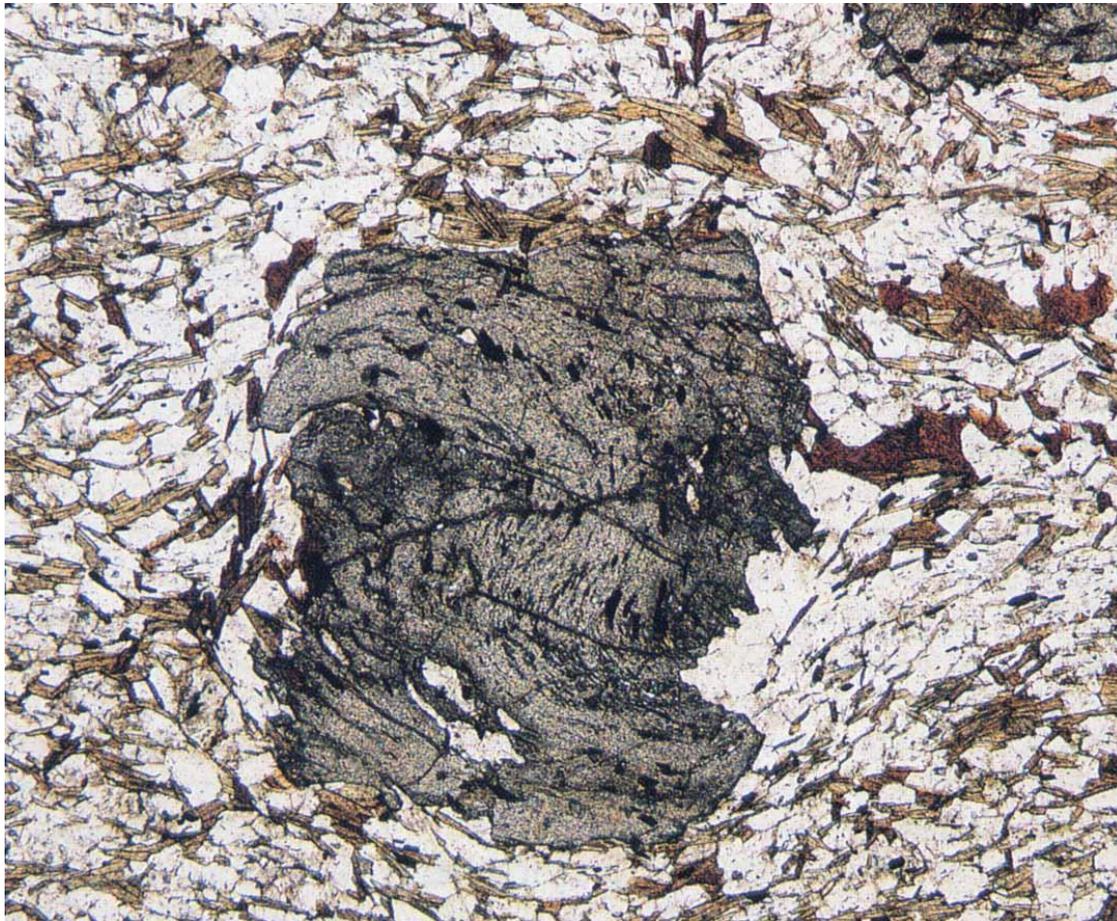
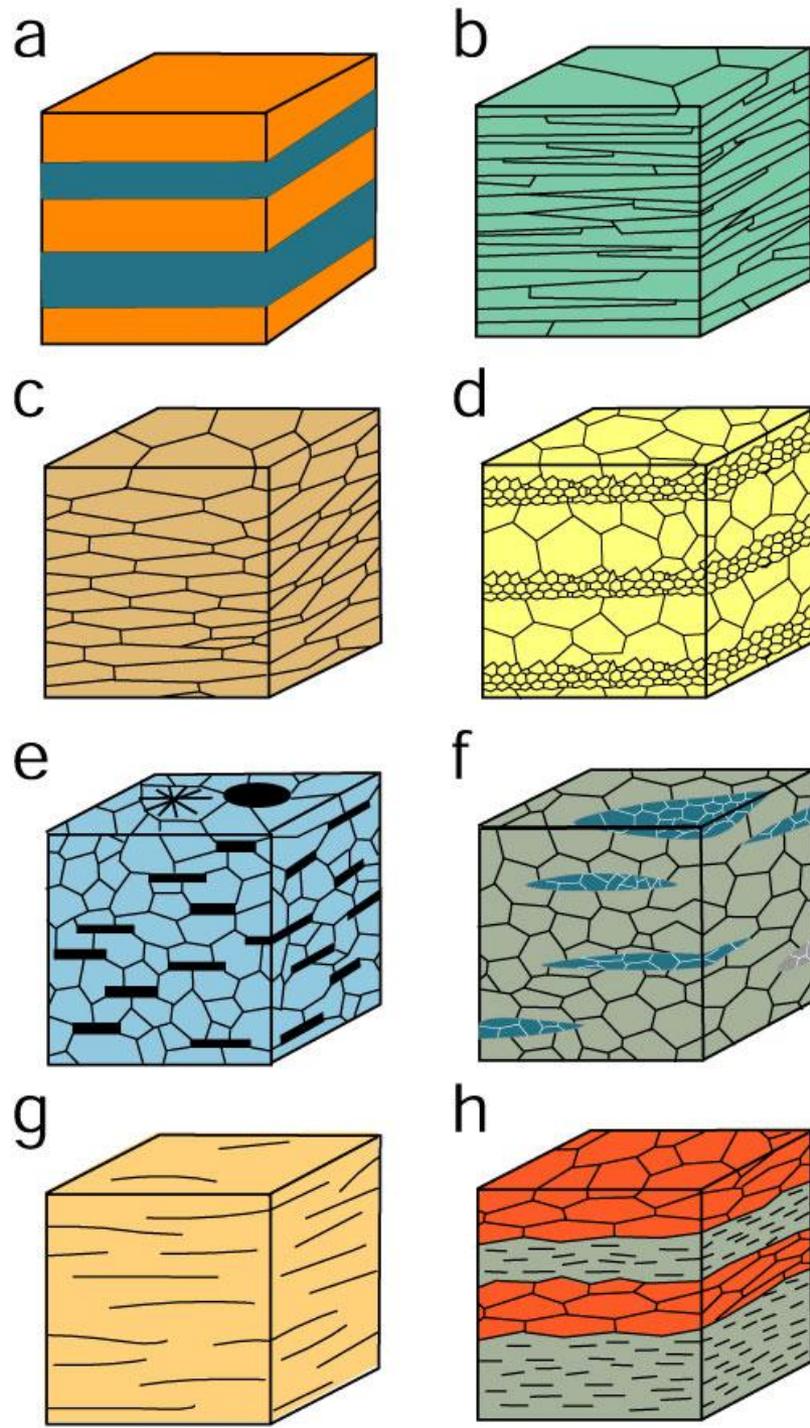


Текстуры и структуры метаморфических горных пород



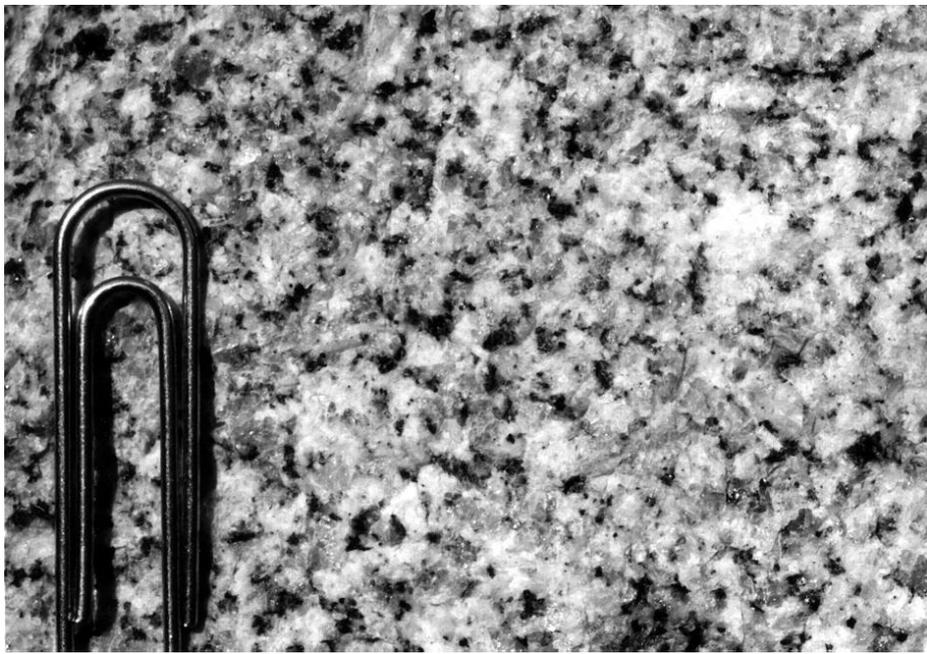
Текстуры

- Текстуры формируются за счет процессов метаморфизма **или** являются реликтовыми (унаследованными). Поскольку метаморфизм часто происходит в условиях бокового давления (стресса), то наиболее распространенными текстурами метаморфических пород являются директивные, т. е. ориентированные.

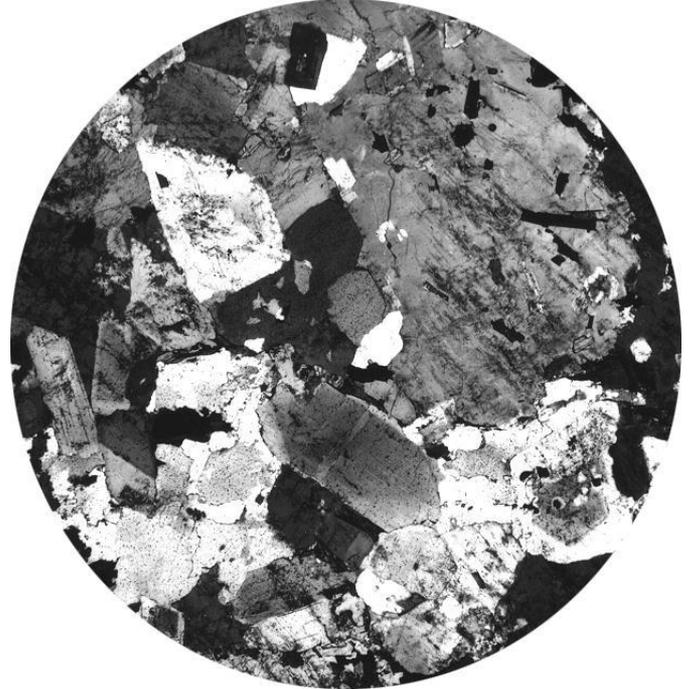


- *Текстуры метаморфических пород отражают распределение минералов в пространстве, определяющее внешний облик породы. Это массивная или пятнистая текстура контактовых роговиков, сланцеватая или пльчатая для слюдистых и актинолитовых сланцев, гнейсовая или гнейсовидная для гнейсов и гранитогнейсов, полосчатая для мигматитов. Образование сланцеватых и гнейсовых текстур обусловлено ростом минералов при ориентированном давлении. На гранях зерен, где давление выше, минерал растворяется и переотлагается в «тенях давления» - в направлении более низкого давления.*

