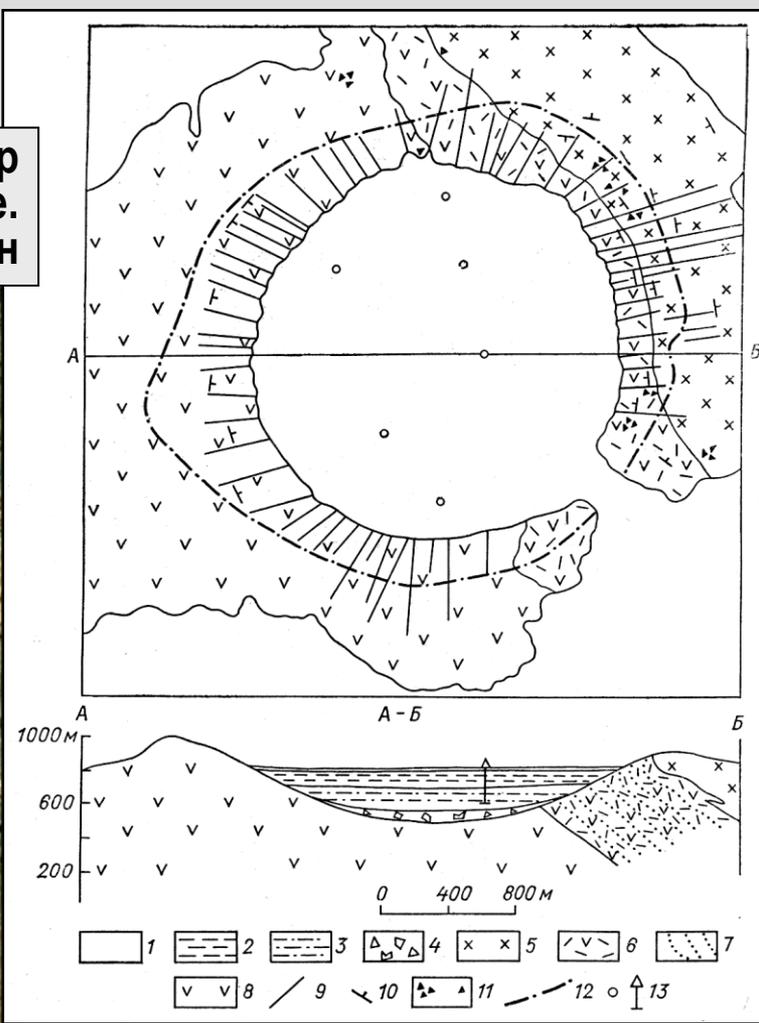
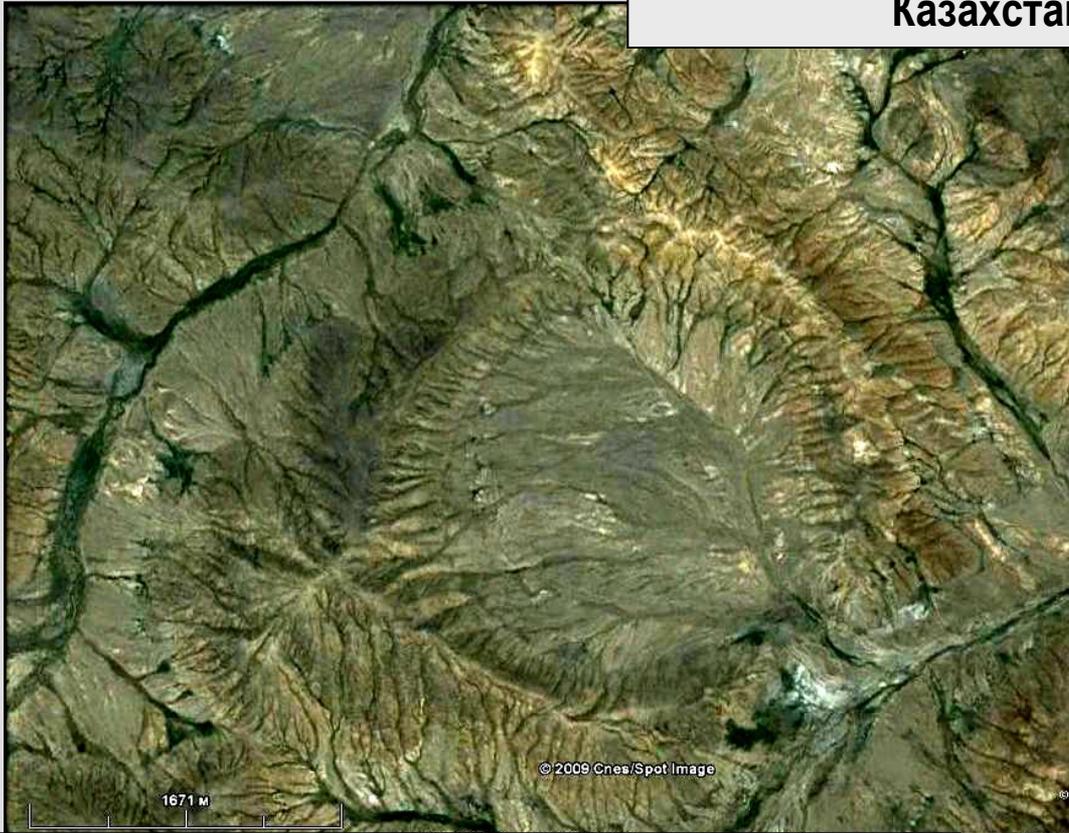
**Импактный кратер  
Кваркзиз. Алжир**



