

Стадии образования и изменения осадочных горных пород.

Ключевые слова и вопросы.

Метаморфизм. Виды и типы метаморфизма. Метасоматоз. Понятия и определения. Механизм метасоматоза. Метасоматоз как сквозной геологический процесс замещения в минералах и горных породах.

Стадия гипергенеза.

Ввел Ферсман в 1934 г.

По способу образования осадочные горные породы могут быть разделены на три группы:

- Терригенные – образуются путём накопления обломков ранее существующих пород.
- Хемогенные – породы образуются из осадков, выпавших из растворов.
- Органогенные – возникают за счёт жизнедеятельности организмов.

Схема образования осадочных горных пород



Выделяют три стадии изменения осадочных пород:

1. Стадия диагенеза (перерождение, преобразование).
2. Стадия катагенеза (эпигенеза).
3. Стадия метагенеза: а) ранний и начальный: б) поздний.

Конкреции. Вверху яшма из месторождения Калиновая (Урал). Внизу верхний ряд: слева – Павлодарский агат, самый нижний – урочеще Шанды Актюбинской области, гора Мугадачары (Южный Урал). Остальные из поймы р. Томск. Колл. О.А. Смоленцева, фото. В.Н. Сальникова.



**Конкреции. Фрактальные агаты месторождения
Адрасман. Таджикистан. Коллекция Смоленцева О.А.**

Фото. Сальникова В.Н.



Конкреция. Гематито-лимонитовая конкреция из четвертичных отложений в районе правого берега Томи в 10 км вверх по р. Томи от г. Томска. Коллекция В.Н. Сальникова.



**Карбонатные породы Бейской свиты (D) в районе оз.
Иткуль. Слева южная часть оз. Иткуль. Фото. В.Н.
Сальникова.**



Органогенный известняк состоящий из ракушек (класс *Articulata*, отряд *Spiriferida*). Бейская свита, расположенная между оз. Шира и оз. Иткуль. Коллекция лаборатории ПТЭС ТПУ. Фото. В.Н. Сальникова.



Кора выветривания углисто-глинистых сланцев карбона (вверху), в центре смяты в вертикальные складки. Стадия катагенеза. Лагерный сад, Правый берег р. Томи, г. Томск. Фото. А.С. Потылицына.



Таблица. Изменение давления с глубиной.

Глубина от поверхности,	Давление,	Температура, ⁰ С по
м	кг/см ²	геотермическому градиенту
100	27	3
500	135	15
1000	270	30
2000	540	60
3000	810	90
4000	1080	120
5000	1350	150
7000	1890	210
9000	2430	270
10000	2700	300
12000	3240	360
15000	4050	450

**Песчаник со следами предполагаемого удара грозового разряда (фульгурит).
Колл. А.Я. Пшеничкина. Фото. В.Н. Сальникова.**



**Гравелит из толщи конгломератов.
Кемеровская обл. Ижморский район, д. Б.
Златогорка. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.**



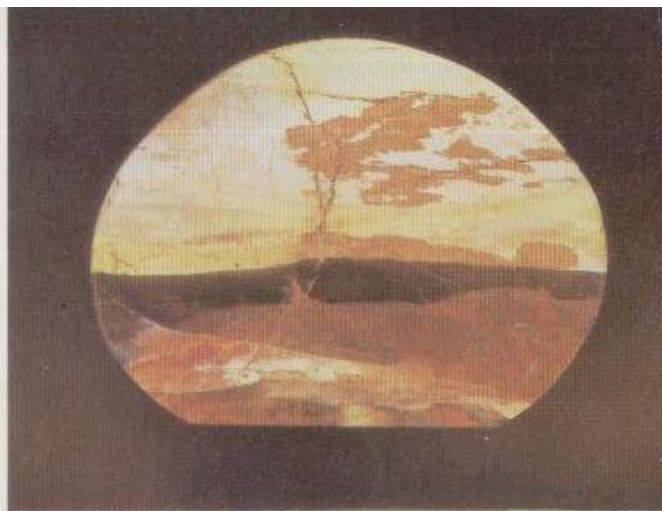
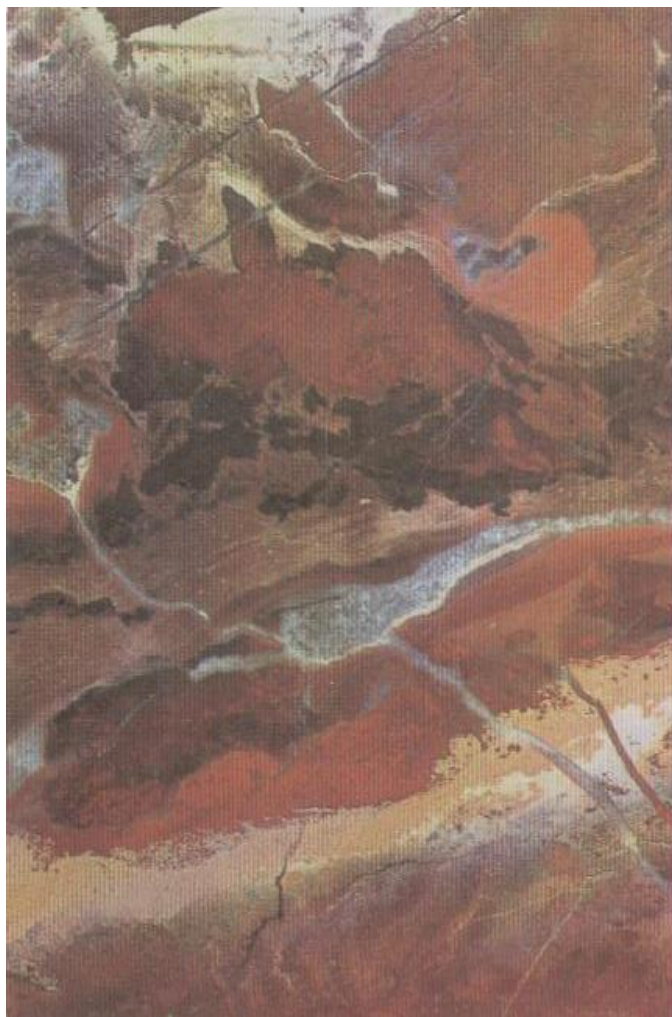
Происхождение Хим. состав	Хемогенные	Органогенные
1. Карбонатные CaCO_3 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ $\text{CaCO}_3 + 30\%$ глины	Известняк Доломит Мергель	Известняк
2. Галоидные и сернокислые NaCl $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ CaSO_4	Каменная соль Гипс Ангидрит	
1. Железистые $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$	Бурые железняки Fe-Mn конкреции	
4. Алюминийсодержащие $(\text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O})$	Каолиновые глины Бокситы (гиббсит, бёмит, диаспор. Латериты (строительный кирпич) ← красный цвет, кора выветривания	
5. Кремнистые (SiO_2) ; $(\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O})$	Лидит (черные кремнистые 92-93% г.п. с радиоляриями Фтанит (черная, кремнист. 95-98%) Яшма (нем. Jasper)	Трепел (нем. Trepel) Опока Диатомит
6. Фосфорсодержащие	Фосфориты	
7. Каустобиолиты (горючие)		Торф Бурый уголь Каменный уголь Горючие сланцы

В центре образец фтанита (темное). Слева катаклазтрованная яшма из Калиновского месторождения, справа и вверху пейзажные яшмы из Орского месторождения. Колл. О.А. Смоленцева. Фото. В.Н. Сальникова.



Пейзажные яшмы. «Удивительное в камне».

Фото. Н. Князевой, 1985

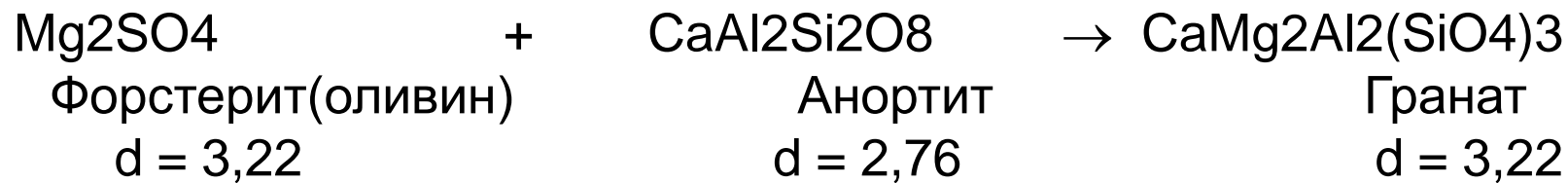


**Пейзажно-письменная яшма из Калиновского
месторождения. Колл. О.А. Смоленцева.
Фото. В.Н. Сальникова.**



Конкреция безрадиоляриевой яшмы из углисто-глинистых сланцев карбона. Район д. Коларово, Томский район, правый берег р. Томи. Колл. и фото В.Н. Сальникова.





Различают несколько видов и типов метаморфизма.

1. Локальный метаморфизм.

2. Региональный метаморфизм.

Локальный метаморфизм.