- Особый тип структур и текстур возникает при дислокационном или катакластическом метаморфизме. Катаклаз проявляется при снижении температур и активизации бокового давления, когда пластические деформации вновь сменяются хрупкими. Краевые части минералов крошатся, перетираются, кварц образует линзы, обтекающие обломки. По степени разрушения и крупности обломков различают **брекчии, катаклазиты и МИЛОНИТЫ.**
- *Милониты* бывают настолько тонкозернистые, что неразличим предшествующий катаклазу облик породы. Так часто милонитизированные граниты при картировании принимают за вулканические породы – порфириты



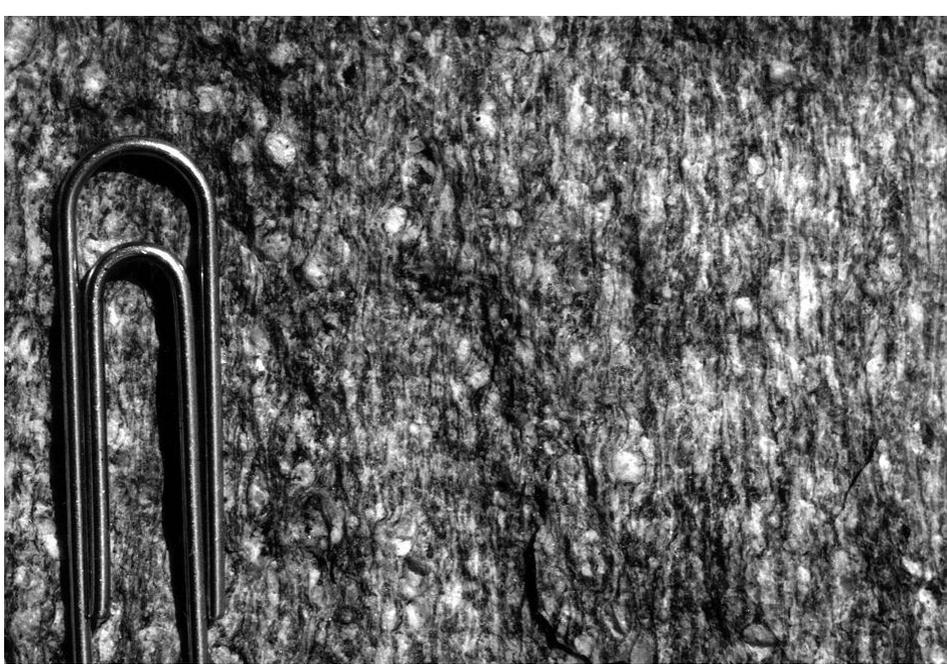
a



b



Figure 23.15. Progressive mylonitization of a granite. From Shelton (1966). *Geology Illustrated*. Photos courtesy © John Shelton.



c



d

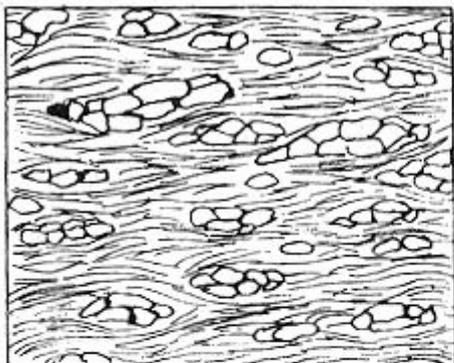


Figure 23.15. Progressive mylonitization of a granite. From Shelton (1966). *Geology Illustrated*. Photos courtesy © John Shelton.

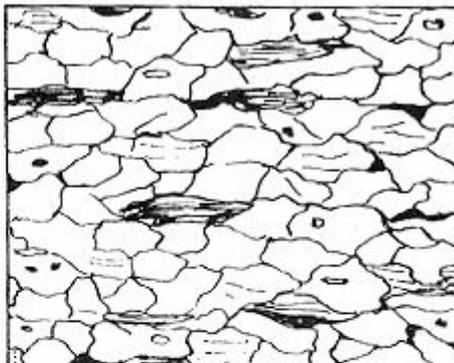
Текстуры МП

- МАССИВНАЯ
- ПЯТНИСТАЯ
- ДИРЕКТИВНЫЕ (СЛАНЦЕВАТАЯ, ГНЕЙСОВИДНАЯ, ПОЛОСЧАТАЯ, ЛИНЗОВИДНО-ПОЛОСЧАТАЯ, ПЛОЙЧАТАЯ)

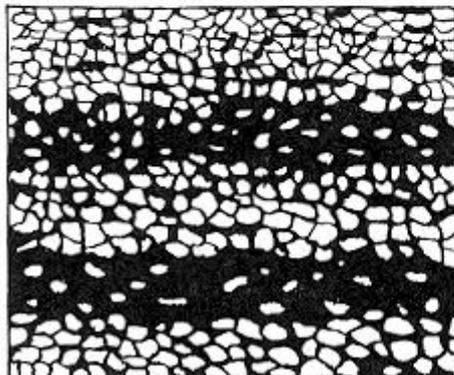
а



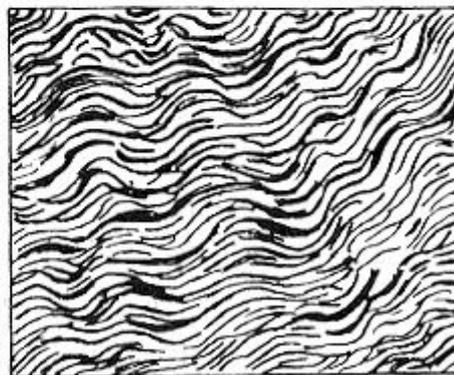
б



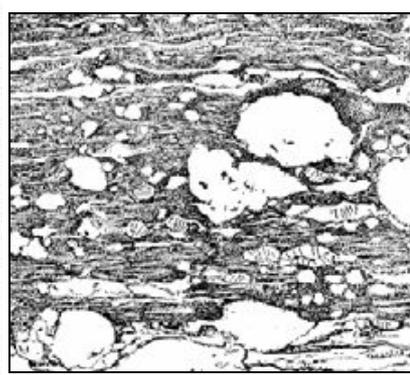
д



в



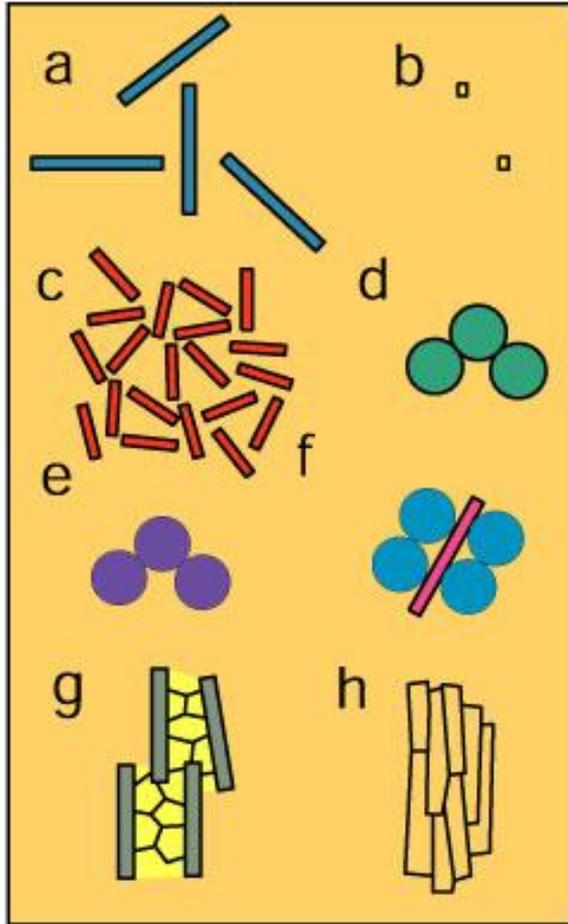
г



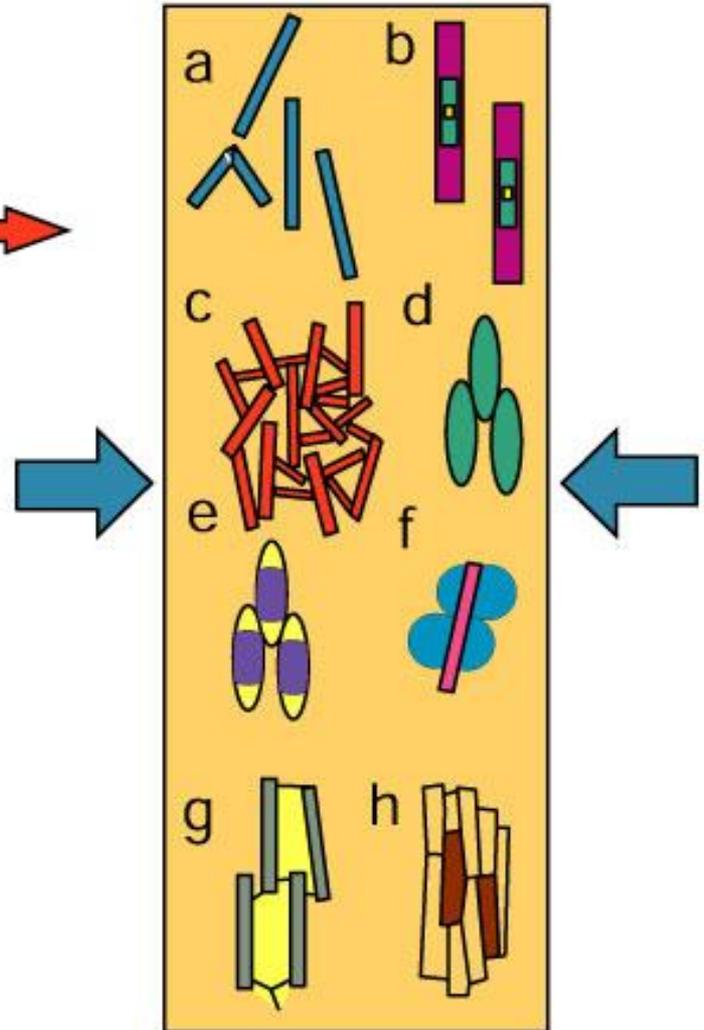
е

Текстуры метаморфических пород (по Богатикову и др., 2001): **а** – сланцеватая; **б** – гнейсовидная; **в** – полосчатая; **г** – плойчатая. Катаклизиты: **д** – брекчия; **е** – очковый гнейс