**Структура Ришат.  
Сахара. Не кратер,  
а купол (пологая  
антиклиналь)**



**Импактный кратер  
Шунак, Прибалхашье.  
Казахстан**



Высота камеры 6.63 км

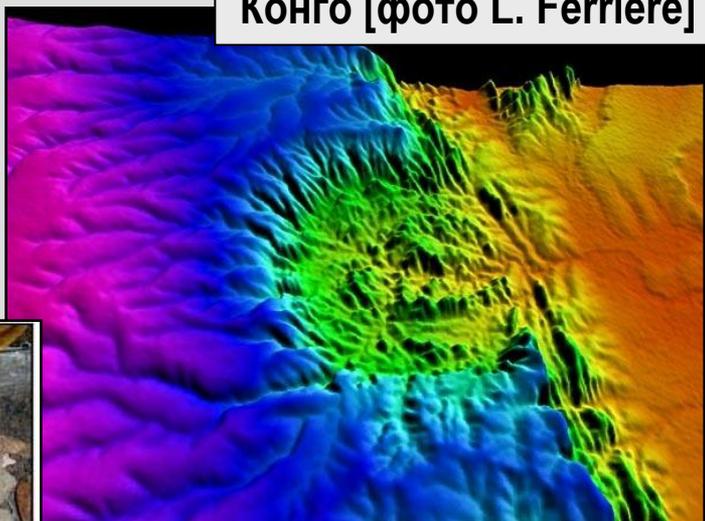
Несколько треугольная форма кратера объясняется структурой мишени и, возможно, углом падения метеорита.

# Мезоструктуры импактных кратеров

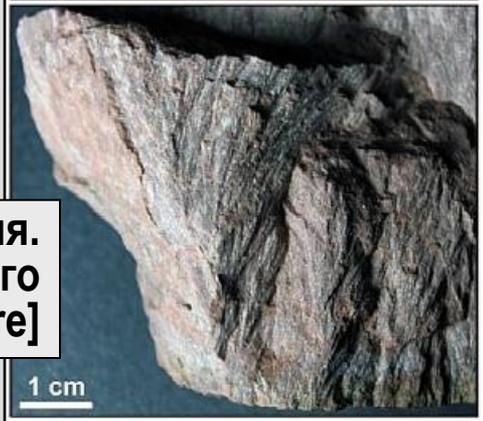
Основные мезоструктуры импактных кратеров – **конусы разрушения**, представляющие собой конические трещины скола.

Оси конусов отвечают направлению сжатия, а их вершины направлены к центру взрыва.

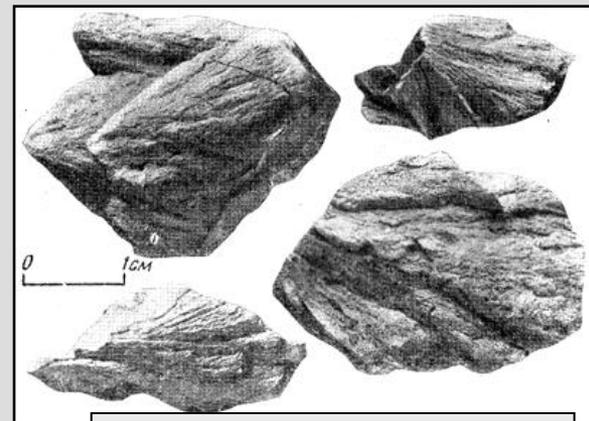
Астроблема Луизи.  
Конго [фото L. Ferriere]



Конусы разрушения в  
песчаниках. Карская  
астроблема. Пай-Хой  
[по Л.В. Сазоновой]