- Контактный – внедрение магматического расплава
- Автометаморфизм – воздействие постмагматических растворов и газов на магматические породы самой интрузии.
- Динамометаморфизм – катакластический, развивается под влиянием тектонических движений

**Катакластический динамометаморфизм представлен
гнейсом смятым в микроскладки. Колл. и фото.
В.Н.Сальникова.**



**Серпентинит, катаклазированный. Ак-Товракское
асбестовое месторождение. Колл. и фото В.Н.
Сальникова.**

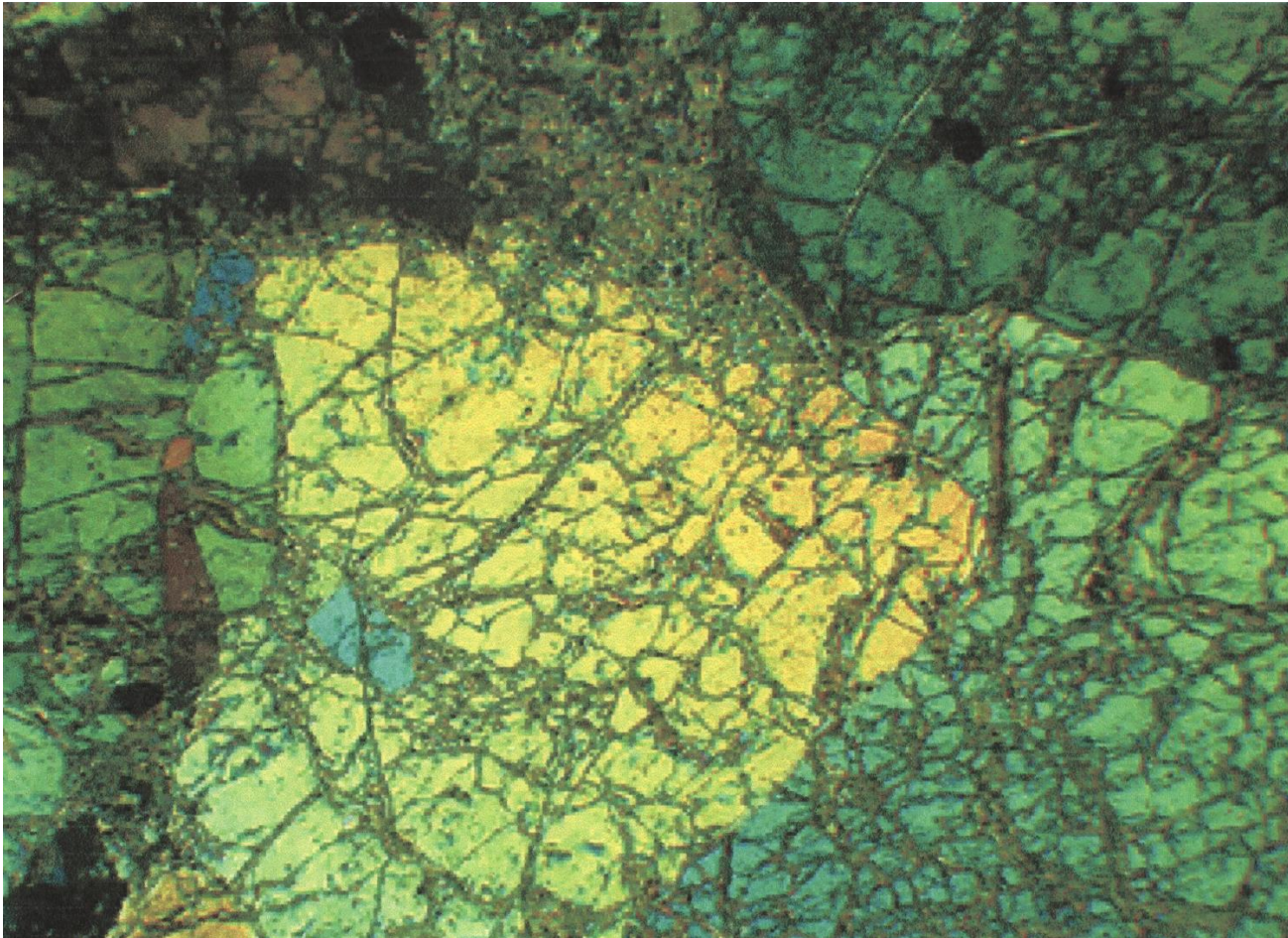


Схема геологического строения Тарлашкинского гипербазитового массива, структурные типы дунитов: 1- протогранулярный; 2- порфирикластовый; 3- мозаично-порфирикластовый; 4- мозаичный; 5- псевдоспинифекс; 6- метасоматический; 7- гарцбургиты; 8- серпентиниты; 9- граниты; 10- дайки диабазов; 11- мраморы; 12- гнейсы; 13- кристаллические сланцы; 14- метадиабазы; 15- границы предполагаемые; 16- разрывные нарушения; 17- элементы слоистости. (По материалам А.И. Чернышова, 2001).

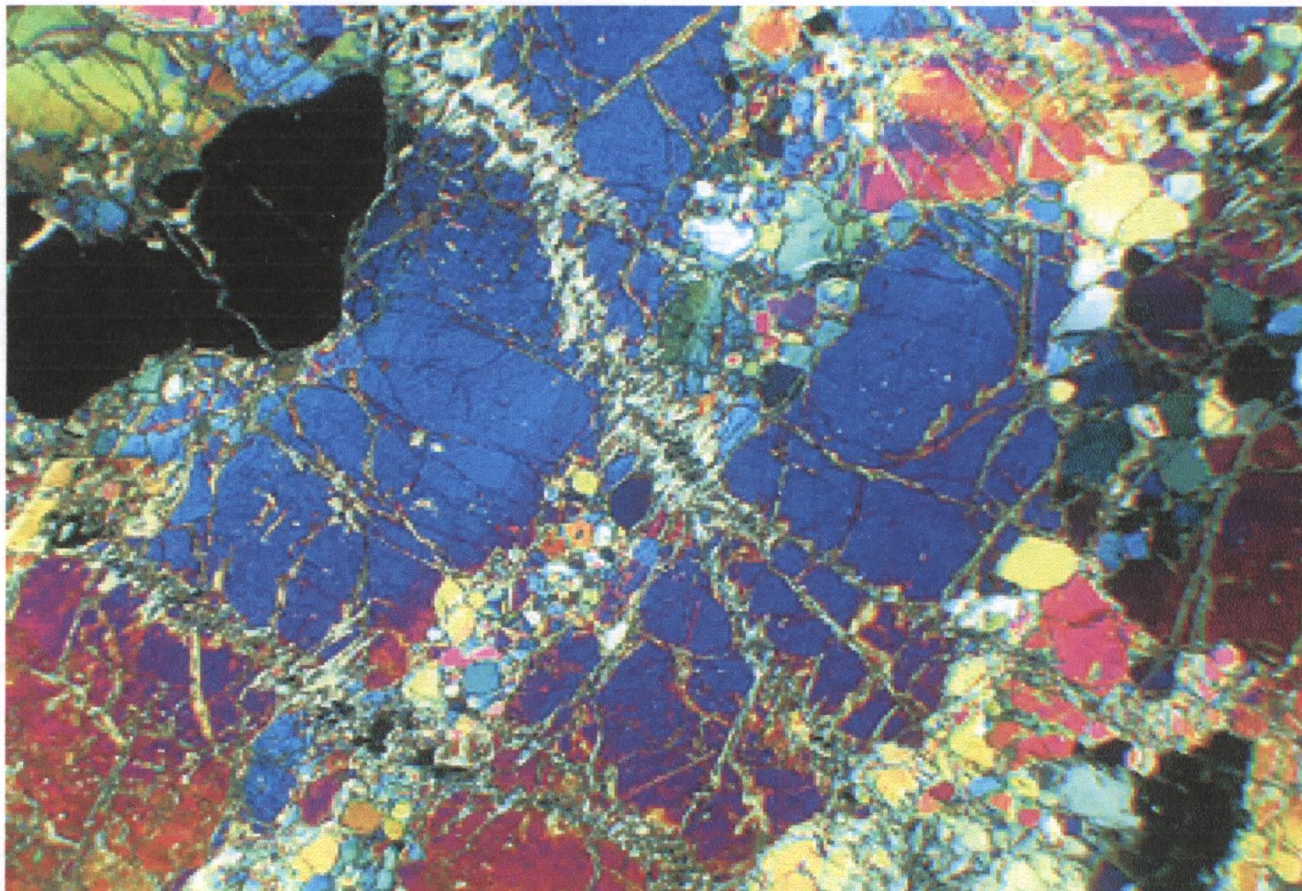


Дунит, протогранулярная структура. Обр. Тр-46. Увел. x25.

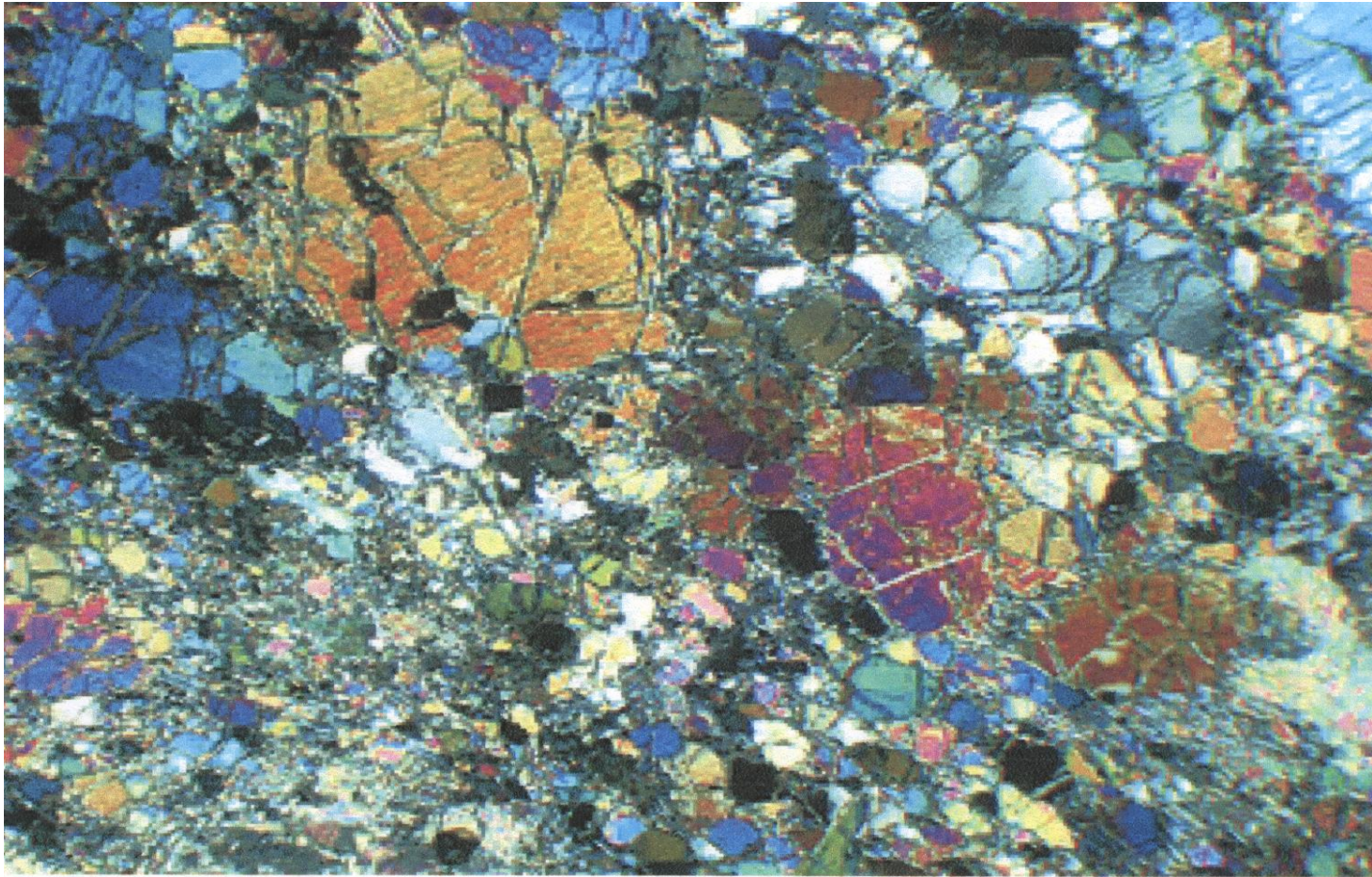
Николи Х. (По материалам А.И. Чернышова, 2001).



