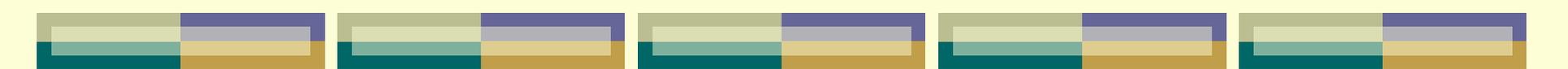


Метасоматиты и их поисковое значение



**Язиков Егор Григорьевич, д.г.-м.н.,
профессор Томского
политехнического университета**

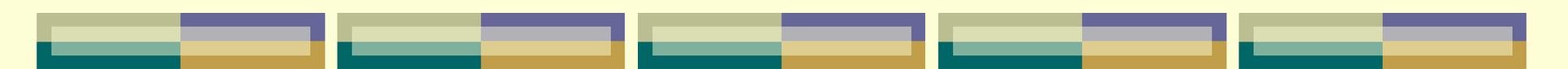


Теоретические положения

Многолетние изучения *гидротермальных месторождений* геологами различных стран показали, что формированию минерализации (в одном случае рудной, в другой нерудной, например, тальк, нефрит и др.) всегда предшествовали процессы замещения исходных минералов пород новообразованными, образующимися строго в определённой последовательности и состава, нередко образующих горизонтальную и вертикальную зональность.

Эти *измененные околорудные породы* (иногда их называют *околожилными изменениями*) играли большое значение и они служили определенным критериям для обнаружения того или иного типа руд.

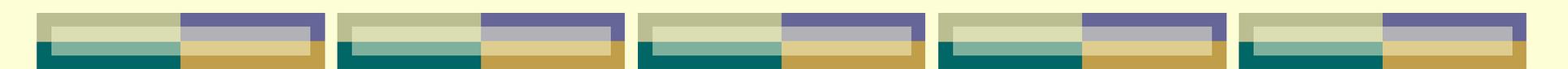




Проблему *гидротермально изменённых пород* обсуждали зарубежные геологи, особенно с точки зрения прикладной геологии с времен Вольдемара Линдгрена (1916), Пауля Керра (1951), Роберта Давидсона (1950), Джона Шварца (1959) и многих других.

Проблеме *околорудного метасоматизма* и оруденения было посвящено десятки конференций различного уровня, в том числе Всесоюзных (1963, 1966, 1972, 1976, 1982, 1987), на которых обсуждались самые различные вопросы: от описания конкретных типов метасоматитов до изучения химизма и механизма формирования.





Сегодня в любом описании гидротермальных месторождений можно найти упоминание или достаточно полное описание этих образований. Нередко их называют гидротермально изменёнными породами, или метасоматически изменёнными породами или метасоматитами, околорудными или околожильными изменениями.

Эти термины в российской геологической литературе прижились после появления в свет крупной статьи **Д.С. Коржинского** *«Очерк метасоматических процессов»* в книге *«Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях»* (Москва, издательство АН ССР, 1955). Именно эти очерки подвели итог многолетних исследований по метасоматозу (Коржинский, 1936, 1947, 1948, 1950 и др.).



Коржинский Д.С. - автор теории метасоматической зональности в XX веке.

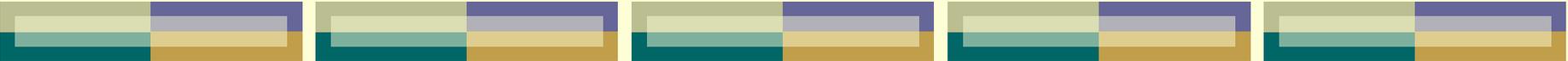
Гипотез много, а теория одна:

-она весьма чётко выделяется в геологическом пространстве и есть вещественный продукт процесса;

-этот вещественный продукт реализуется в экспериментальных условиях;

-этот вещественный продукт моделируется математически и имеет под собой строгую математическую базу.