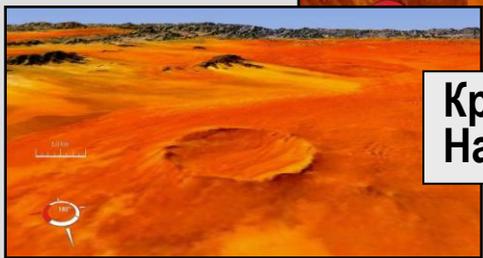
Конусы разрушения.  
Астроблема Луизи. Конго  
[фото L. Ferriere]



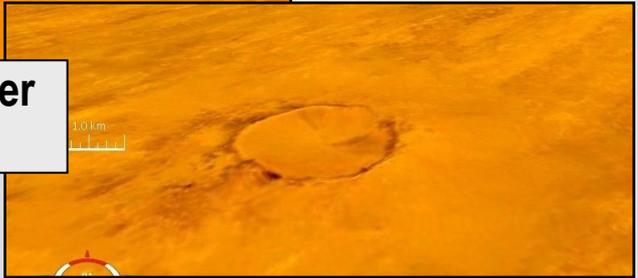
Конусы разрушения  
[по В.А. Бронштэну]



**Кратер Roter Kamm.  
Намибия**



**Кратер Tenoumer  
Мавритания**



**Кратер Lakes  
Quebec. Canada**

# Современная концепция геологической съемки

**Геологическая съемка** – основной способ получения информации о геологическом строении, закономерностях размещения полезных ископаемых и истории развития регионов. Геологическая съемка – это не только картирование, но целый комплекс исследований, включающий в себя разнообразные методы и способы изучения земной коры: от дистанционных исследований до глубокого бурения.

Комплекс исследований определяется в **первую очередь особенностями территории работ:**

- перспективами на открытие месторождений полезных ископаемых;
- степенью изученности;
- сложностью и типом геологического строения;
- конкретными геологическими задачами;
- типом рельефа и проходимостью;
- дешифрируемостью материалов аэро- и космических съемок;
- интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

Комплекс исследований определяется во **вторую очередь количеством выделенных средств.**

## **Перспективы на открытие месторождений полезных ископаемых** определяются в первую очередь:

- наличием уже известных месторождений;
- принадлежностью к известным металлогеническим зонам;
- наличием предпосылок оруденения (первичных и вторичных геохимических ореолов, геофизических аномалий, связанных с оруденением, характерных геологических обстановок и пр.);
- экспертными оценками специалистов, хорошо знающих либо непосредственно территорию работ, либо металлогению аналогичных объектов.

## **Перспективы на открытие месторождений полезных ископаемых** определяются во вторую очередь:

- экспертными заключениями профилирующих НИИ МинПрироды;
- конъюнктурой мирового рынка, т.е. количеством выделяемых средств на поиски того или иного вида полезных ископаемых;

**Степень изученности территории** определяется в первую очередь:

- количеством и качеством проведенных ранее геологических съемок разных масштабов;
- количеством и качеством проведенных ранее поисковых работ;
- полнотой и качеством имеющейся аналитической базы;
- количеством и качеством имеющихся геофизических материалов;
- количеством и качеством проведенных ранее тематических научно-исследовательских работ (структурных, палеонтологических, геоморфологических, гидрогеологических и пр.).

**Степень изученности территории** определяется во вторую очередь количеством средств, выделенных ранее для этой цели.

**Сложность и тип геологического строения** определяются в первую очередь:

- количеством структурных этажей и зон;
- структурой стратифицированных комплексов;
- присутствием метаморфических, вулканических и плутонических комплексов;
- фациальной изменчивостью картируемых подразделений;
- количеством и разнообразием зон вторичной гидротермальной переработки;
- интерпретируемостью геофизических материалов и т.д.

**Сложность и тип геологического строения** определяется во вторую очередь **количеством денег, которые необходимо выбить из Заказчика.**

# Современная концепция Государственной геологической съемки

## *Масштабы геологических карт России*

- 1) обзорные – мельче 1:1 000 000;
- 2) мелкомасштабные\* – 1:1 000 000;
- 3) среднемасштабные\* – 1:200 000;
- 4) крупномасштабные – 1:50 000 (1:25 000);
- 5) детальные – 1:10 000 и крупнее.

*\*) – Государственные геологические карты,  
составляются геологической службой России*

Все современные Государственные геологические карты подготавливаются и издаются в виде **комплектов**.