before deformation

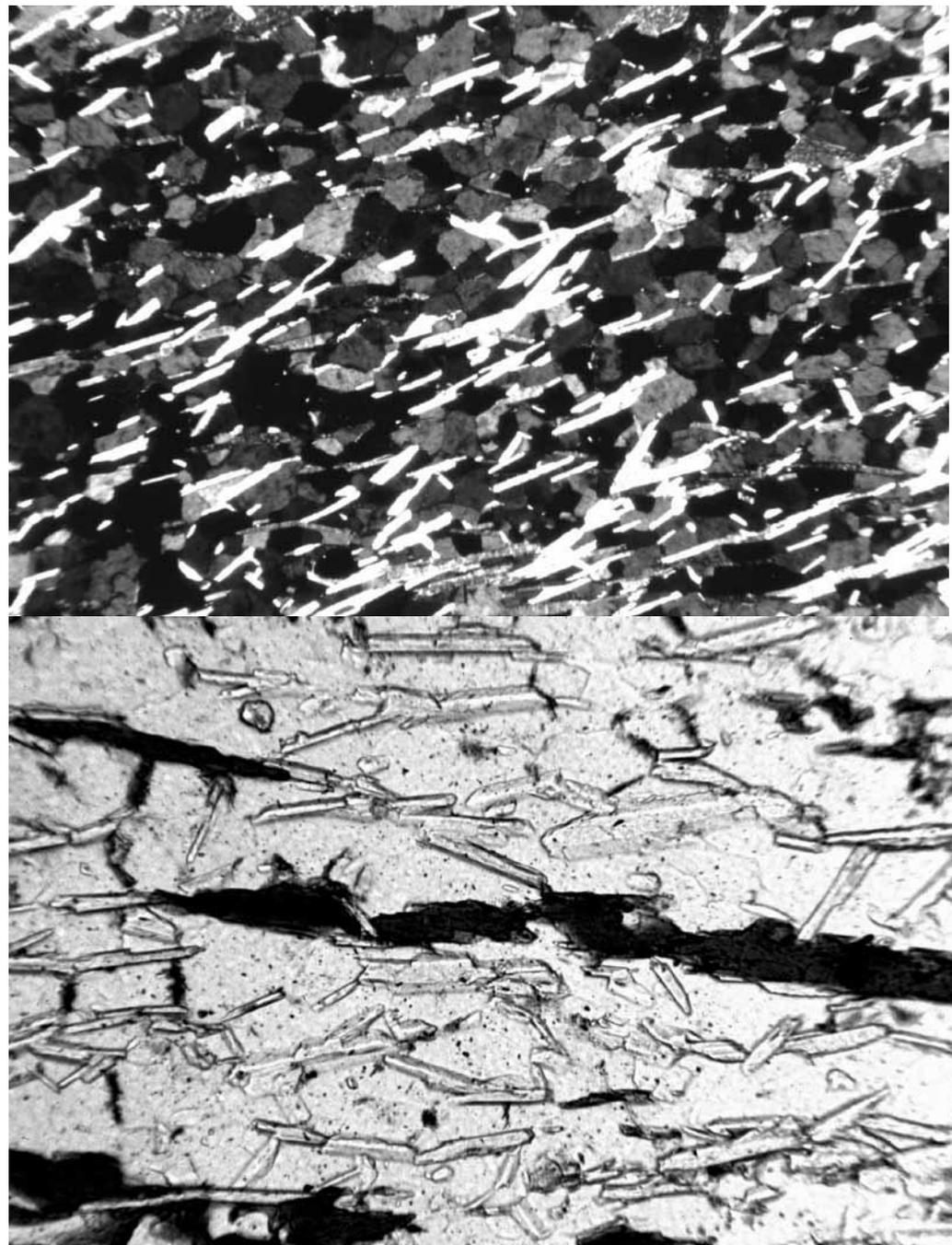


after deformation



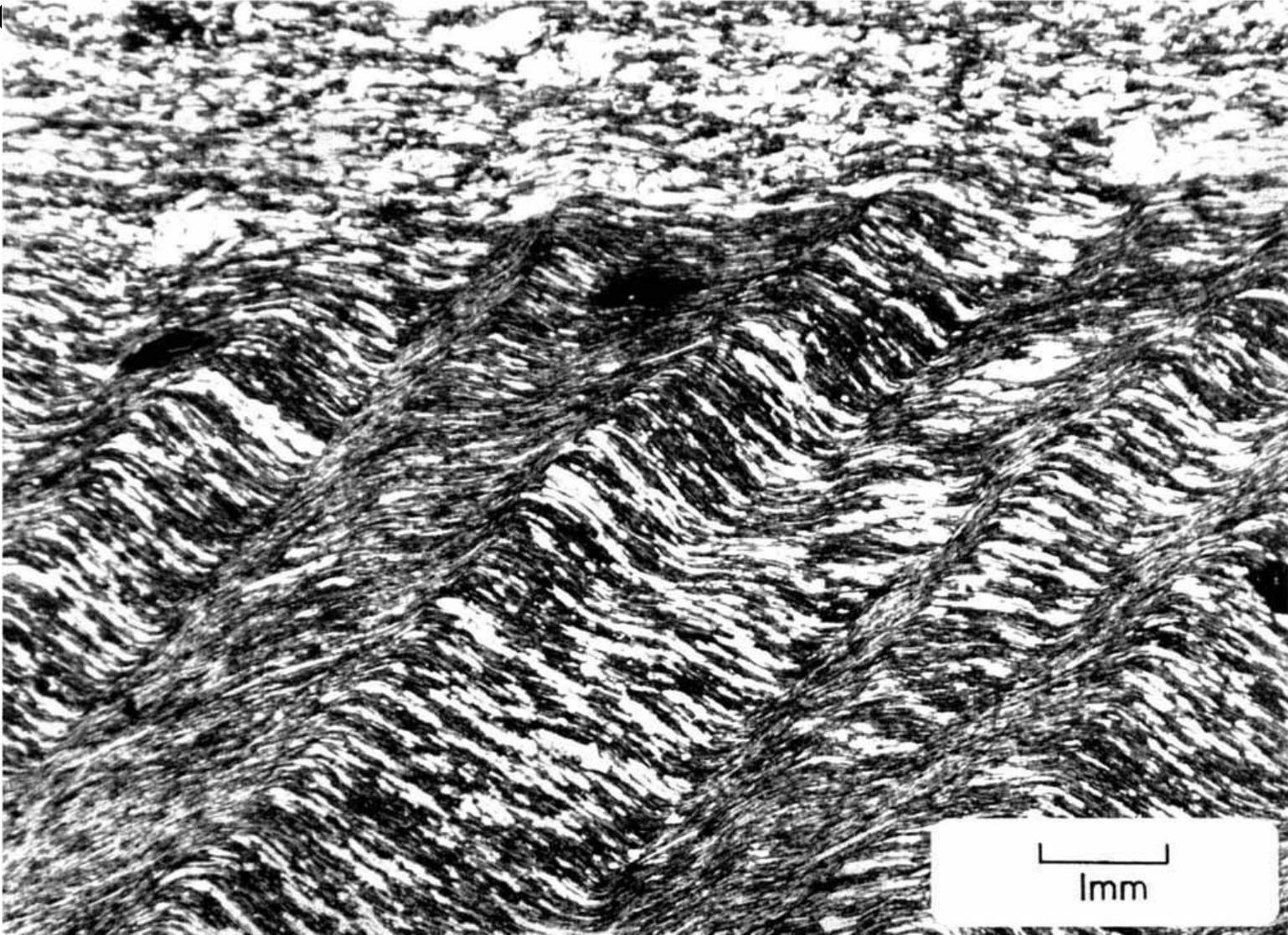
Текстуры

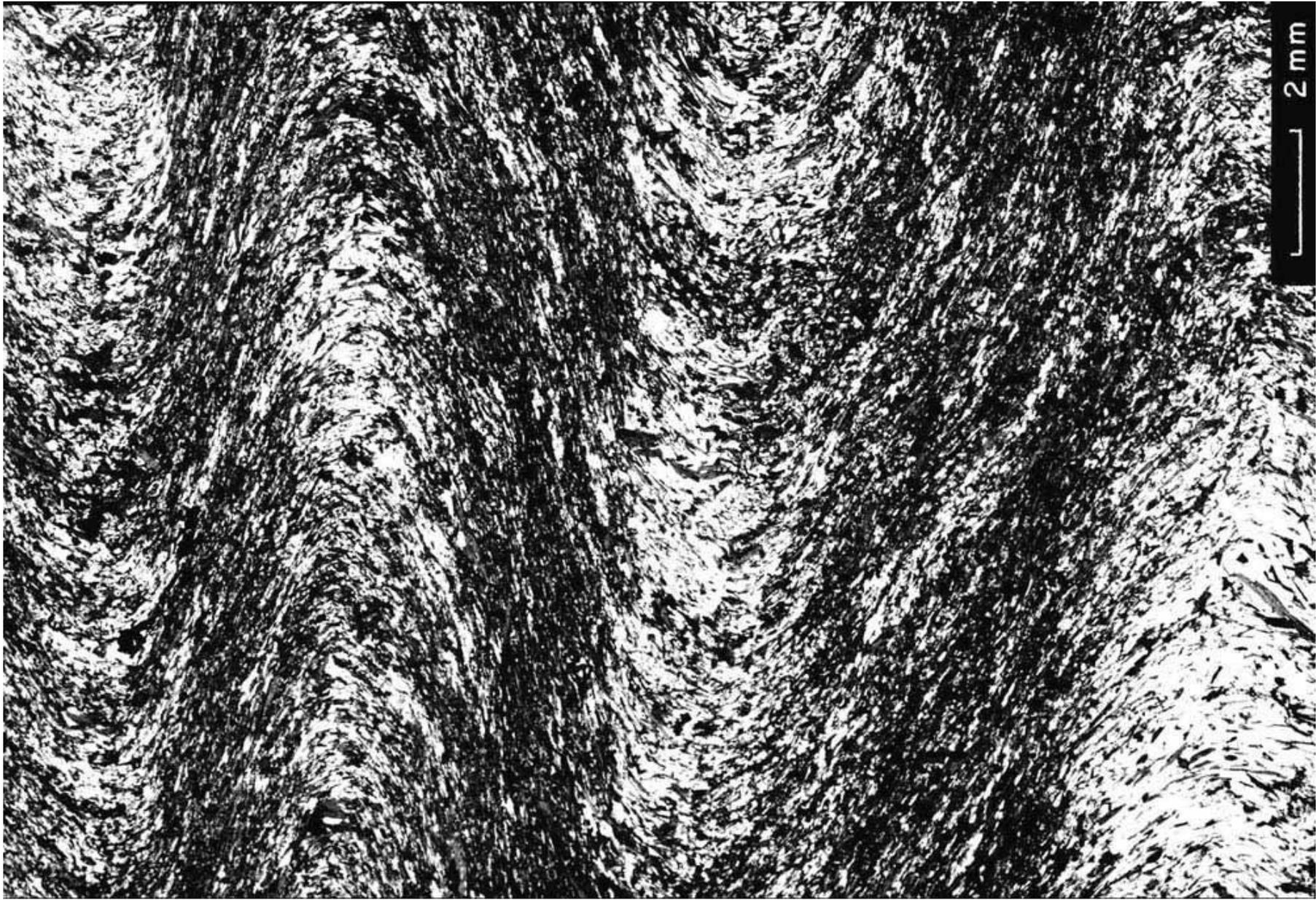
- Среди директивных преобладает *сланцеватая* текстура, когда выделения всех минералов вытянуты в одном направлении. Очень часто метаморфические породы сланцеватой текстуры одновременно обладают также *полосчатой* или *линзовидно-полосчатой* текстурой.