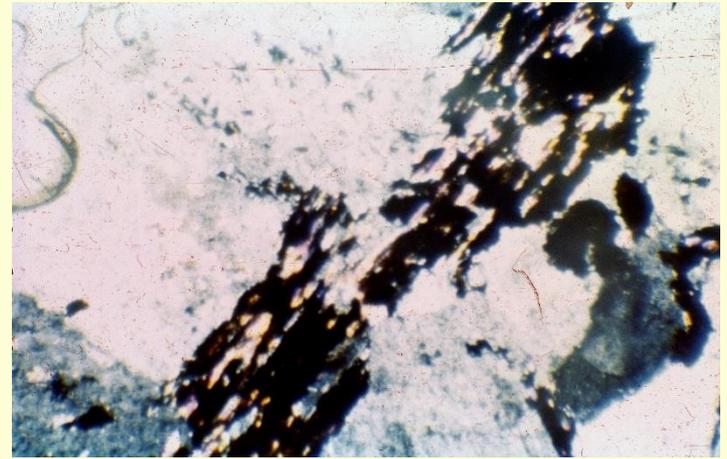


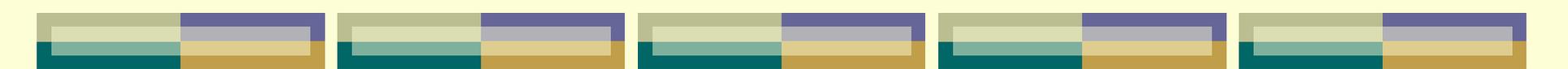
К концу семидесятых годов XX столетия практически *завершился этап сбора* и описания тех или иных типов метасоматоза.

От их *описания* на конкретных объектах по основному (главному), образующемуся минералу метасоматического процесса (карбонатизация, хлоритизация, окварцевание, пиритизация и т.д.), до характеристики *процессов химизма метасоматоза* (натровый, калиевый, кремниевый метасоматоз и т.д.).



- ***Метасоматические процессы*** – это такие процессы преобразования горных пород, происходящие путем замещения одних минералов другими, при этом происходит сохранение твердого состояния породы в целом, под воздействием флюидов, связанных как с эндогенными, так и экзогенными процессами.
- При этом отмечалось, что имеет место процесс растворения минералов и одновременного осаждения на этом месте другого или других новообразованных минералов (*«Метасоматизм и метасоматические породы...»*, 1998).
- Об этом свидетельствует неперенное присутствие в метасоматитах псевдоморфоз, образованных новообразованным минералом по исходному минералу. При этом, замещение может происходить как по механизму замещения иона на ион, так и растворения-осаждения.





В этот же период времени *работами Жарикова В.А., Зарайского Г.П.* и других стало развиваться *экспериментальное моделирование* метасоматических процессов, а так же были заложены основы моделирования фазовых равновесий в локально равновесных метасоматических колонках с использованием средств вычислительной техники и с разработкой *комплектов математических программ* (Шваров, 1976; Иванов Г.П., Букаты М.Б., и др.) с использованием термодинамических характеристик простейших минералов.

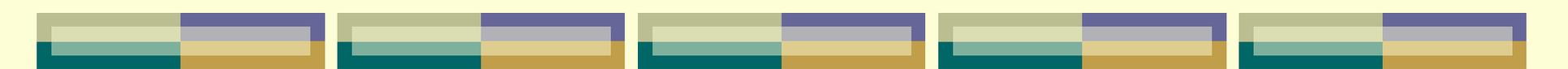
Для *расчёта метасоматических реакций* разрабатывались и вычисления *термодинамических характеристик компонентов* водных растворов электролитов (Helgeson e.a.,1978; Иванов и др.,1979; Рыженко и др.).





Появляются *попытки систематического описания* продуктов метасоматоза на тех или иных принципах, в том числе и на фациально-формационных подходах, в основу которого положены теоретические положения Коржинского Д.С. на основе дифференциальной подвижности компонентов при метасоматозе (*«Геология и метасоматические явления в скарновых месторождениях Карамазара» В.А. Жариков, 1959 и «Некоторые проблемы изучения изменения вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями» В. А. Жариков, Б.И. Омеляненко, 1965*).



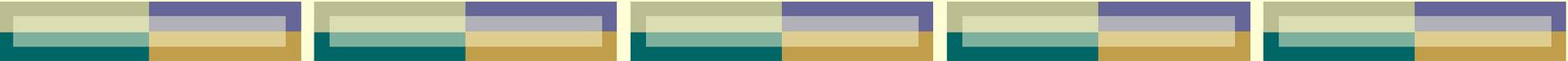


На современном этапе развития учения о метасоматозе преобладает *фациально-формационный подход* в описании гидротермально-изменённых пород (Жариков и др., 1993).

Согласно этого подхода *выделяются группы пород* в зависимости от кислотно-щелочных условий метасоматоза, ряды (формации) и семейства метасоматитов, которые описаны по главным новообразованным минералам.

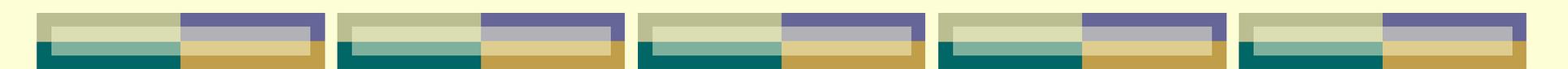
В предложенной этими авторами *классификации* выделяется 31 ряд метасоматических образований (формаций), а в более поздней систематике этих же авторов (Жариков и др., 1998) приведено уже 35 формационных типов.