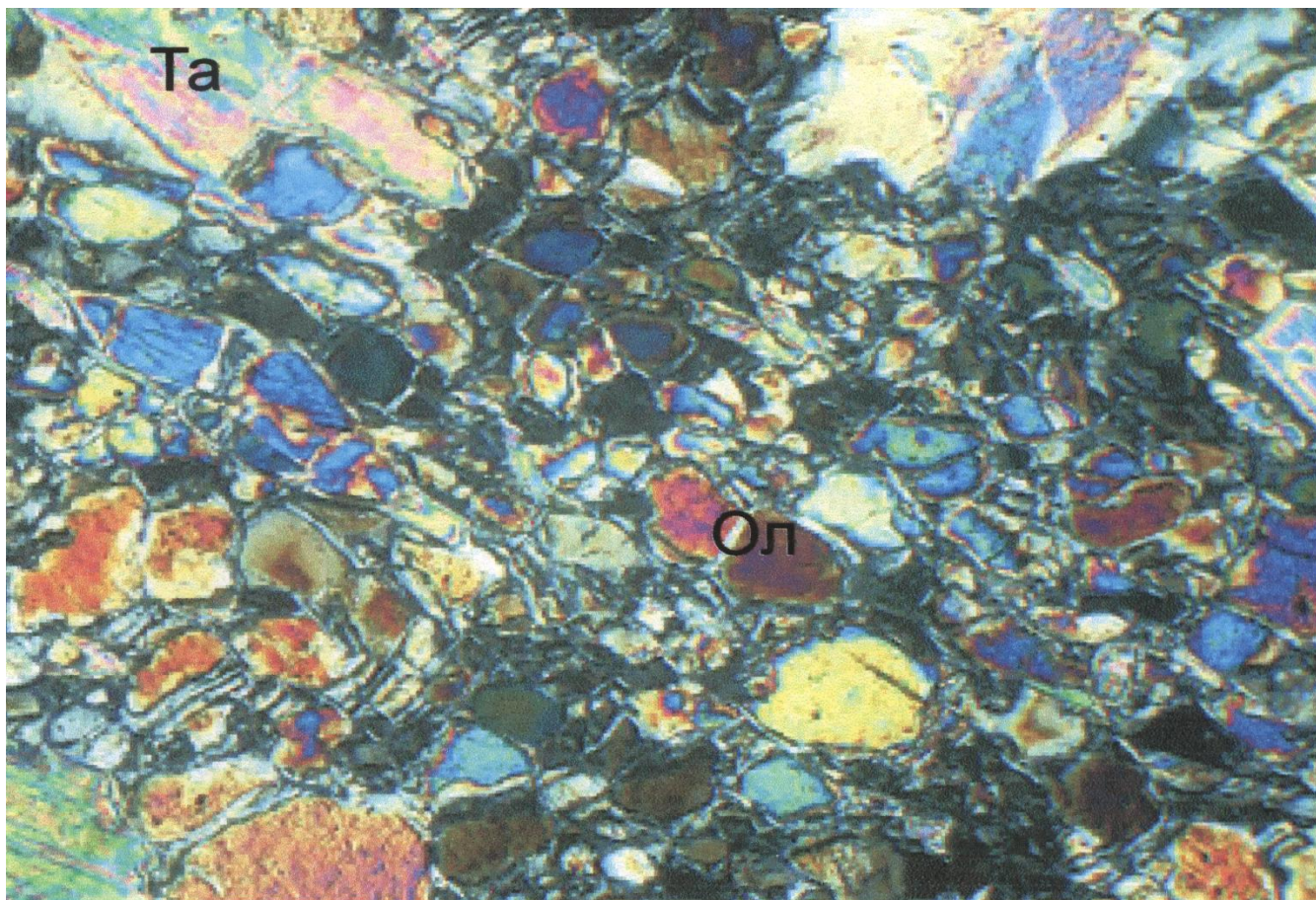
**Дунит, порфирокластовая структура. Обр. Тр-53.
Увел. x25. Николи Х. (По материалам А.И.
Чернышова, 2001).**



**Дунит, порфиroleйстовая структура.
Обр. Тр-42. Увел. х25. Николи Х. (По
материалам А.И. Чернышова, 2001).**



Дунит, мозаичная структура. Ол – оливин, Та – тальк. Обр. Тр-13. Увел. х25. Николи Х. (По материалам А.И. Чернышова, 2001).



Ортогнейс катаклазированный. Поздние трещины секут образец перпендикулярно слоистости. Колл. и фото. В.Н.

Сальникова.



**Скальные выходы гнейсов (AR2).
Северо-западная часть Восточного
Саяна. Фото. М.Е. Мартынова.**



Ряды пород – продуктов регионального метаморфизма:

- Глина → глинистый сланец → филлит → слюдяной сланец → гнейс. Гранит – гнейс.
- Мергель → хлорито-эпидотовый сланец → биотито-амфиболовый сланец → амфиболит.

**Фация зелёных сланцев. Зеленокаменный
сланец с Западного Саяна, Усинский
перевал. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.**



Классификация и характеристика метаморфических пород.

Ряды перехода одних горных пород по мере увеличения степени метаморфизма:

1. *Исходная песчано-глинистая осадочная горная порода –*

- ↓
- глинистый сланец
- ↓
- филлит
- ↓
- серецитовый сланец
- ↓
- слюдяной кристаллический сланец
- ↓
- парагнейс

2. *Исходная магматическая порода основного состава, например, габбро –*

- ↓
- «зеленый» хлоритный сланец
- ↓
- амфиболит

3. *Исходные средние и кислые магматические горные породы –*

- ↓
- слюдяной кристаллический сланец
- ↓
- гнейс

Следы волнения отраженные в углисто-глинистых сланцах карбона. Правый берег р. Томи в районе Томска. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.



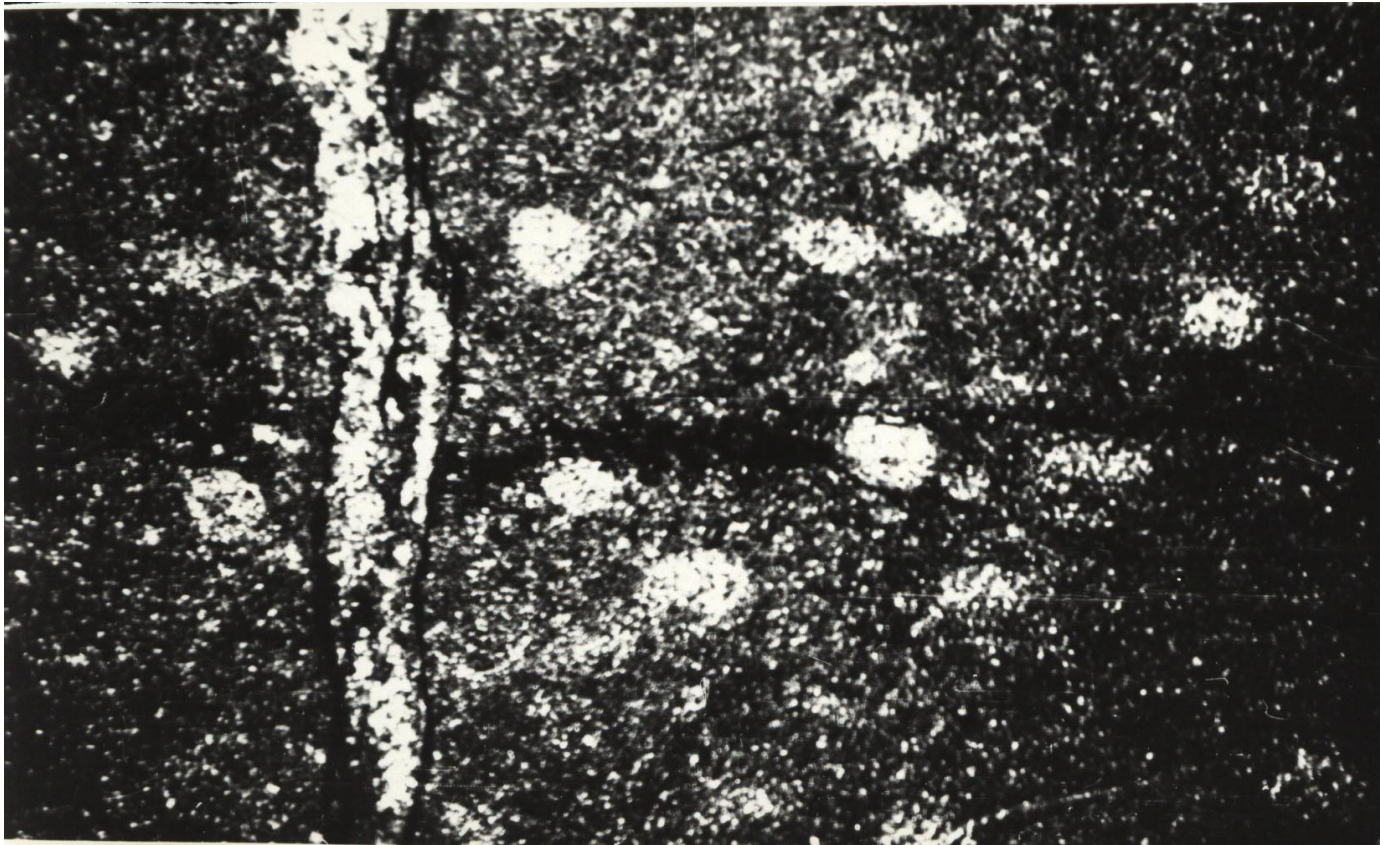
Яшмовидный кварцит Окремнение катаклазированных карбонатных пород. Район д. Катюшкино, Хакасия. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.