Текстуры

- При микроскладчатости в метаморфических породах образуются мелкие пльйки и возникает *пльичатая* тект





Текстуры

Очковый гнейс

- При наличии в метаморфических породах крупных выделений отдельных минералов или групповых скоплений минералов возникает *очковая* текстура. И, наконец, отдельные типы метаморфических пород обладают равномерным распределением всех составляющих их компонентов, т.е. имеют *массивную* текстуру.

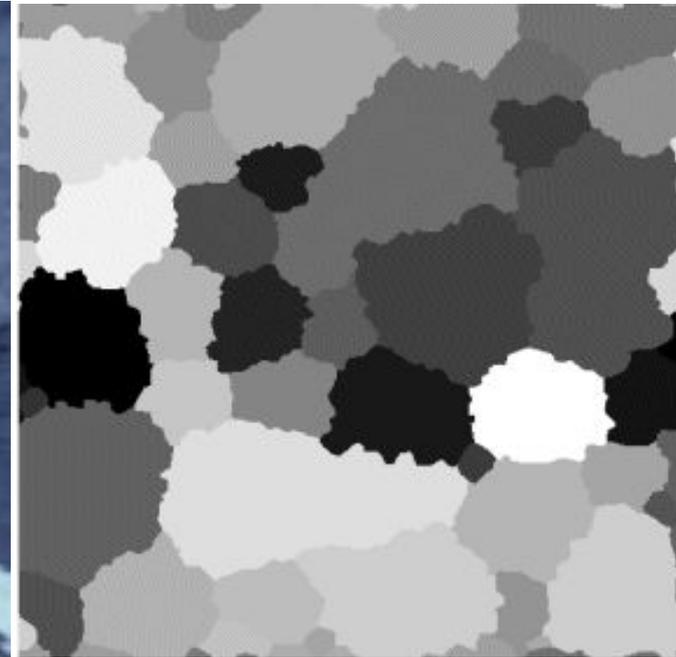
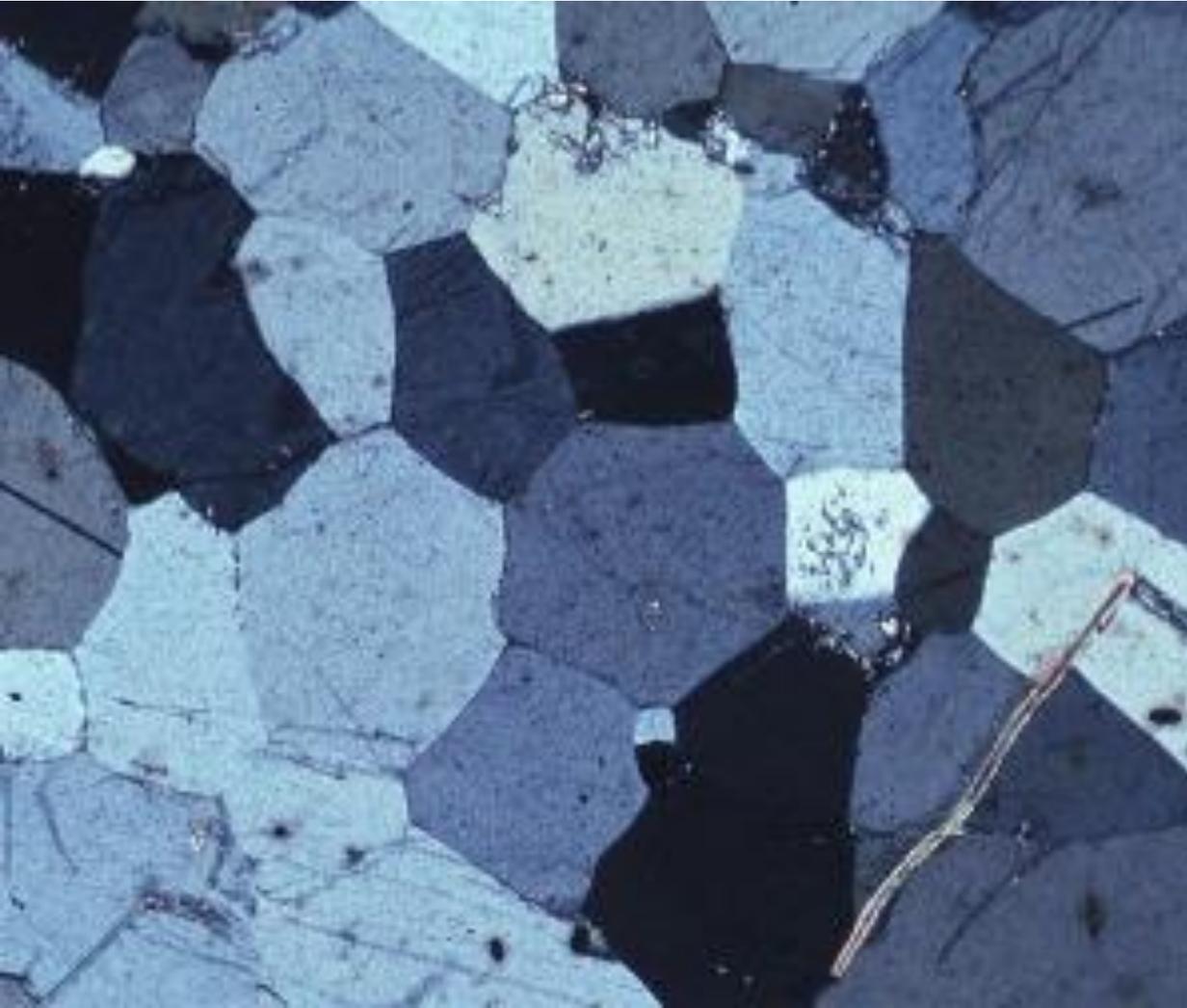


Структуры

- Большинство структур метаморфических пород являются *бластовыми*, когда все минералы растут одновременно в твердом состоянии при наличии растворов. Кроме того, структуры делятся по абсолютным и относительным размерам минералов. В первом случае принята размерность, установленная для магматических пород. Мелкозернистые породы имеют величину зерен до 1 мм, среднезернистые от 1 до 5 мм и крупнозернистые свыше 5 мм. По относительным размерам минералов различают *гомеобластовую* (размер всех выделений одинаков) и *гетеробластовую* структуры (размер слагающих породу минералов различен). Если в метаморфических породах наблюдаются очень крупные выделения одного или нескольких минералов, то такая структура называется *порфиробластовой*, а крупные выделения порфиробластами.

Структуры

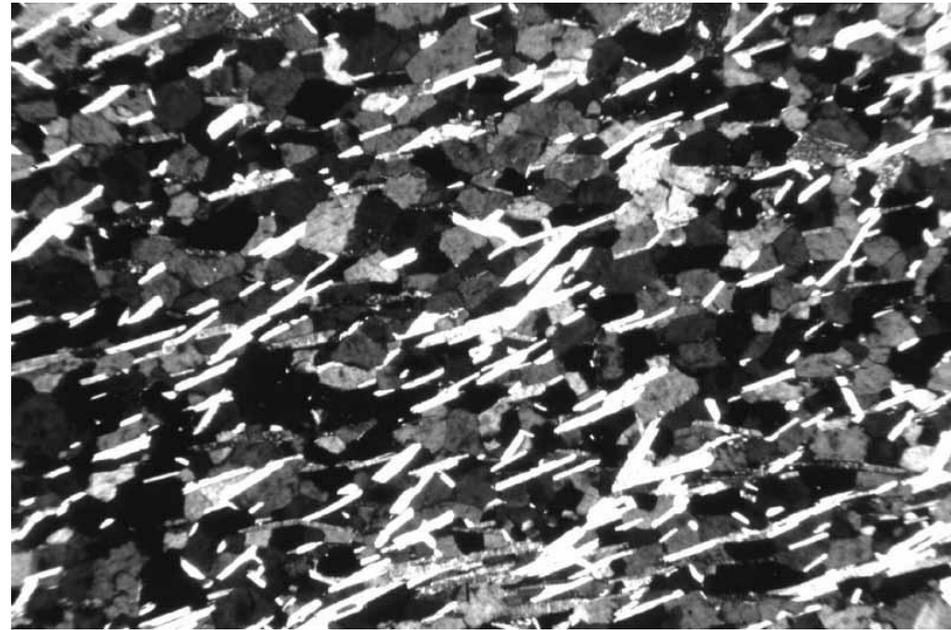
По форме слагающих минералов в метаморфических породах выделяют *гранобластовую* структуру, когда минералы образуют зерна относительно одинакового размера, имеющие округлые или изрезанные контуры.



гранобластовая

Структуры

- *Лепидобластовая* структура характеризуется преобладанием листоватых минералов (слюда, хлорит).
- Очень часто две структуры встречаются совместно и тогда общую структуру породы следует назвать как *гранолепидобластовой* или *лепидогранобластовой* в зависимости от того, какая форма преобладает