В связи с необходимостью приведения существующих *классификаций*, построенных на *фациально-формационном признаке*, к общепринятым мировым сообществом классификациям пород, ведущими российскими геологами (В.А. Жариков, Н.Н. Перцев, Б.И. Омеляненко) была начата работа по разработке систематики метасоматитов, согласно *международной классификации и номенклатуре горных пород*. Данная *систематика* была опубликована в России в 1992 г. [Классификация и номенклатура..., 1992].

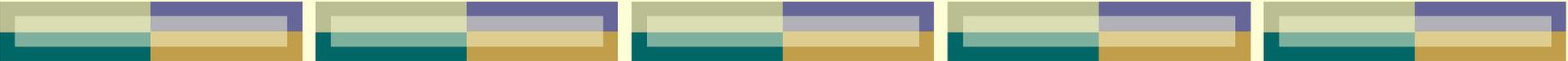




Поисквое значение метасоматитов

Регионально развитые (площадные) метасоматиты (пропилиты, кварц-гидрослюдистые метасоматиты, доломитолиты и др.) позволяют выявить наиболее проницаемые блоки земной коры, наиболее благоприятные для локализации уранового оруденения. Однако наличие данных гидротермалитов еще не предопределяет нахождения минерализации в каждой зоне развития метасоматитов.

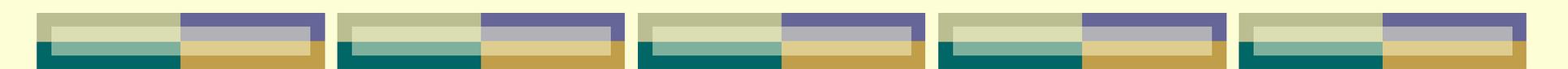




Наличие зон площадных метасоматитов,
протяженность которых достигает многих километров,
а мощность — нескольких километров, позволяет
выделять основные тектонические структуры,
благоприятные для локализации оруденения. Однако
они ни в какой мере не определяют нахождения
руды в каждой из зон своего проявления.

Интенсивное проявление продуктов данного типа
гидротермально-метасоматической деятельности
может служить ***районным поисковым критерием*** при
геологических работах масштаба 1:50 000-1:200 000 и
мельче



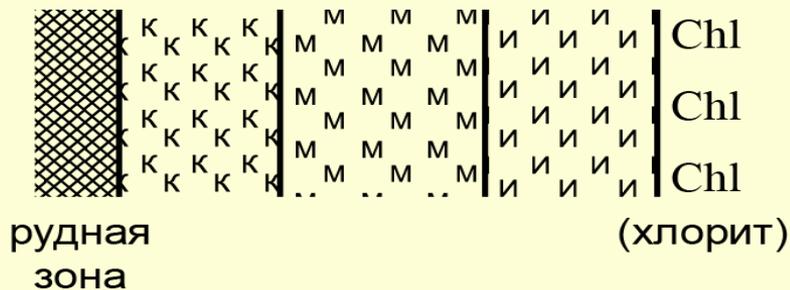
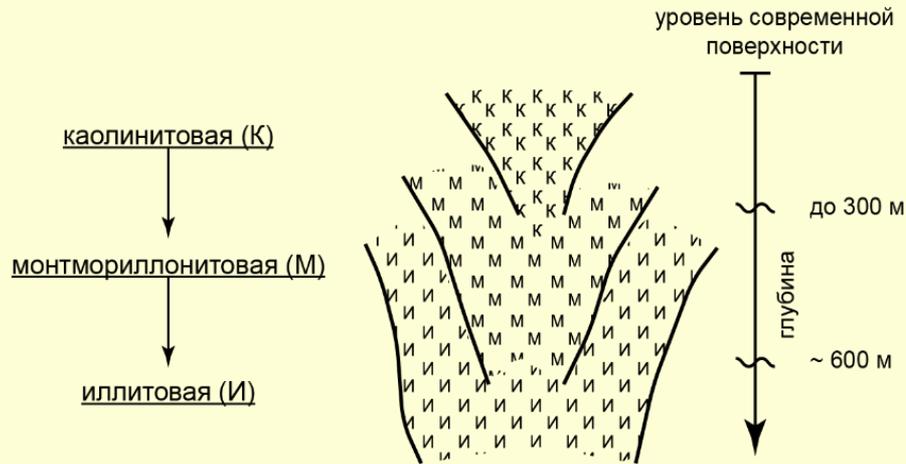


Дорудные метасоматиты (аргиллизиты, пропилиты и др.) образуют широкие поля ($n \cdot 10$ км²), они *трассируют* проницаемые зоны земной коры.

Этот тип изменений *не связан* с урановорудным процессом. Но урановорудные объекты чаще всего находятся в полях их развития.

В строении дорудных (площадных) метасоматитов отчётливо выделяется вертикальная зональность, что позволяет определять (с вероятностной оценкой) уровень эрозионного среза блока земной коры.