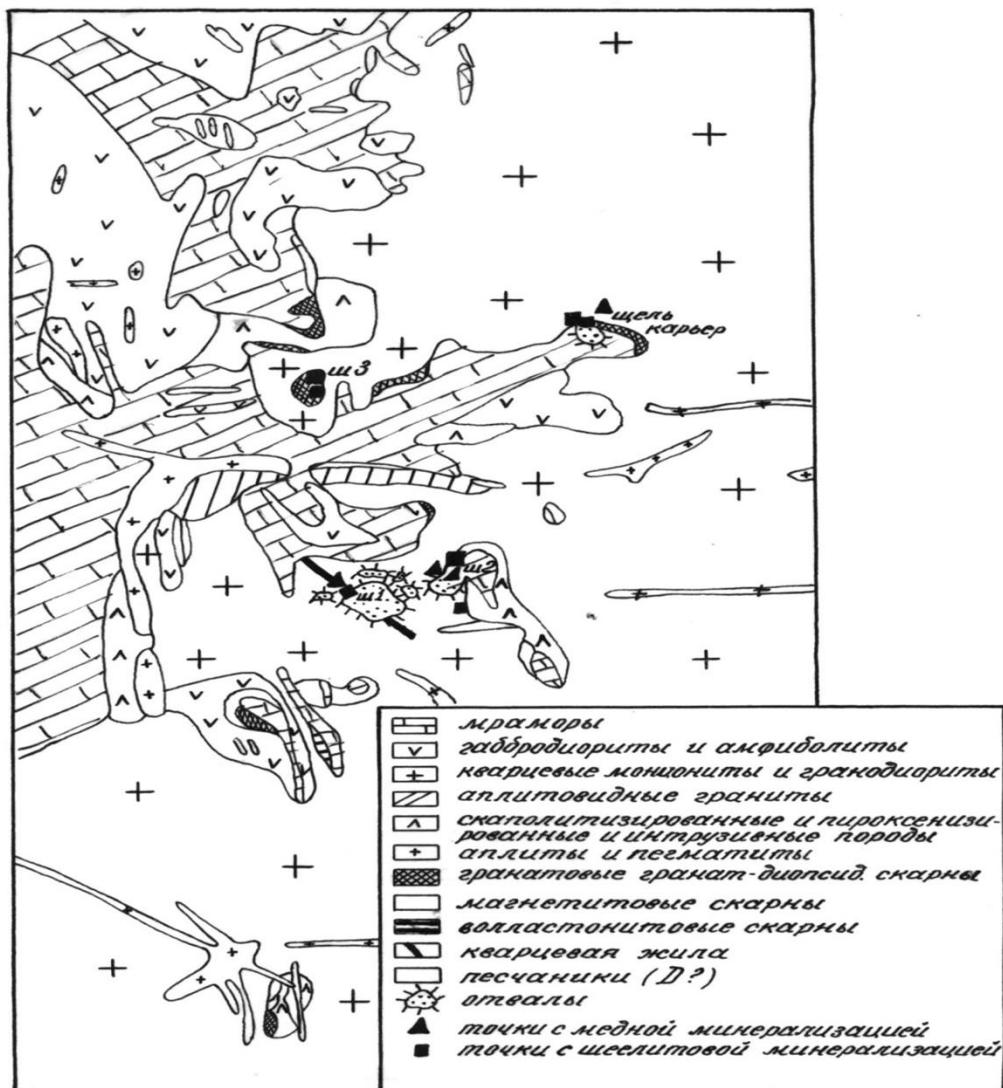
Кремни Горбушенской свиты, Дальнегорск. Фото. В.Н. Сальникова.



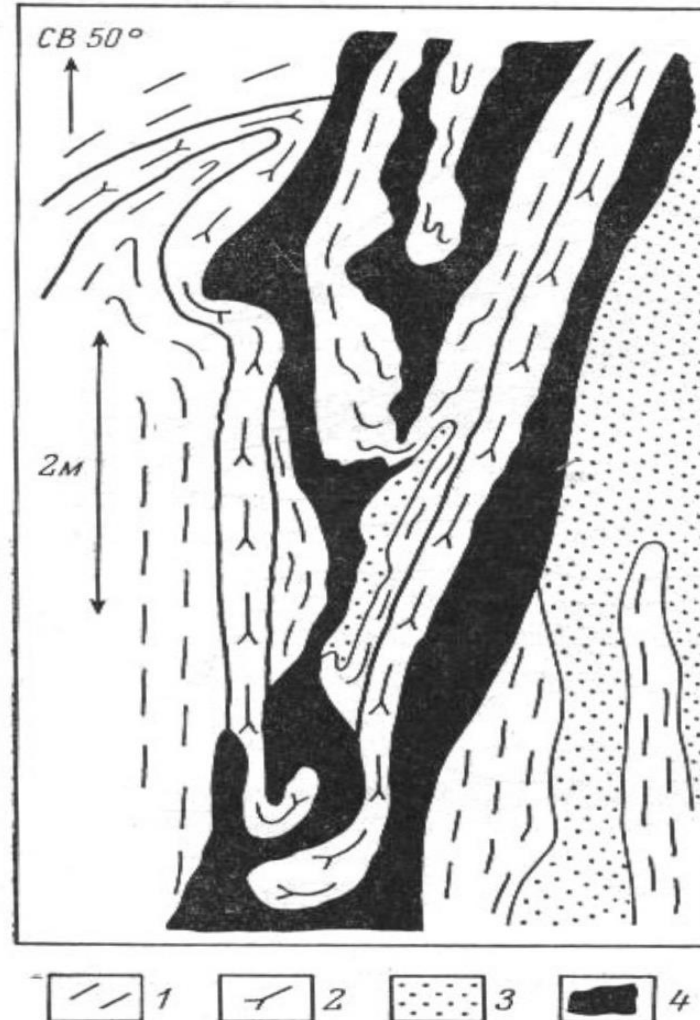
Кремни Горбушенской свиты. Видны остатки радиолярий, замещенных кремнистым веществом и трещины, заполненные опалом, халцедоном и кварцем. Фото. В.Н. Сальникова. Увел. X 9, николи скрещены.



Схематическая геологическая карта месторождения Танзывай (из работы Г.А.Иванкина).



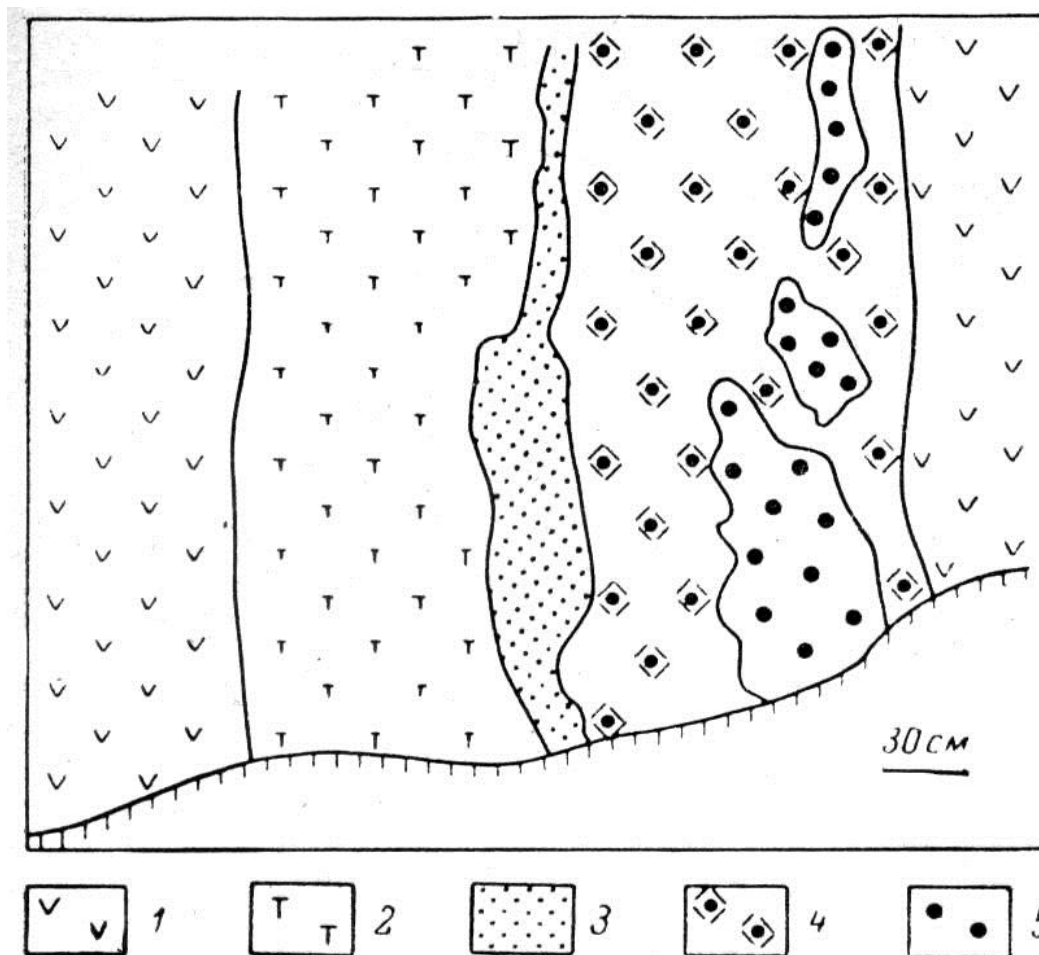
Метасоматические жилы биотит-жедрит-гранатовых пород, ориентированные вдоль сланцеватости осевых поверхностей изоклинальных складок (Тербеостров). План. 1 – глиноземистый гнейс; 2 – гранатовый амфиболит; 3 – окварцованные гнейсы, переходящие в гранат-кианитовые и кианитовые кварциты; 4 – биотит-жедрит-гранатовая порода (из работы В.А. Глебовицкого, С.А Бушмина, 1983).