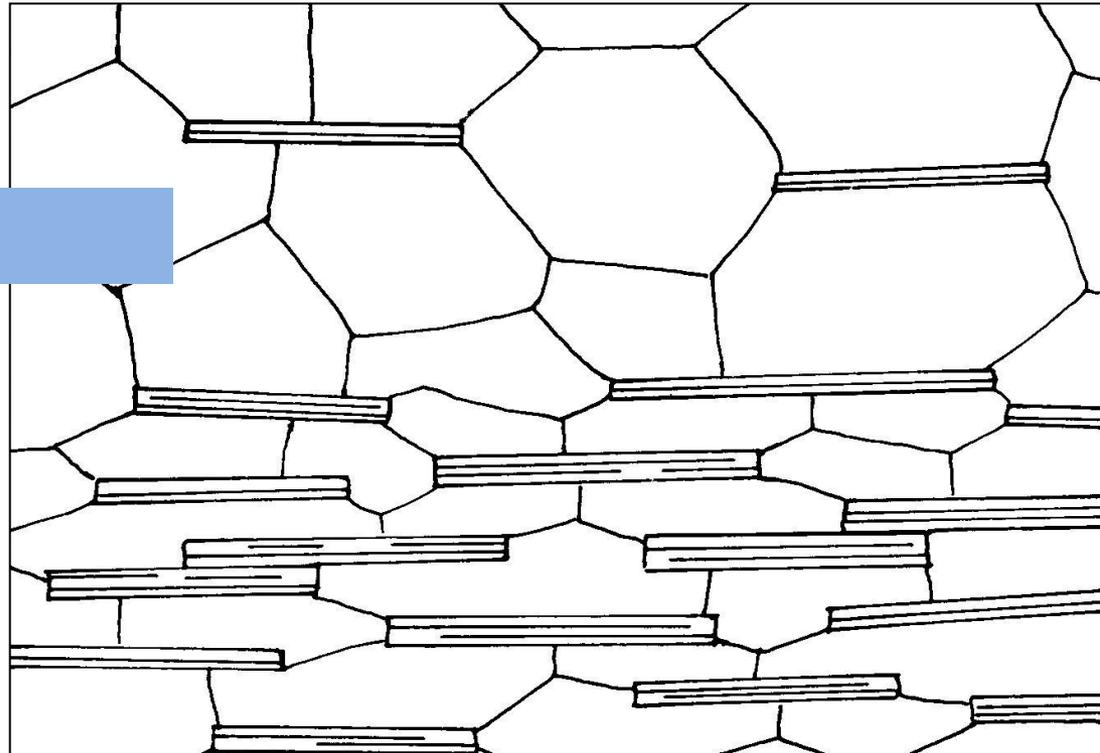
лепидогранобластовая

(на втором месте стоит преобладающий

Структуры

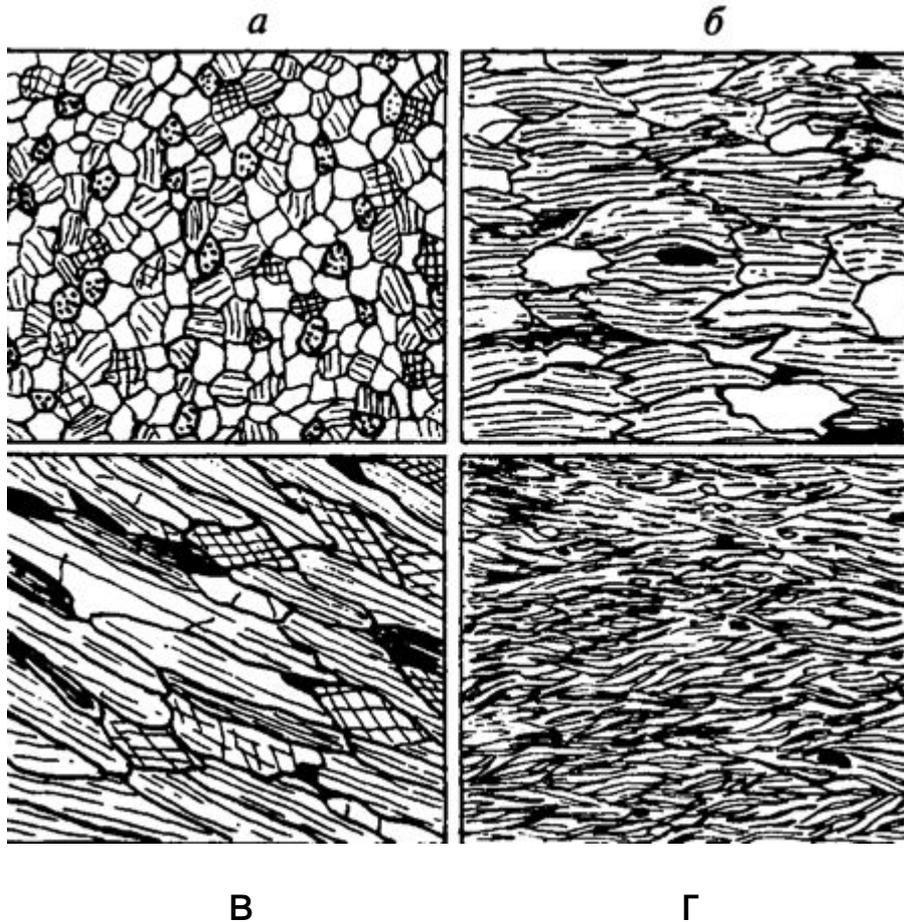
- Если в метаморфической породе присутствуют минералы призматической или игольчатой формы (силлиманит, амфибол), то такая структура носит название *нематобластовая*.

Нематогранобластовая
структура



Структуры

- Фибробластовая – агрегат волокнистых кристаллов (волокнистый силлиманит, амфибол и т.п.)
- Порфиробластовая – крупные зерна (порфиробласты) выделяются на фоне м/з массы породы
- Пойкилобластовая- порфиробласты содержат мелкие вростки минералов из основной массы породы



Структуры метаморфических пород, обусловленные формой зерен минералов (по Богатикову и др., 2001):
а – ***гранобластовая***;
б – ***лепидобластовая***;
в – ***нематобластовая***;
г – ***фибробластовая***.

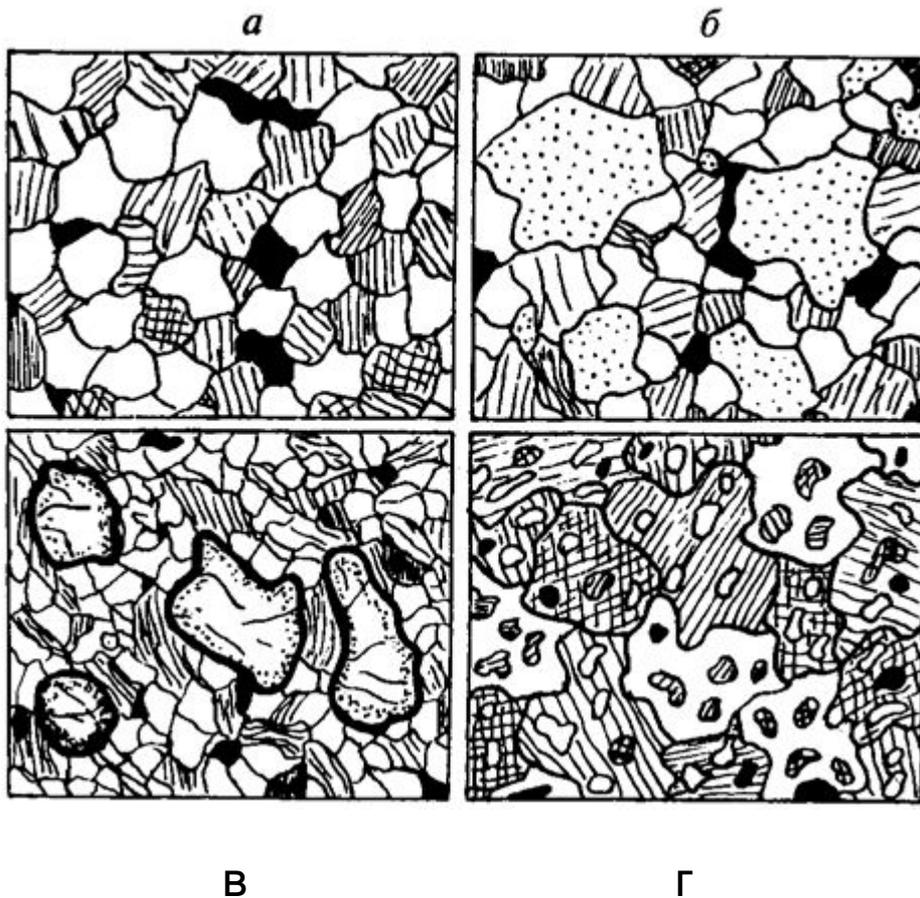
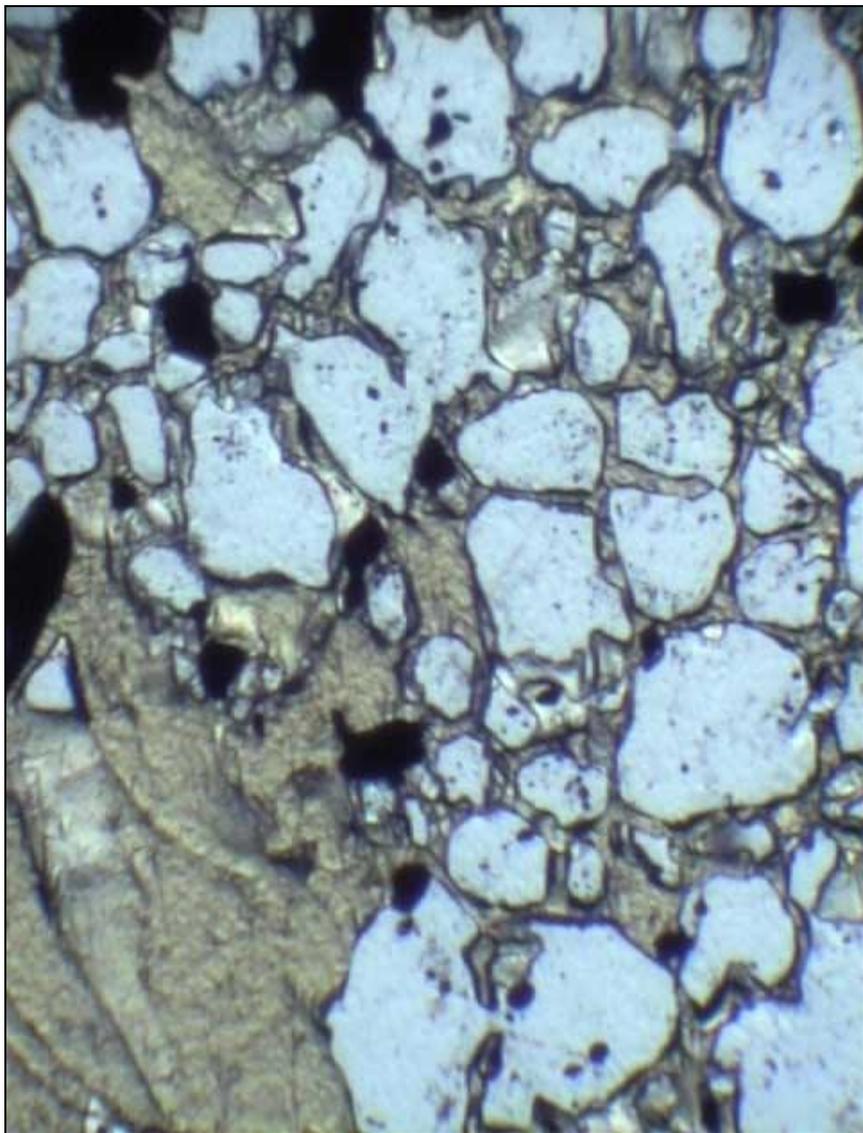


Рис. 10.2 Структуры метаморфических пород, обусловленные относительно размерами слагающих их минералов:

- а*** – равнозернистая;
- б*** – гетеробластовая;
- в*** – порфиробластовая;
- г*** – пойкилобластовая