Для *аргиллизитов регионального развития* характерна вертикальная и горизонтальная зональность



По данным В.П. Роговой (Сосновское ГПО) она представляется в следующем виде:

Вертикальная: сверху- вниз

Каолинитовая (к)

Монтмориллонитовая (м)

Иллитовая (и)

Горизонтальная:

Кварц-каолинитовая(к)

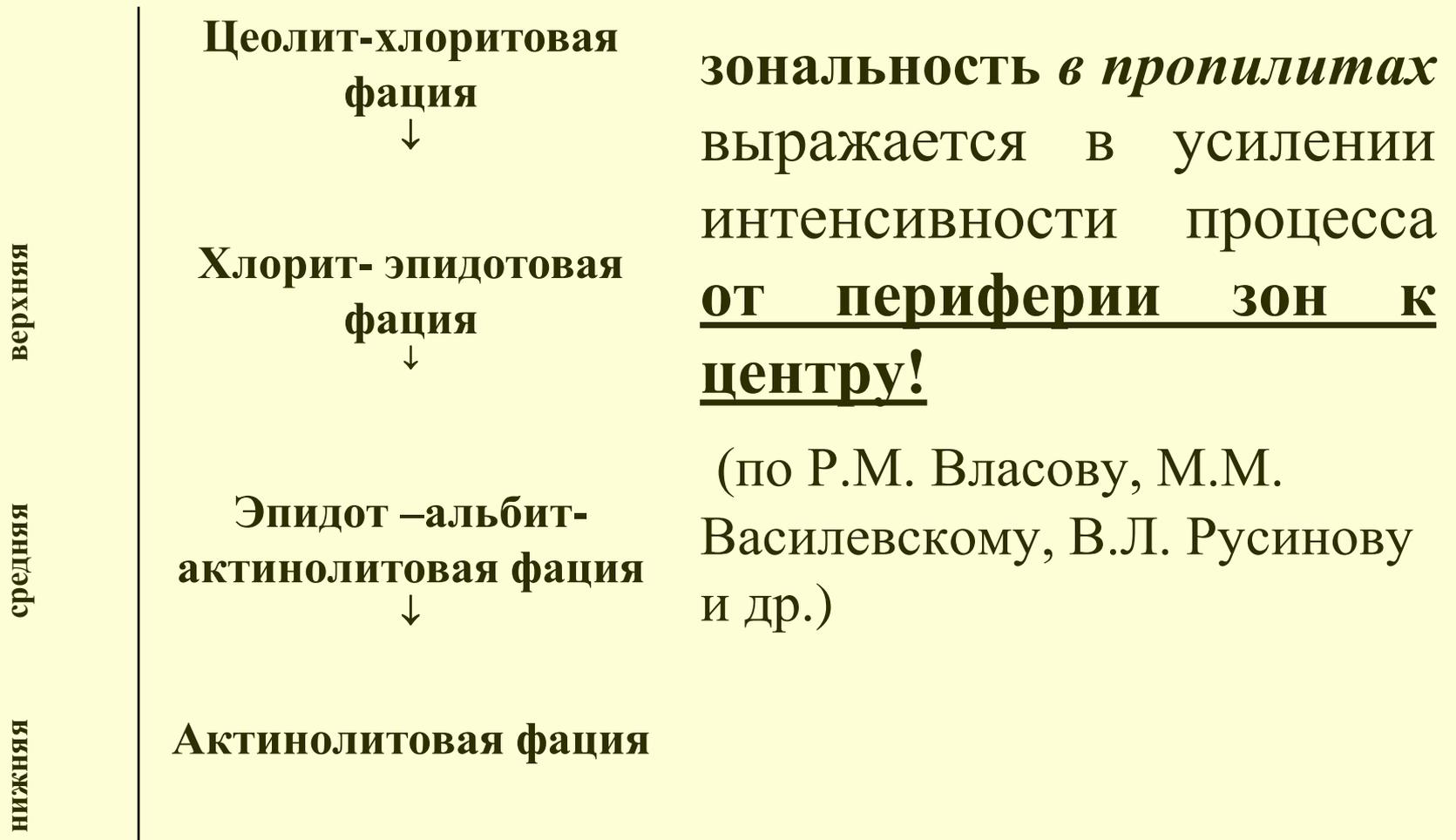
монтмориллонитовая(м)

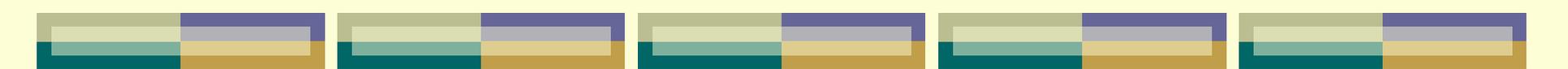
иллит-ректоритовая

Иллитовая (иногда) хлоритовая и карбонатная

⋮

Для *пропилитов* характерна вертикальная и горизонтальная зональность





Локально развитые гидротермально измененные (околорудные) породы образуют маломощные зоны вдоль систем мелкой трещиноватости, по зонам брекчирования, флюидалльности и слоистости.