## ГОСГЕОЛКАРТА-200

Основным масштабом геологического доизучения  
территории России является  
масштаб *1:200 000*

Комплект Госгеолкарты-200 сопровождается  
*Объяснительной запиской*  
и обязательно увязывается с соответствующей  
*Легендой серии листов*

## **ГОСГЕОЛКАРТА-200**

При составлении **ОБЯЗАТЕЛЬНО** использование цифровых и аналоговых основ масштаба 1:200 000, составленных **предварительно** или в процессе проведения работ:

- 1 – топографической;
- 2 – дистанционной (по данным космо- и аэросъемок);
- 3 – геохимической

**Комплект обязательных карт  
геологического содержания**

**А. ОСНОВНЫЕ КАРТЫ м-ба 1:200 000**

- **1. Геологическая карта дочетвертичных образований;**
- **2. Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения;**
- **3. Геологическая карта четвертичных образований.**

# **Комплект обязательных карт геологического содержания**

## **Б. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ КАРТЫ и СХЕМЫ м-ба 1:500 000**

- 1. Тектоническая схема;
- 2. Схема аномалий силы тяжести (в условной оцифровке);
- 3. Карта аномального магнитного поля;
- 4. Геоморфологическая схема;
- 5. Схема минерагенического районирования;
- 6. Схема прогноза полезных ископаемых;
- 7. Схема эколого-геологической обстановки;
- 8. Схема памятников природы;
- 9. Гидрогеологическая схема;
- 10. Схема кор выветривания.

# **Комплект обязательных карт** **геологического содержания**

## **В. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ м-ба 1:1 000 000**

- 1. Схемы районирования (по временным срезам);
- 2. Схема расположения интрузивных массивов;
- 3. Схемы использованных материалов (по типам);
- 4. Схема устойчивости ландшафтов;
- 5. Схема эколого-геологической опасности.

# **Комплект обязательных карт** **геологического содержания**

## **Г. Дополнительные немасштабные схемы и таблицы**

- 1. Таблица "Формации и геодинамические комплексы";
- 2. Минерагенограмма;
- 3. Схема соотношений четвертичных образований;
- 4. Схема корреляции подразделений квартера;
- 5. Схема расположения листов серии.

## **ГОСГЕОЛКАРТА-200**

### **Д. Обязательные элементы комплекта, предоставляемые в компьютерном виде**

- Цифровые модели основных карт комплекта в форматах ArcIgis;
- Компьютерная база первичных данных (описания всех точек наблюдения, горных выработок, скважин) в формате АДК;
- Компьютерная база вторичных данных (карты, схемы, цифровые фотографии, аналитика, определения органических остатков и пр.) в произвольных форматах (\*.txt; \*.dbf, \*.doc; \*.cdr; \*.jpg и пр.)

# Формальная схема прохождения ГДП-200

Этап, документ	Составитель документации	Экспертиза	Решение и утверждение
<b>1.</b> Подготовка <b>Материалов к конкурсу</b>	Территориальное агентство (ТА) (фактически – <b>Исполнитель работ</b> )	1. ВСЕГЕИ 2. Отраслевые НИИ	Включение в число конкурсных объектов ( <b>МПР</b> )
<b>2.</b> Подготовка <b>Конкурсных документов</b>	<b>Будущий Исполнитель работ</b>	Конкурсная комиссия МПР	Объявление победителя конкурса ( <b>МПР</b> )
<b>3.</b> Подготовка <b>Проектно-сметной документации</b>	<b>Исполнитель работ</b>	«Росгеолэкспертиза»	Утверждение проекта ( <b>ТА – заказчик</b> )
<b>4.</b> Проведение работ. <b>Промежуточные отчеты (3 в год), Окончательный отчет, Комплект Госгеолкарты-200</b>	<b>Исполнитель работ</b> Текущий контроль за качеством и объемами работ 1. НТС заказчика <b>2. Госгеолконтроль</b>	1. НТС исполнителя (заседание кафедры) – <b>внутренний рецензент</b> 2. НТС заказчика (ТА) – <b>внешний рецензент</b> 3. Региональный экспертный совет ( <b>2 эксперта РЭС</b> ) 4. НРС ВСЕГЕИ ( <b>2 эксперта НРС</b> )	Утверждение комплекта Госгеолкарты-200 после внесения всех исправлений ( <b>НРС ВСЕГЕИ</b> )

## **Стоимость работ**

Таким образом, в настоящее время Геологосъемочные работы требуют огромных затрат труда и высокой квалификации исполнителей, владеющих самыми современными технологиями проведения работ, обработки и анализа полученных материалов, в том числе – геоинформационными технологиями.

Общая стоимость современного ГДП-200 одного номенклатурного листа в зависимости от сложности строения территории и объема работ составляет

**около 30 млн. руб.**