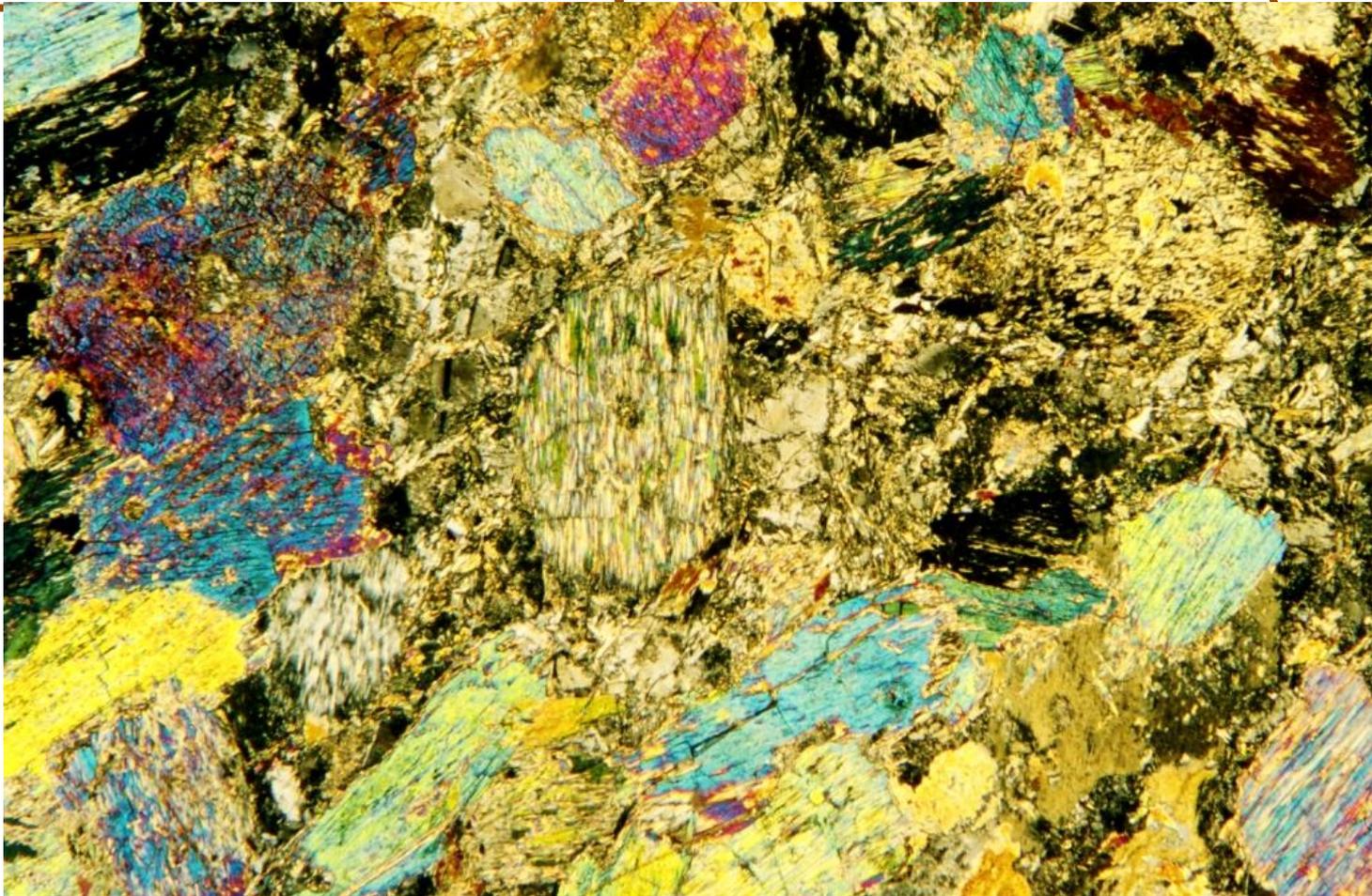
Пойкилобластов
ая



Порфиробластов
ая

Структуры

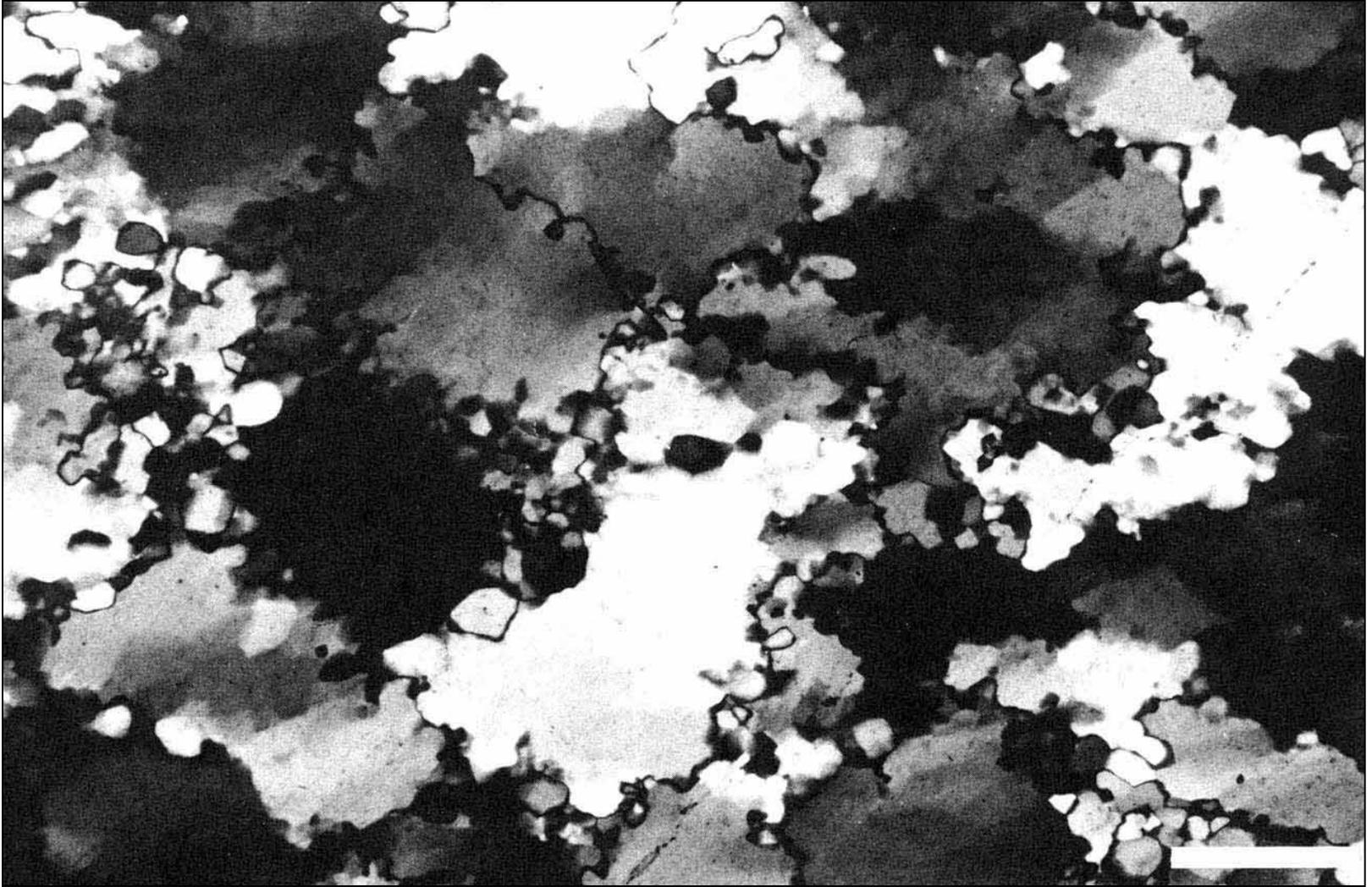
- Если в МП сохраняются структуры исходных пород (протолита), их называют **палимпсестовыми бластоструктурами** (бластогаббровая, бл



Структуры

- Если в метаморфической породе сохранилась реликтовая порфировая структура исходной лавы, то структура будет **бластопорфировая**. При сохранении в метаморфической породе реликтовой диабазовой структуры, она будет называться **бластодиабазовой**, при наличии реликтовой обломочной структуры песчаников структура метаморфической породы определяется как **бластопсаммитовой**.

Структуры



Рекристаллизация.

Структуры

- Для метаморфических пород, образующихся при контактовом метаморфизме, типична *роговиковая* структура.
- Последняя может быть охарактеризована как микрогранолепидобластовая; наиболее важным ее отличием является изометричный облик зерен и наличие взаимных включений одного минерала в другом.
- При наличии в роговиках порфиробластов, последние обладают *ситовидной* структурой, так как они содержат большое количество мелких округлых зерен других минералов.

- Разнообразные структуры формируются благодаря различным скоростям роста кристаллов минералов вдоль различных направлений и на разных гранях при общем стремлении метаморфической породы вблизи состояния равновесия к минимальной поверхности межзерновых границ (но в условиях мощного одностороннего давления).
- Гранобластовые структуры характерны для пород, сложенных изометричными по форме минералами. В таких породах форма зерен близка к 5-6-угольникам, так как это дает наименьшую площадь поверхности. Гранаты и полевые шпаты имеют близкие скорости роста разных граней. Но медленный рост граната и его высокая плотность приводит к «прокручиванию» порфиробласт граната при деформации породы с образованием своеобразных зерен с формой «снежного кома».
- Ставролит, хлоритоид, амфиболы имеют быстро растущие конечные грани, что приводит к образованию вытянутых кристаллов и соответствующим структурам

Syn-kinematic crystals



Figure 23.38.

“Snowball garnet”
with highly rotated
spiral S_i .

Porphyroblast is ~ 5
mm in diameter.

From Yardley *et al.*
(1990) *Atlas of
Metamorphic Rocks
and their Textures.*

Longmans.

Перекристаллизация

- Все минералы метаморфических пород растут одновременно в твердой среде при наличии растворов. И большую роль при процессе перекристаллизации пород играет сила кристаллизации, которая различна не только для каждого минерала, но, как показали экспериментальные исследования, и для отдельных кристаллографических направлений в кристалле.

кристаллобластический ряд

- Австрийский ученый Ф.Бекке распределил все минералы регионально-метаморфизованных пород по убывающей силе кристаллизации или энергии роста и тем самым определил так называемый кристаллобластический ряд. В сокращенном виде этот ряд выглядит следующим образом:
- **акцессорные минералы → гранат → ставролит → кианит → пироксены → роговая обманка → слюды → кварц → плагиоклазы и калиевые полевые шпаты.**
- В то же время имеется большое количество исключений из этого ряда. Во-первых, пироксены и амфиболы имеют значительно большую силу кристаллизации вдоль оси *C*, и поэтому у них всегда хорошо выражены грани призмы. Аналогичным свойством обладают и кристаллы слюд, хлоритоида, андалузита и ставролита, которые тоже имеют резко выраженные кристаллические грани, параллельные направлению удлинения или плоскости сплющивания.

Кристаллобластический ряд

Более

Most Euhedral
идiomорфные

Titanite, rutile, pyrite, spinel

Garnet, sillimanite, staurolite, tourmaline

Epidote, magnetite, ilmenite

Andalusite, pyroxene, amphibole

Mica, chlorite, dolomite, kyanite

Calcite, vesuvianite, scapolite

Feldspar, quartz, cordierite

Least Euhedral

Менее

идiomорфные

- Наблюдения за расположением и величиной включений в порфиробластах минералов позволяют восстановить историю формирования и условия перекристаллизации метаморфических пород. Так порфиробласты минералов, обладающих большей силой кристаллизации, содержат включения основной ткани сланца, а так как все минералы в метаморфических породах растут одновременно, то в центре крупных порфиробласт наблюдается большое количество мелких включений основной ткани. По мере роста порфиробластов количество включений уменьшается, поскольку сила его роста увеличивается и он «сбрасывает» ненужный для его образования материал. Одновременно растет размер зерен основной ткани и поэтому величина включений к периферии порфиробластов несколько увеличивается. И, наконец, в краевых частях порфиробластов включения основной ткани вообще отсутствуют, что говорит о большой силе роста порфиробластов на конечных этапах перекристаллизации.