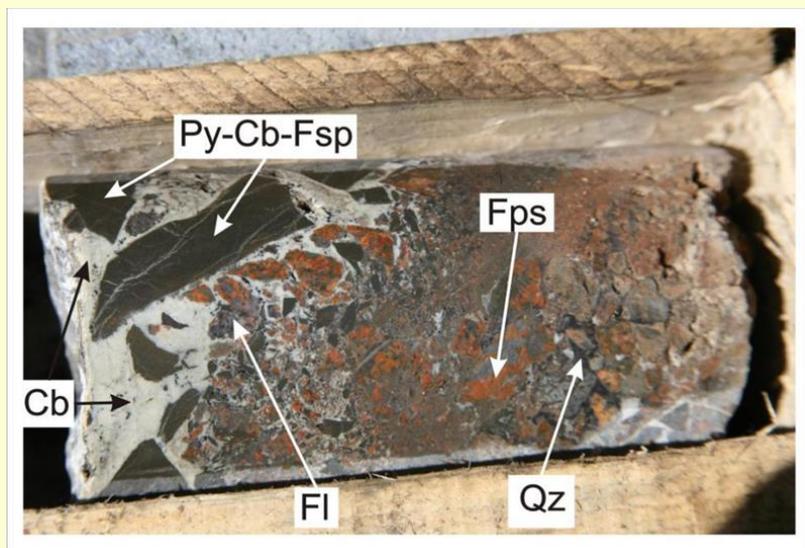
В распределении локальных продуктов изменения наблюдается некоторая вертикальная зональность, которая характеризуется тем, что *кварц-альбит-гематитовый* тип изменений развит на более верхних гипсометрических уровнях, чем *кварц-серицит-пиритовый*.

Околорудные метасоматиты

Основными типами околорудных (локальных) метасоматитов на эндогенных урановых месторождениях являются:

- в областях протоактивизации древних щитов: *альбититы* (кварц-альбит-эгирин-рибекит-арфедсонитовые);
- в областях мезозойской активизации древних щитов: *гумбеиты* (калишпат-карбонат-пиритовые) (*элькониты*);
- в складчатых областях и областях континентального вулканизма:
 - *эйситы* (кварц-альбит-гематитовые);
 - *березиты* (кварц-серицит-пиритовые);
 - *аргиллизиты*;
 - *глинисто-цеолитовые метасоматиы*.