Метасоматическая зональность в полосе измененного амфиболита. Пример пространственных соотношений между выщелоченными и железо-магнезиальными породами (Еловый Наволок).

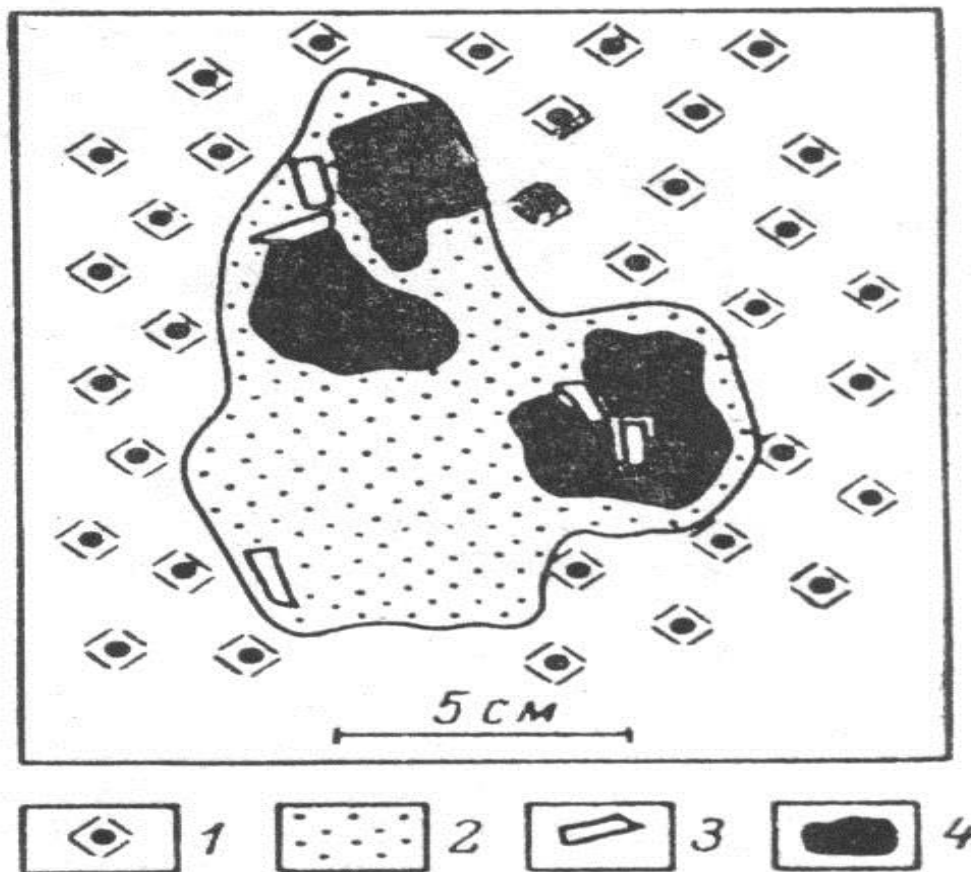
План. 1 – порфиробластический гранатовый амфиболит, 2 – окварцованный амфиболит ($Gd+Gr+Pl+St+Ky+Qu\pm Hb\pm Bt$), 3 – гранат-кианитовый кварцит по амфиболиту ($Gr+Ky+Qu\pm Pl$), 4 – крупнозернистая биотит-жедрит-гранатовая порода ($\pm St\pm Ky$), 5 – плагиоклазовая порода с Qu, Ky ,

St.

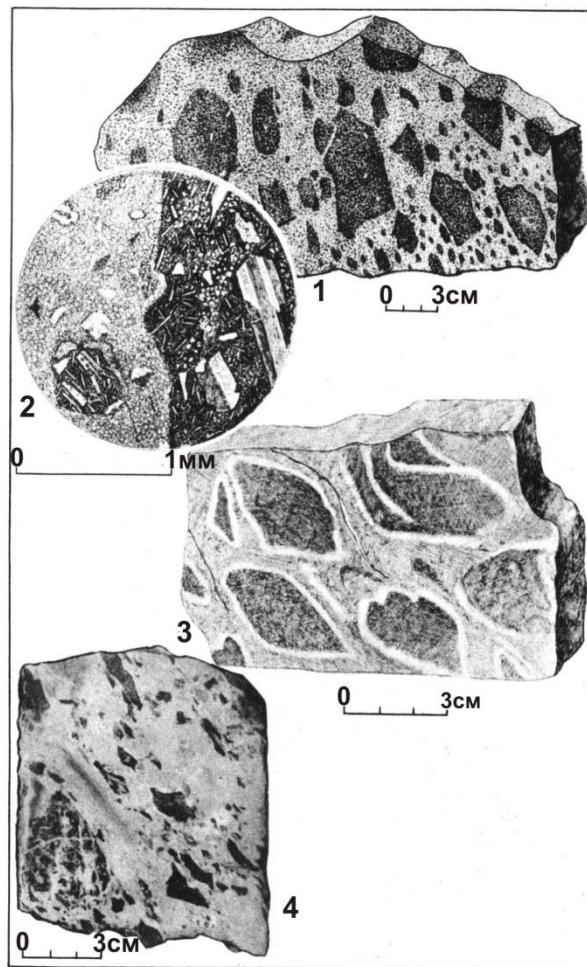


Пример пространственных соотношений между железо-магнезиальными метасоматитами и кварцитами (Тербеостров). Гнездо гранат-кианитового кварцита в биотит-жедрит-гранатовый породе. 1 – Vt-Gd-Gr метасоматит, 2 – кианитовый кварцит (Ку+Qu), 3 – крупные кристаллы кианита, 4 – скопления скелетного гранита (из

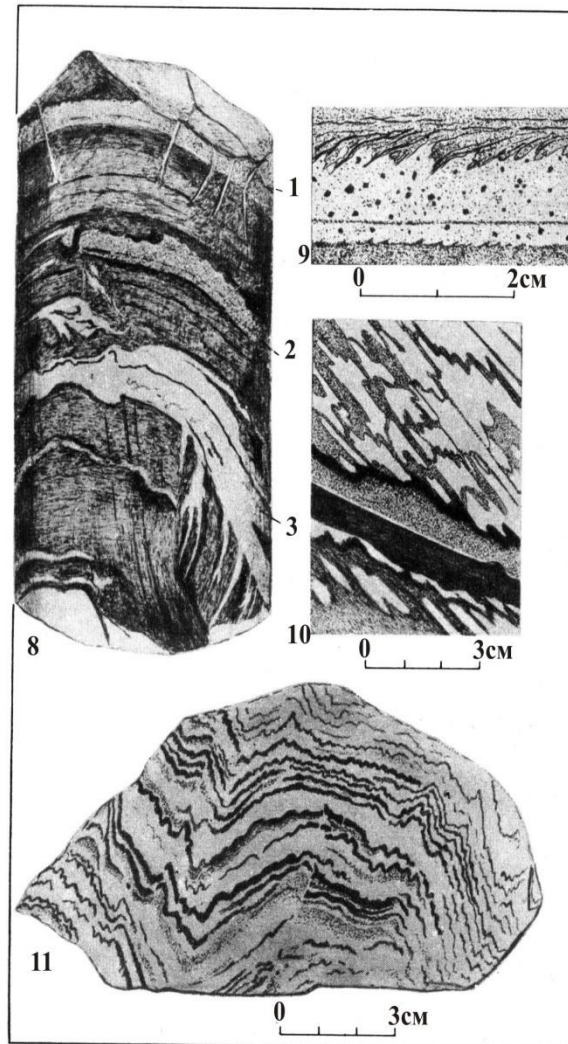
работы В.А. Глебовицкого, С.А. Бушмина, 1983).



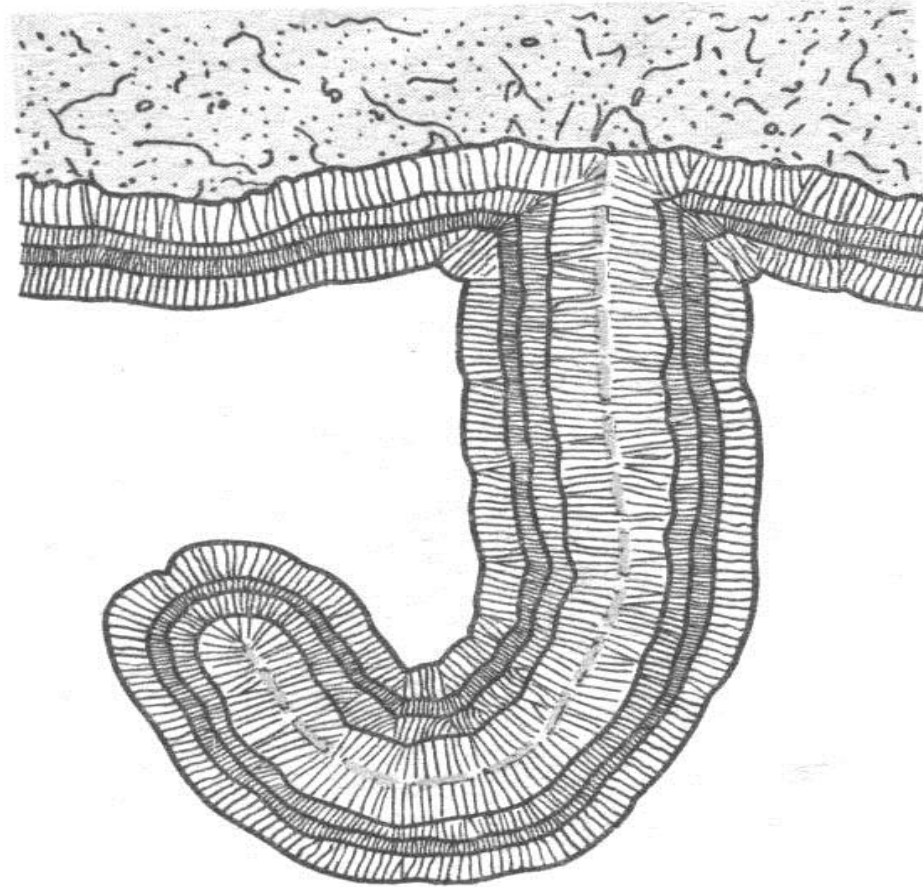
Фрагментарные метасоматиты: 1 – тектоно-метасоматическая брекчия с ориентированными обломками – катаклазированный и окварцованный порфирит, принимаемый за лавобрекчию (Акбастау-Космурунское рудное поле, Центральный Казахстан); 2 – Деталь рис. 1. Слева вторичный кварц-альбитовый агрегат фельзитовой структуры; 3 – Тектоно-метасоматическая брекчия с концентрически-зональными, ориентированными обломками – трещиноватый окварцованный порфирит (Акбастау-Космурунское рудное поле); 4 – тектоно-метасоматическая брекчия с ориентированными обломками – окварцованный и альбитизированный катаклазированный порфирит, принимаемый за лавобрекчию андезито-дацитового порфирита на дацитовом цементе (Акбастау-Космурунское рудное поле) (из работы Д.И. Царёва, 1978).