- Установлено, что при росте в условиях бокового давления (стресса) порфиробласты испытывают вращательные движения, которые часто фиксируются S-образной формой распределения в них включений основной ткани сланца. Такая структура роста порфиробластов получила название структуры «снежного кома». Иногда порфиробласты, испытывая резкие вращательные движения, одновременно изгибаются и образуют кристаллы коленчатой формы, развивающиеся в плойках сланцев.

Syn-kinematic crystals

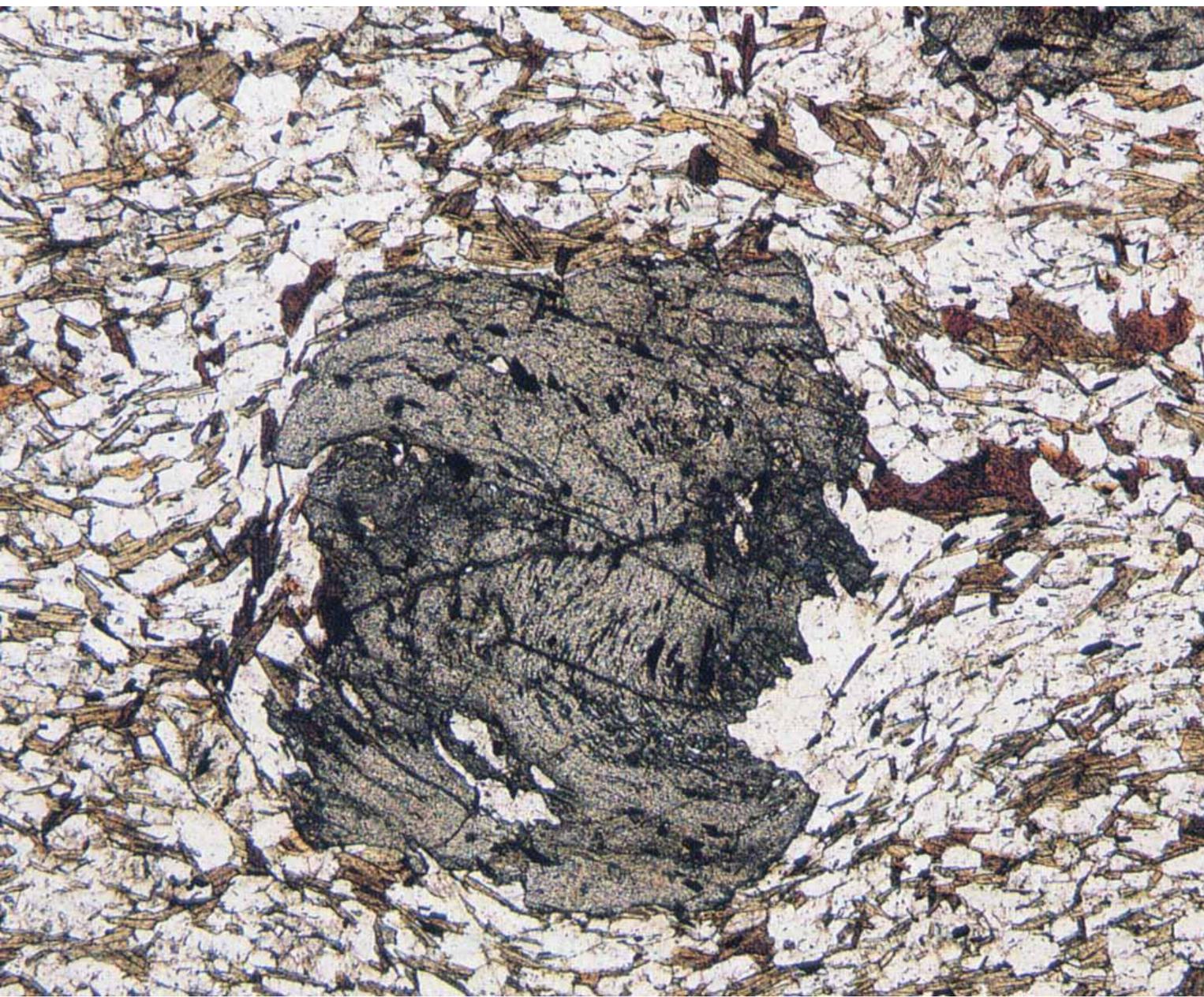


Figure 23.38. Spiral S_1 train in garnet, Connemara, Ireland. Magnification $\sim 20\times$. From Yardley *et al.* (1990) *Atlas of Metamorphic Rocks and their Textures*. Longmans.

Syn-kinematic crystals

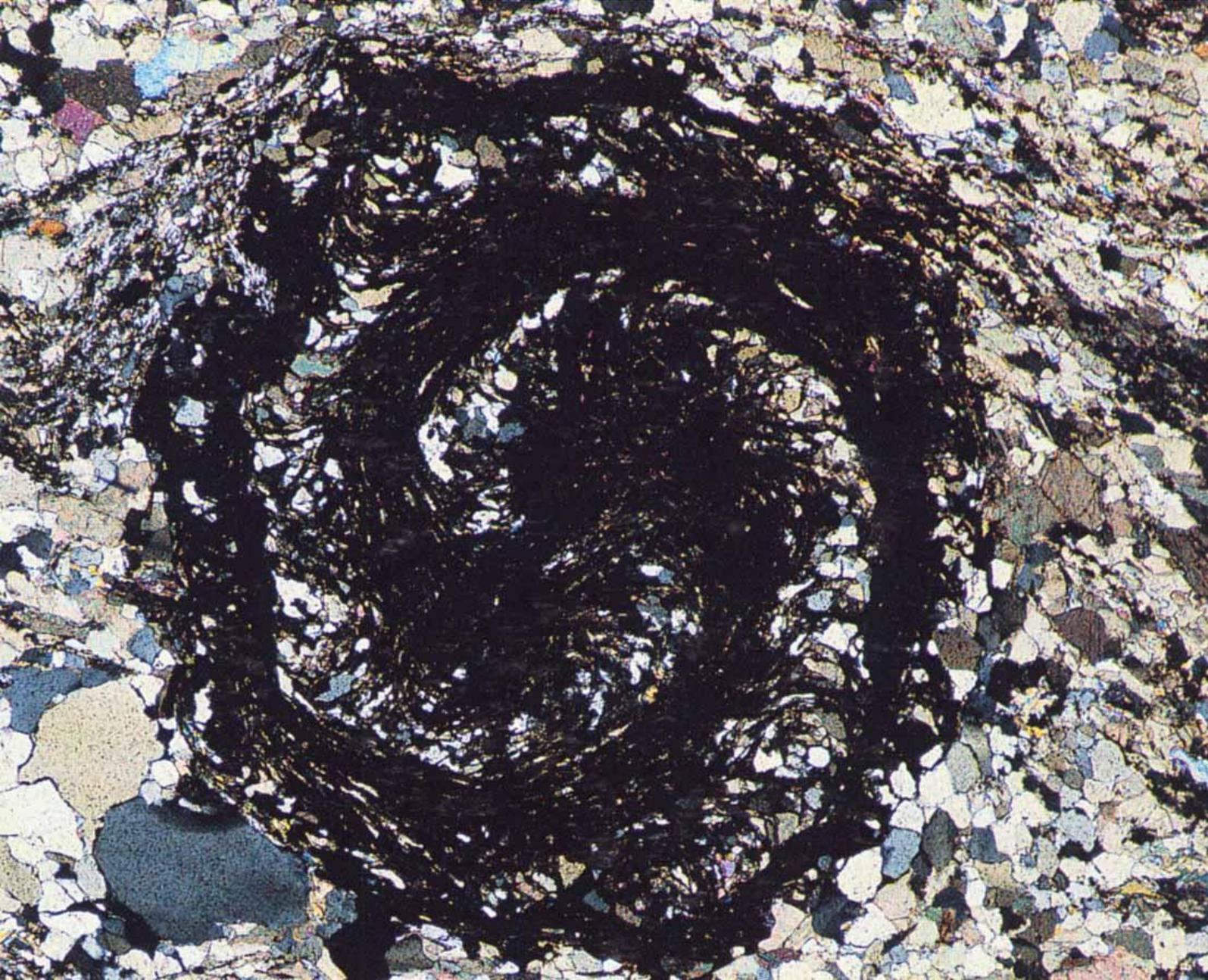


Figure 23.38.

“Snowball garnet”
with highly rotated
spiral S_i .

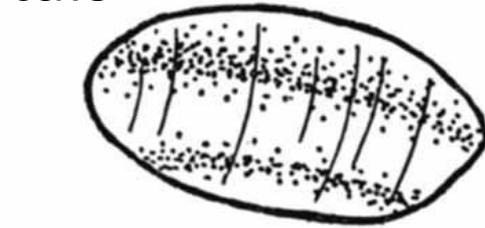
Porphyroblast is ~ 5
mm in diameter.

From Yardley *et al.*
(1990) *Atlas of
Metamorphic Rocks
and their Textures.*

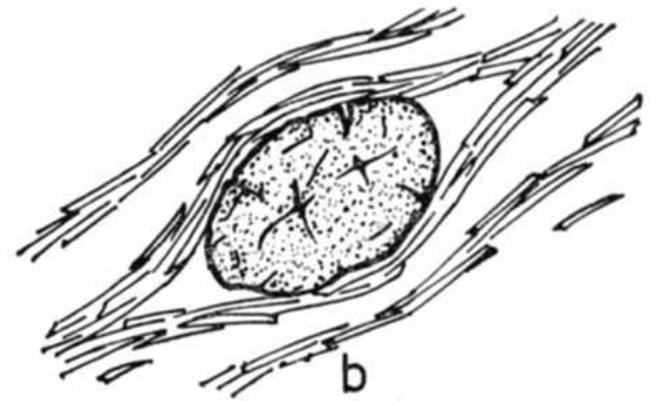
Longmans.

Pre-kinematic crystals

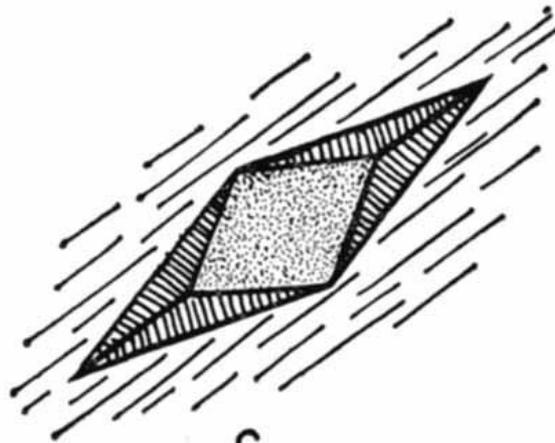
- a. Bent crystal with undulose extinction
- b. Foliation wrapped around a porphyroblast
- c. Pressure shadow or fringe
- d. Kink bands or folds
- e. Microboudinage
- f. Deformation twins



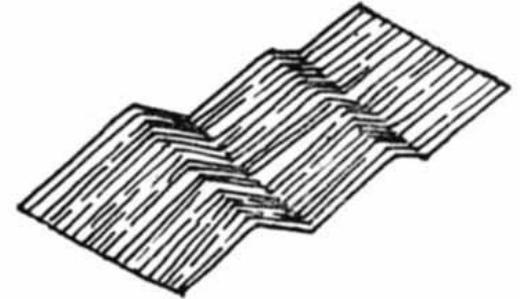
a



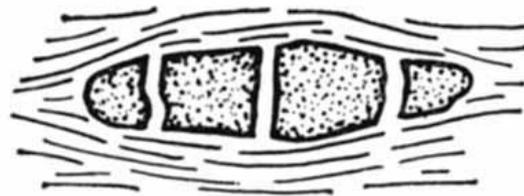
b



c



d



e



f

Figure 23.34. Typical textures of pre-kinematic crystals. From Spry (1969) *Metamorphic Textures*. Pergamon. Oxford.