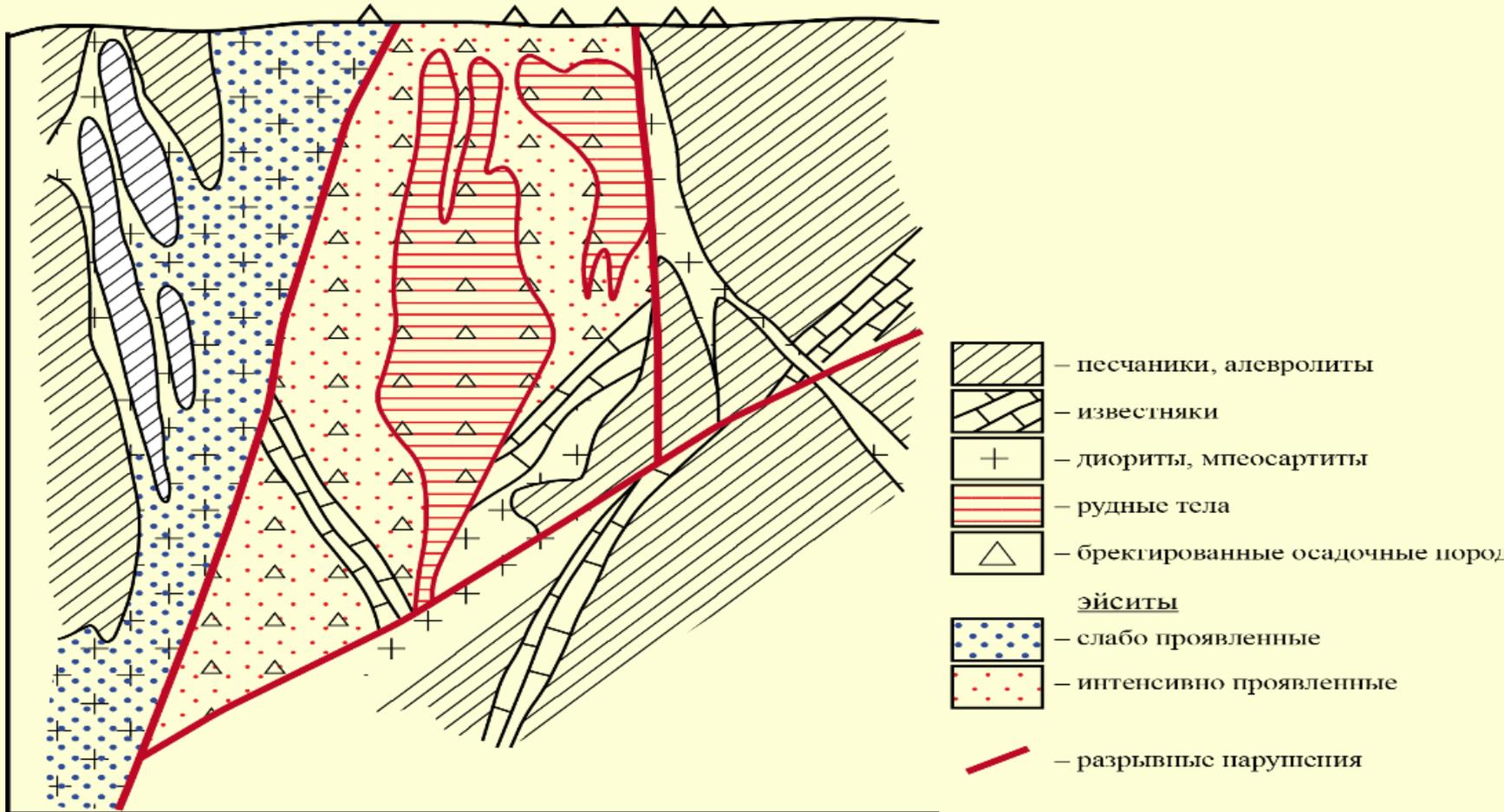
Гумбеиты (элькониты) по гнейсам

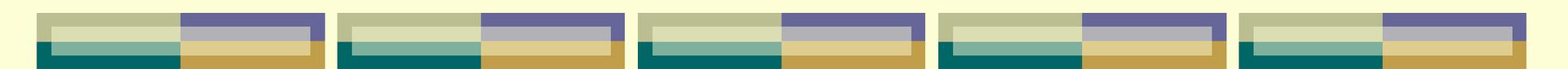


Эйситы по терригенной породе



Разрез через рудное тело в эйситах (Грачёвское месторождение, Сев. Казахстан, по данным Б.И. Омельяненко, Г.А. Лисициной, С.С. Наумова)





Коллективом кафедры под руководством *Рихванова Леонида Петровича в 2002 году* была составлена классификация метасоматических пород Алтае-Саянской складчатой области, в основу которой был положен **фациально-формационный** подход, основанный на теории “опережающей волны кислотных компонентов в постмагматических растворах” и метасоматической зональности Д.С. Коржинского [1955, 1957, 1993]. Данный подход, на наш взгляд, наиболее полно был реализован В.А. Жариковым и Б.И. Омеляненко [1965].

Было выделено *19 формационных типов метасоматических пород*. При этом, отдельно рассмотрен случай развития метасоматоза по *карбонатным породам*. Всего было выделено *14 видов продуктов* метасоматического замещения этих пород: от доломитизированных пород и доломитов, мусковитизированных и флюоритизированных пород (апокарбонатные грейзены), альбит-апатитовых, кварц-серицит-пиритовых и других типов метасоматитов, которые условно могут быть объединены в 5 метасоматических формаций.

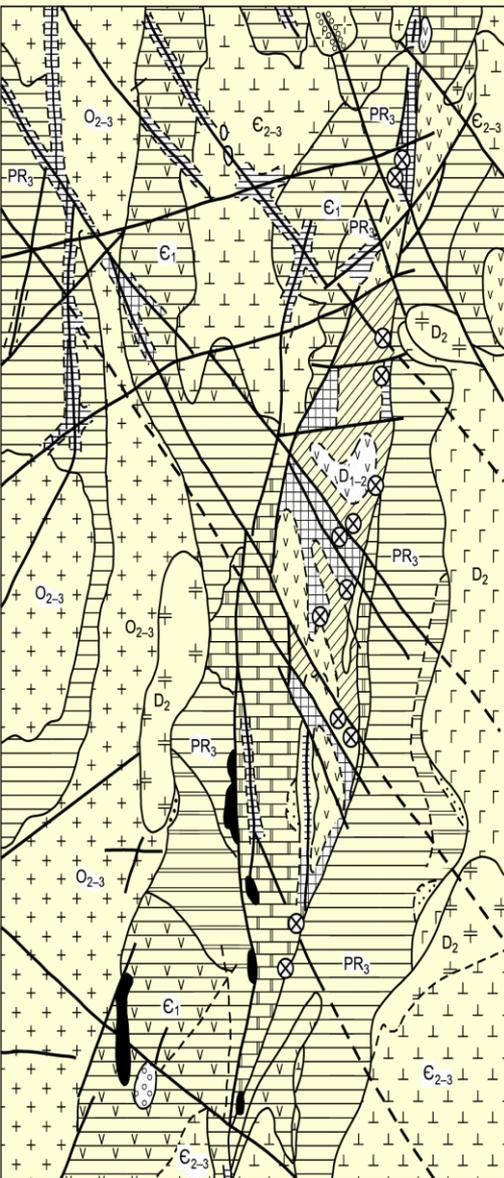


Систематика метасоматитов Алтае-Саянской складчатой области согласно классификации и номенклатуры метаморфических пород [1992]