Псевдослоистая метасоматическая полосчатость



**Строение псевдосталактита при
мембранном метасоматозе (из работы Б.З.
Кантор, 1985).**



Мембранный метасоматоз с образованием псевдосталактитов (по Р. Лизегангу) – сосулистый агат (внизу слева) месторождения «Чернушка» на фоне агата из Магнитогорского месторождения.

Колл. О.А. Смоленцева, фото. В.Н. Сальникова.



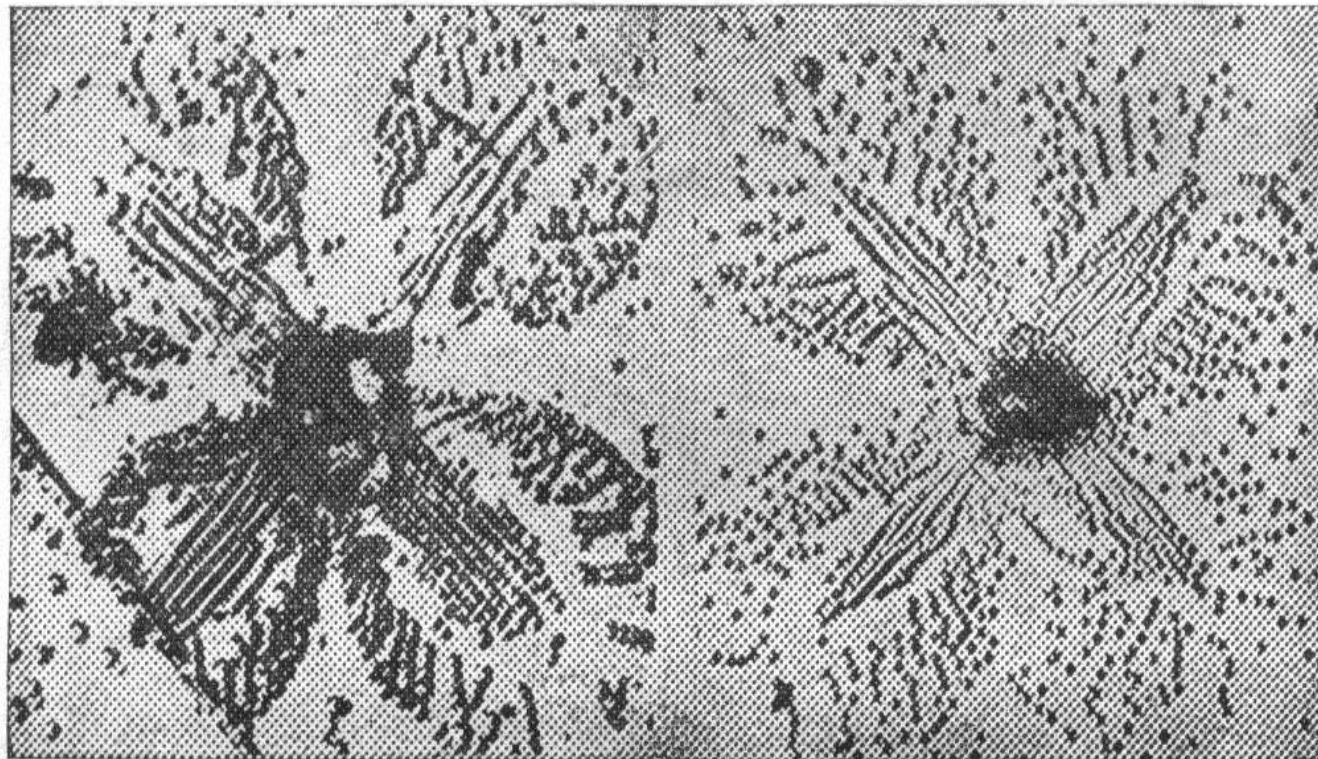
Петрофицированная древесина. Метасоматическое замещение органического вещества клеток дерева кремнезёмом (опал, халцедон). Все элементы строения дерева сохранены. Березовский район, Кемеровская обл., д. Юго-Александровка. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.



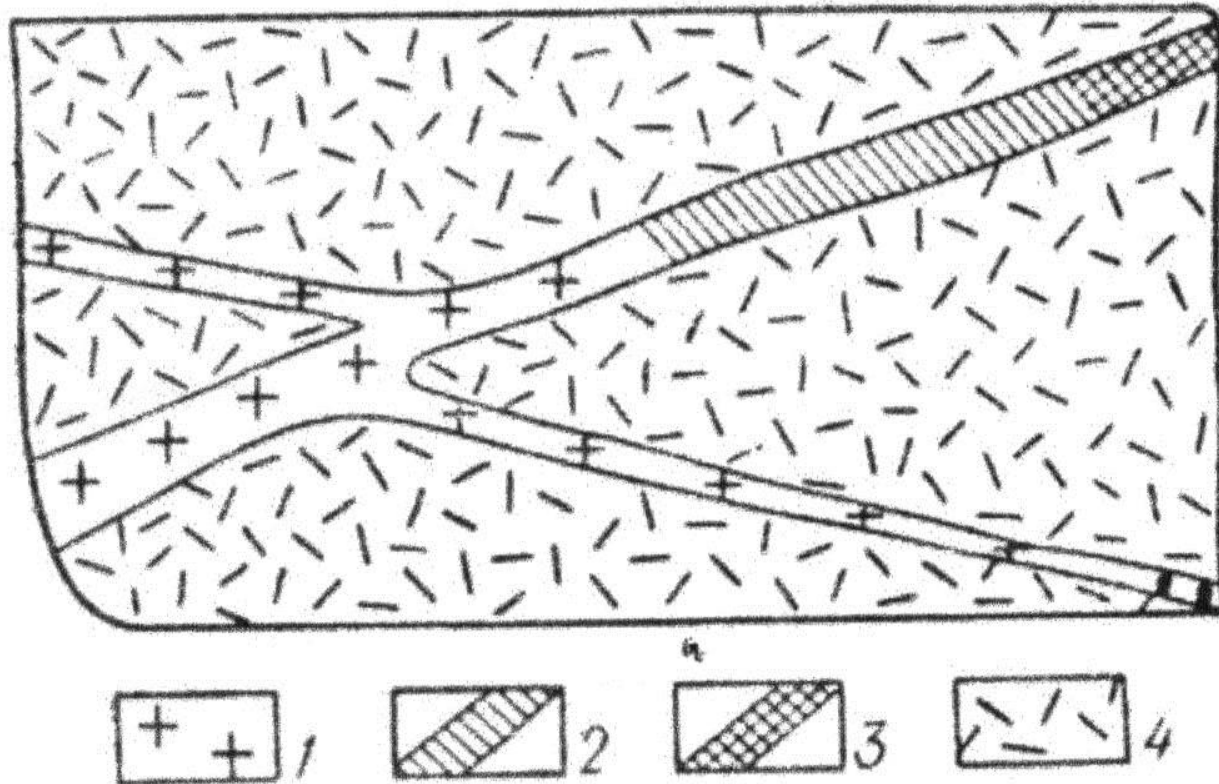
**Дайка диабазов с трещинами, заполненными
брекчиевидными рудами (видны обломки сиенитов, кварца,
гранитов и метасоматически измененных диабазов). Диабазы
калишпатизированы. Сорский карьер. Фото. Е.С.
Потылицыной.**



Дислокационные розетки диффузионного происхождения на поверхности монокристалла КСі. Увеличение 200 (из работы Я.Е. Гегузина, 1987).



Переход гранита (1) в пегматит (2) и далее
кварцевую жилку с сульфидами (3);
ороговикованный диорит (4). 1/2 нат. вел. (из работы
В.И. Сотникова, В.Л. Хомичева, 1978).