Post-kinematic crystals

a. Helicitic folds **b.** Randomly oriented crystals **c.** Polygonal arcs **d.** Chiasmolite **e.** Late, inclusion-free rim on a poikiloblast (?) **f.** Random aggregate pseudomorph

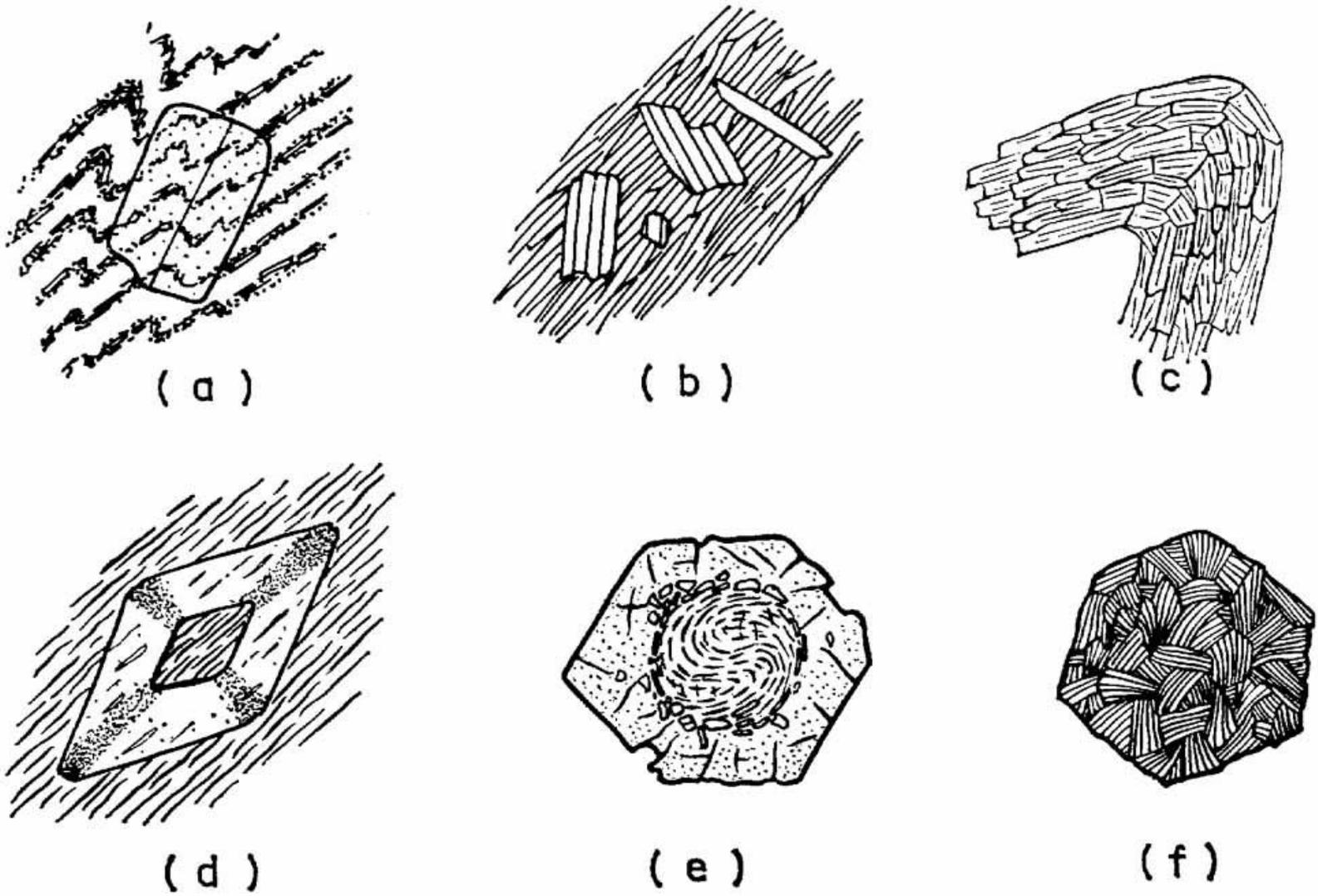


Figure 23.35.
Typical textures
of post-kinematic
crystals. From
Spry (1969)
*Metamorphic
Textures.*
Pergamon.
Oxford.

- Изучение взаимоотношений порфиробластов с основной тканью сланцев показывает, что в процессе роста порфиробласты как бы расталкивают основную ткань сланца, которая обтекает их, и в результате образуется сгущение полосок листоватых минералов. Одновременно вблизи порфиробластов, как бы под их защитой, создаются наиболее благоприятные условия для перекристаллизации основной ткани сланца и возникают так называемые «дворики растяжения», состоящие из более крупных выделений тех же минералов. «Дворики растяжения» часто возникают между двумя порфиробластами в участках, где они наиболее сближены.

- Перекристаллизация горных пород большей частью происходит в условиях стресса. Влияние стресса на рост минералов в метаморфических горных породах было исследовано в 40-ых годах А. Харкером, который подразделил все минералы на две группы: стресс-минералы и антистресс-минералы. Стресс-минералами он предложил называть такие минералы, область устойчивости которых на диаграмме «давление - температура» увеличивается в условиях стресса. К антистресс-минералам он отнес минералы, поля устойчивости которых в аналогичных условиях уменьшаются.
- Экспериментальные данные показали, что антистресс-минералы имеют механически неустойчивую решетку, не способную противостоять сильному стрессу. Что же касается стресс-минералов, то они обладают, вследствие надлежащей структуры решетки и высокой плотности упаковки ионов, устойчивостью под действием стресса. Наиболее устойчивыми минералами при стрессе являются хлоритоид и кианит, а также слюды, хлориты, тальк.

- Широко развитую сланцеватость нельзя рассматривать только как перекристаллизацию в условиях бокового сжатия. Стресс может предшествовать перекристаллизации и подготовить ткань пород к ориентированной перекристаллизации. В этом случае сланцеватость будет отраженной, что подтверждается неориентированным распределением порфиробластов минералов, обладающих большой способностью к кристаллизации при метаморфизме.

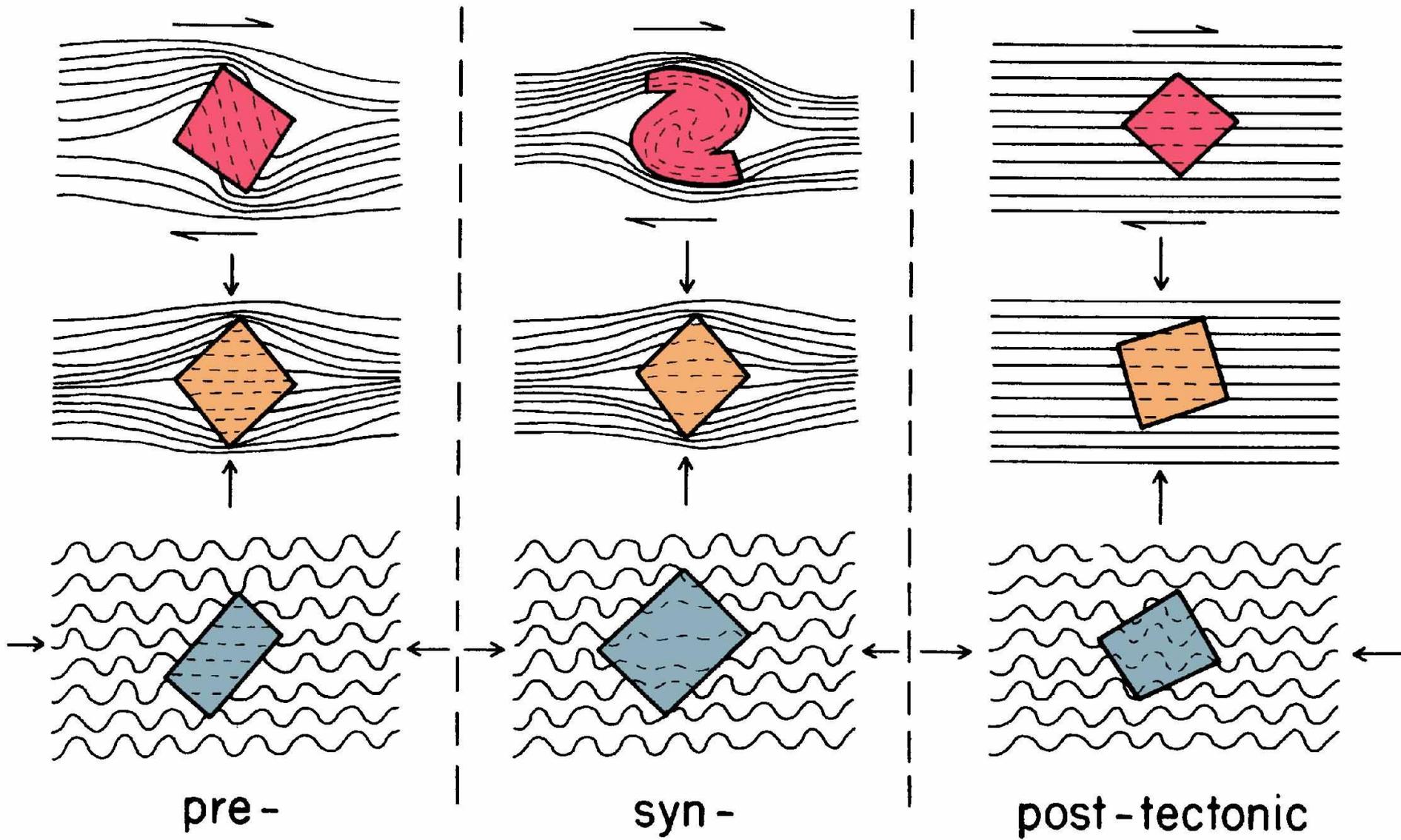


Figure 23.37. S_1 characteristics of clearly pre-, syn-, and post-kinematic crystals as proposed by Zwart (1962). **a.** Progressively flattened S_1 from core to rim. **b.** Progressively more intense folding of S_1 from core to rim. **c.** Spiraled S_1 due to rotation of the matrix or the porphyroblast during growth. After Zwart (1962) *Geol. Rundschau*, 52, 38-65.