1.	Группа контактово-реакционных метасоматитов
1.1	Подгруппа метасоматитов магматического фронта
1.1.1	<i>Кремнещелочные метасоматиты</i>
1.1.2	<i>Фениты</i>
1.1.3	<i>Магнезиальные скарны</i>
1.2	Подгруппа постмагматических метасоматитов
1.2.1	<i>Магнезиальные скарны</i>
1.2.2	<i>Известковые скарны</i>
1.2.3	<i>Родингиты и нефритоносные метасоматы</i>
2.	Группа кислотных метасоматитов
2.1	<i>Аргиллизиты (кварц-гидрослюдистые метасоматиты)</i>
2.2	<i>Березиты-листвениты</i>
2.3	<i>Вторичные кварциты</i>
2.4	<i>Грейзены</i>
2.5	<i>Серпентиниты</i>
2.6	<i>Тальк-карбонатные метасоматиты</i>
3.	Группа щелочных метасоматитов
3.1	<i>Кварц-альбит-микроклиновые с щелочными темноцветами метасоматиты (квальмиты, альбититы)</i>
3.2	<i>Эйситы</i>
4.	Группа щелочно-земельных метасоматитов
4.1	<i>Карбонатиты</i>
4.2	<i>Пропилиты</i>
5.	Группа внеформационных метасоматитов
5.1	<i>Доломитолиты и доломитизированные породы</i>
5.2	<i>Карбонат-кварцевые метасоматиты (джаспероиды)</i>
5.3	<i>Окремненные и флюоритизированные породы и др.</i>

Классификация метасоматических образований, пользующихся развитием по карбонатным породам

Продукты метасоматического замещения карбонатных пород	Стадия метасоматоза	Метасоматическая формация	Характер развития процесса	Оруденение
Доломиты и доломитизированные известняки	Ранняя щелочная	Формация доломитолитов	Площадной	U, Pb, Zn, Hg
Гематитизированные доломиты и доломитизированные известняки			Площадной	
Мусковитизированные	Кислотного выщелачивания и поздняя щелочная	Апокарбонатные грейзены	Локальный	Топаз, Be, Th, U, флюорит
Флюоритизированные			Локальный	Флюорит
Окварцованные (окремнённые)			Локальный	Pb, Zn, Au
Железомарганцевые метасоматиты			Локальный	Fe, Pb, Zn, Ag
Аргиллитизированные		Аргиллиты	Локальный	Pb, Zn, Sn, Hg
Лиственитизированные		Апокарбонатные березит-листвениты	Локальный	Au
Кварц-серицит-пиритовые			Локальный	U
Карбонат кварцевые				
Кварц-альбитовые		Эйситы	Локальный	U
Альбит-апатитовые (апатитовые)			Локальный	U, P
Баритизированные		Локальный	Pb, Zn, барит	
Карбонатные прожилки и жилы	Заключительная			