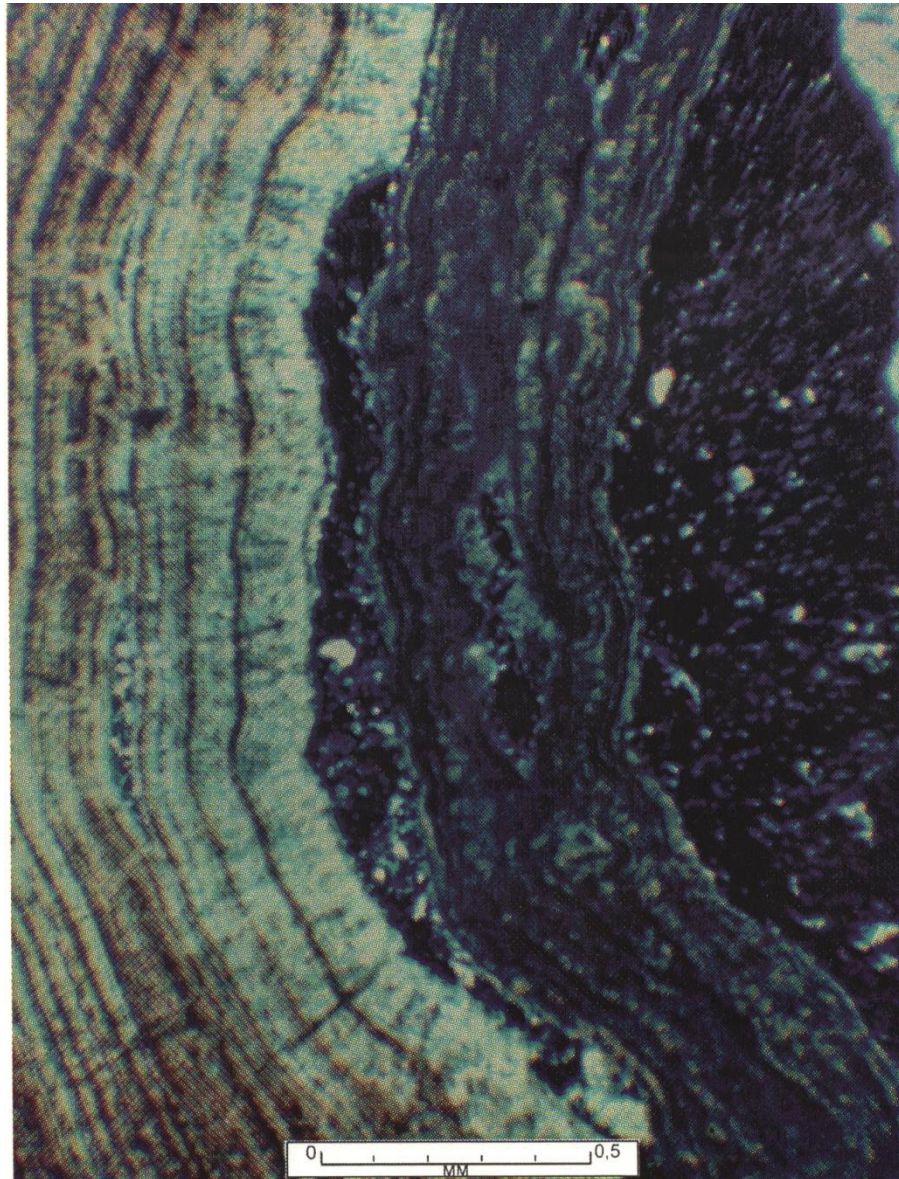
Эксплозивная брекчия в граните сцементирована кварцем и молибденитом в процессе метасоматического выполнения пустого пространства. Сорский карьер. Колл. В.Н. Сальникова. Фото. Е.С. Потылицыной.



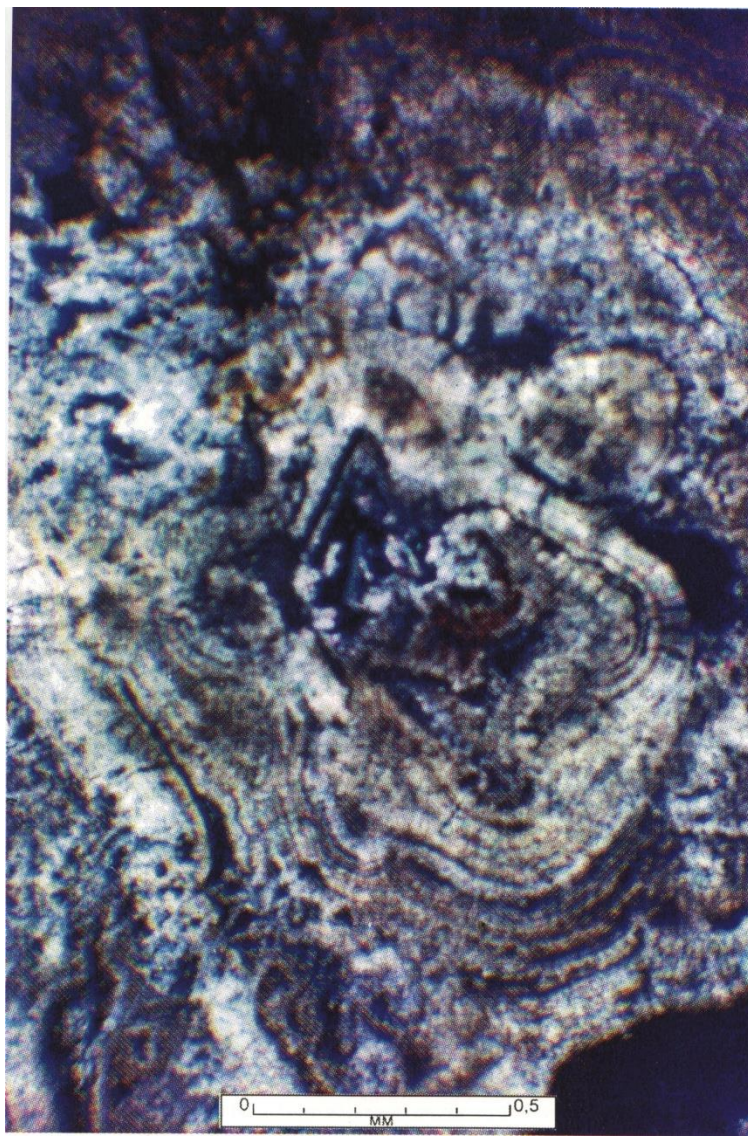
Камни из желчного пузыря. Кристаллы почти кубической формы со следами растворения граней. Колл. и фото. В.Н. Сальникова.



**Ритмическая зональность мочевого камня. Шлиф,
николи + (из работы А.К. Полиенко, 1997).**



Мелкие сферолиты и кристаллы уэвеллита в центральной части камня. Шлиф, николи + (из работы А.К. Полиенко, 1997)

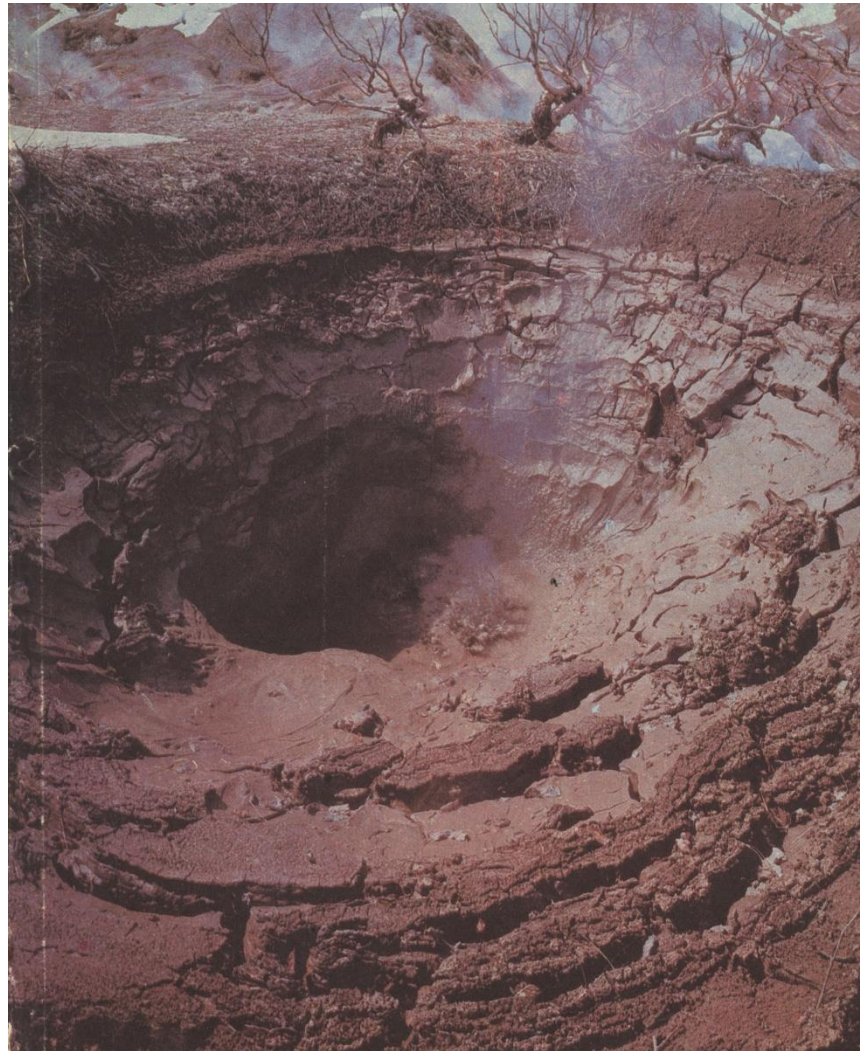


Агаты из месторождения Адрасман на фоне магнитогорского агата. Колл. О.А. Смоленцева. Фото. В.Н. Сальникова.



Грязевой котел в Долине гейзеров. Вокруг таких котлов обычно развиваются разнообразные бактерии (из работы

Г.А. Заварзина, 1990). Фото. В.Е. Гиппенрейтера.



Долина гейзеров. Камчатка – «Заповедник для микробов». Фото. Ю.В. Демянчука.



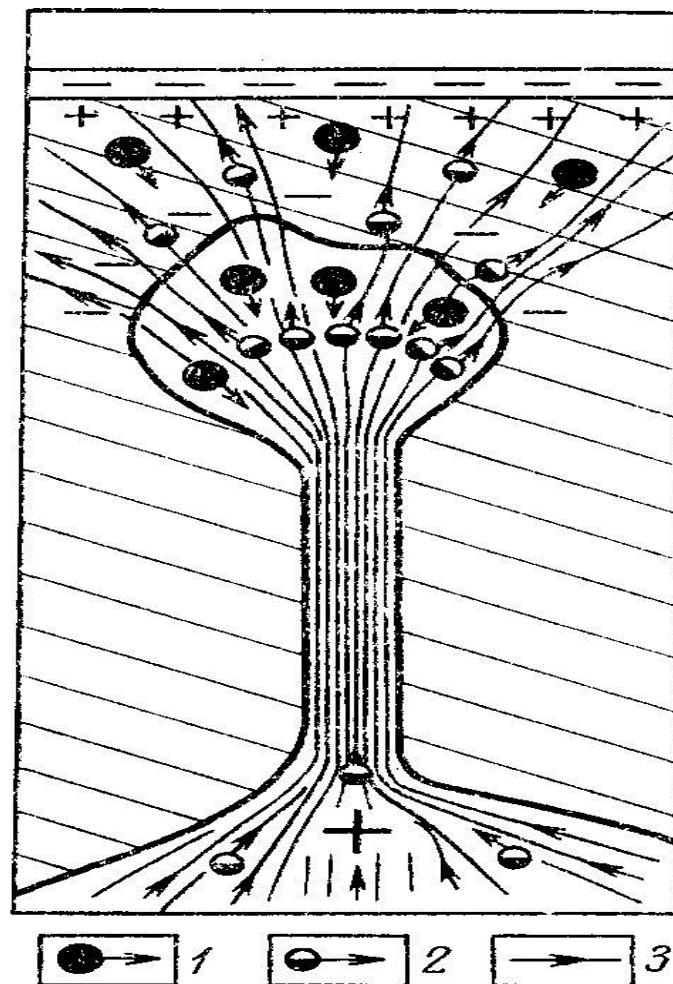
Разделяют все явления геологического замещения на две группы, противостоящие друг другу:

- 1) стадийные формы геологического замещения горных пород (выветривание, диагенез, метаморфизм, замещение с образованием магматотипных пород);
- 2) сквозную форму геологического их замещения (или метасоматоз), присутствующую как составная компонента во всех стадийных формах.

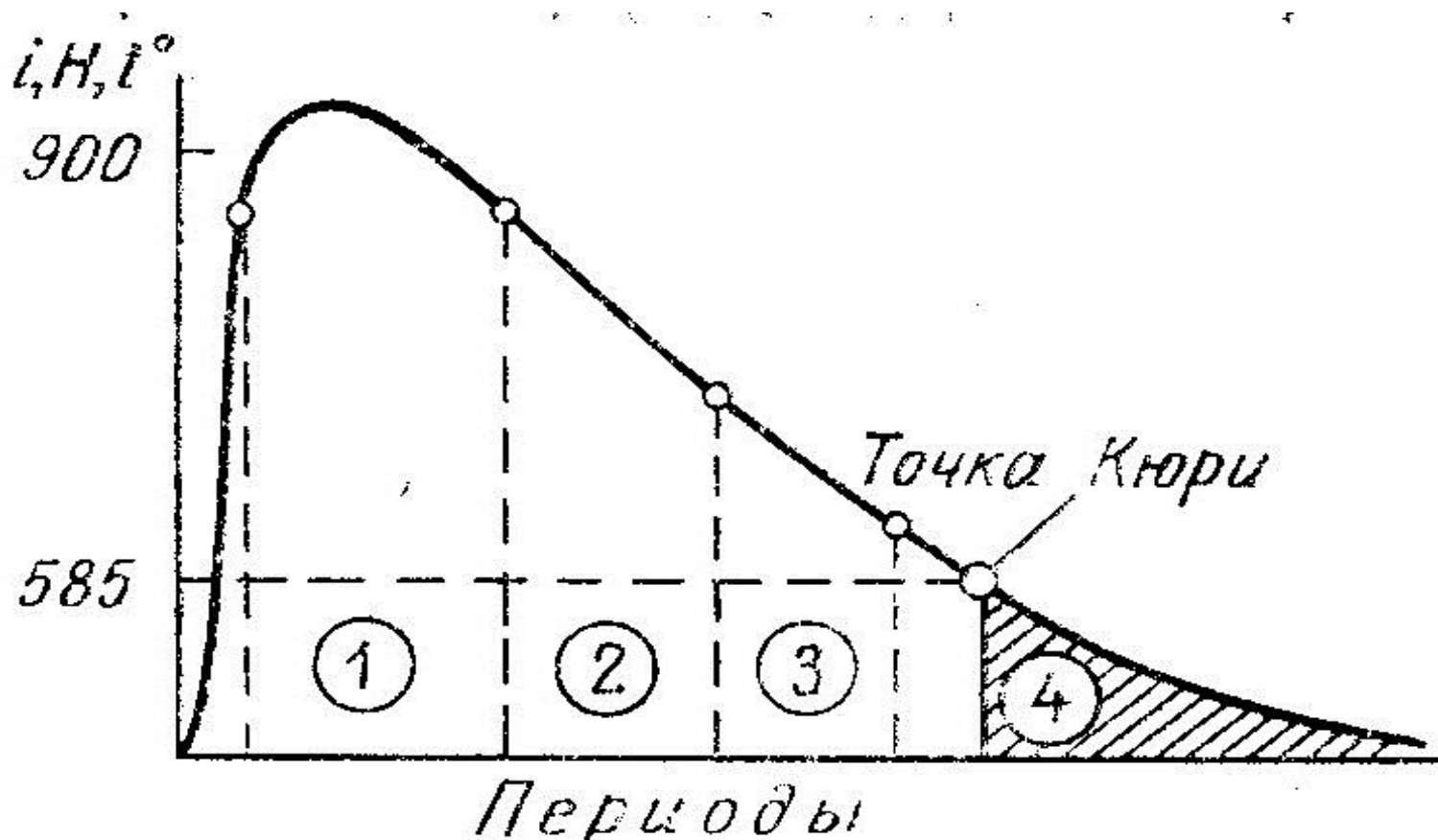
Трёхзонная модель перехода «твердое в твёрдое»:

- Первичная объемная твердая фаза;
- Рабочая граничная фаза;
- Вторичная объемная твердая фаза.

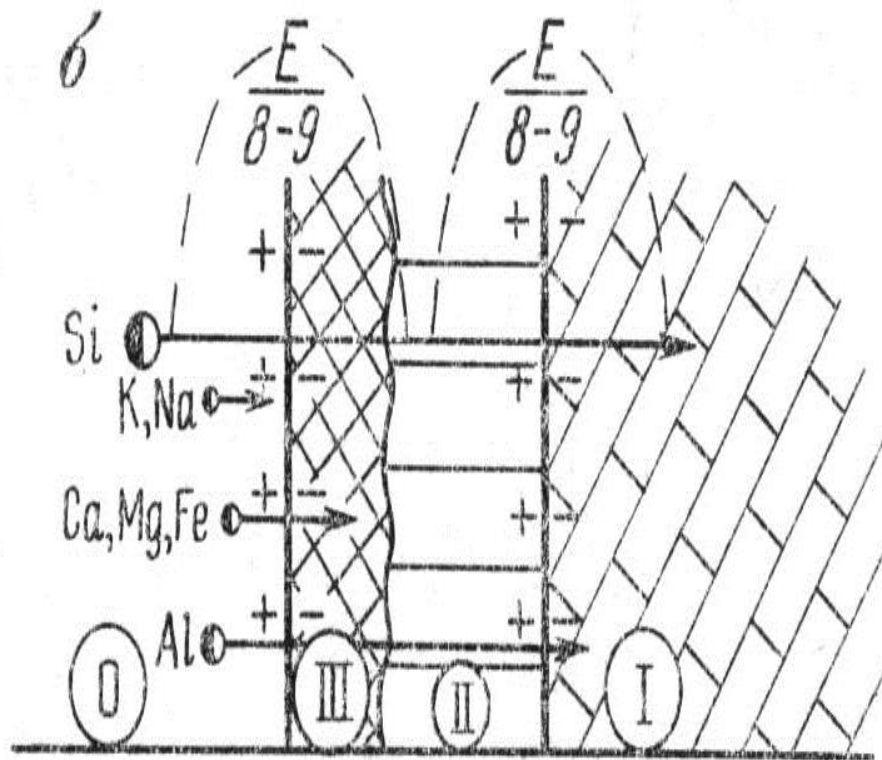
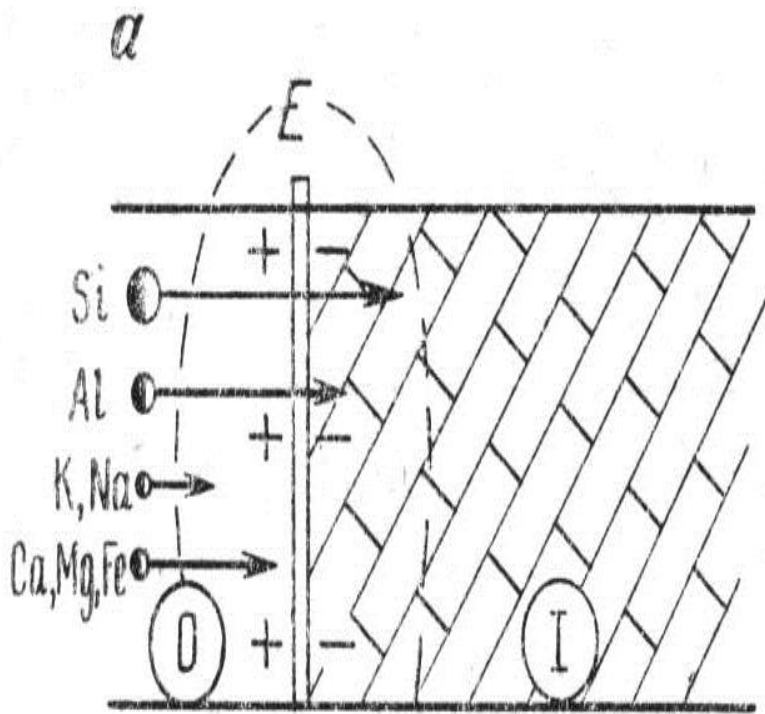
Картина электрического поля между глубинным магматическим очагом и внедрившейся интрузией, по магме которой проходит электрический ток огромной плотности. 1 – анионы; 2 – катионы; 3 – линии тока (из работы О.А. Степанова, 1978).



Схематическая кривая, показывающая изменение силы тока (i), напряженности магнитного поля (H) и температур (t_0) в гранитах и на экзоконтакте в ходе образования скарнов. 1-4 – периоды формирования: 1 – кальцифиров, 2 – форстеритового скарна, 3 – пироксенового скарна, 4 – магнитной восприимчивости магнетита (из работы О.А. Степанова, 1978).



Картина электрического поля напряженностью E на границе магма – доломит (а) и его изменение по мере формирования скарнов (б). О – магма; I – доломит; II – форстеритовый скарн; III – пироксеновый скарн (из работы О.А. Степанова, 1978).



Температурная зависимость электромагнитной эмиссии, тока проводимости и термостимулированного тока (ТСТ) при нагревании и охлаждении образца кварца.

при нагревании и охлаждении образца кварца.