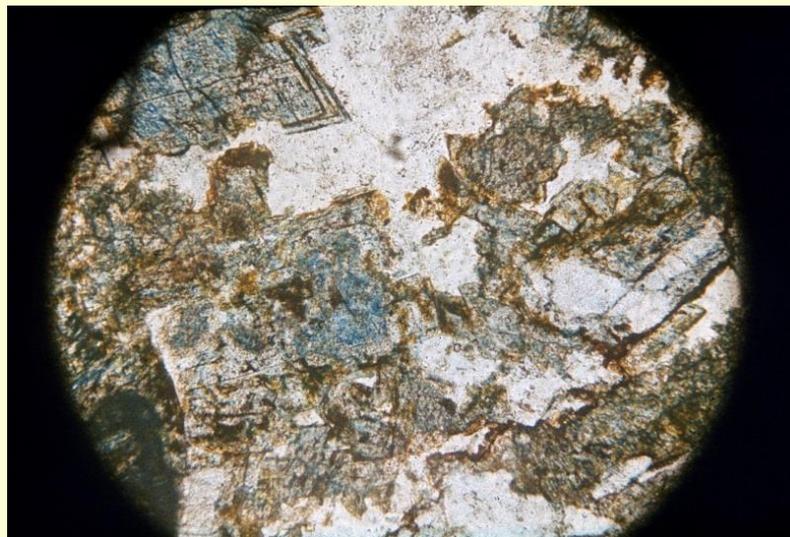
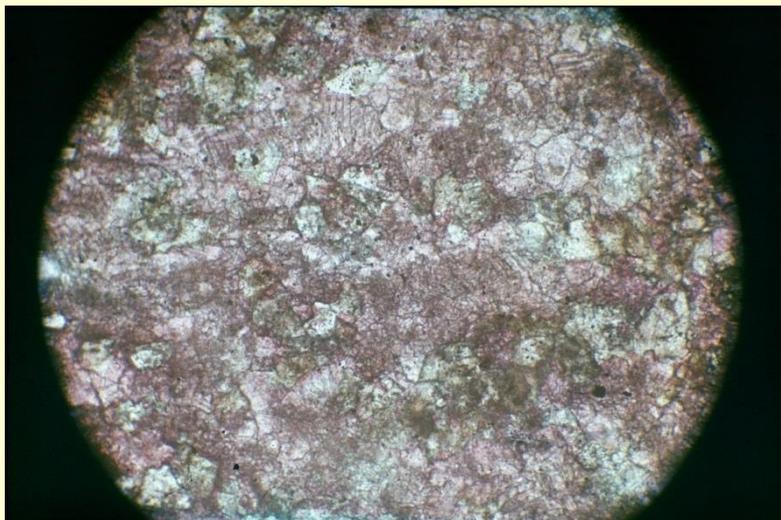
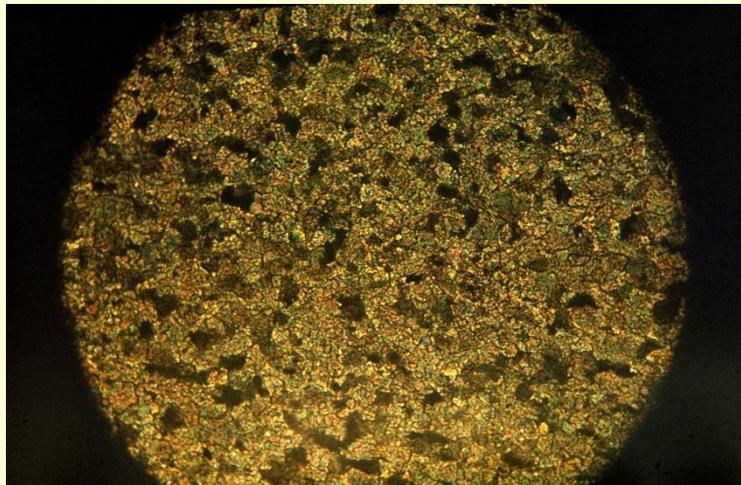


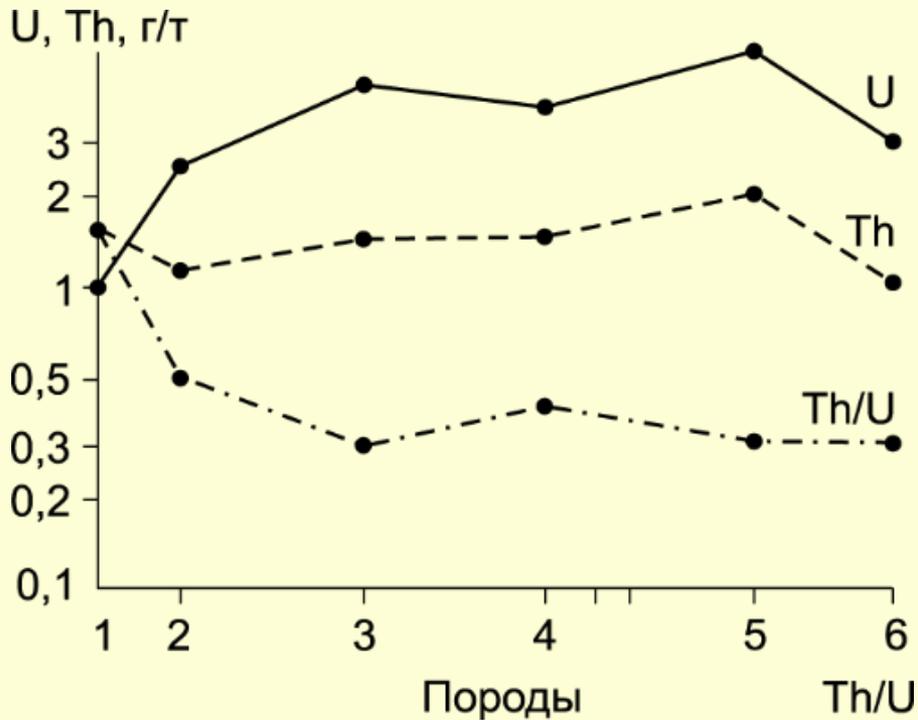
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17

Схематическая карта распространения гидротермально измененных пород в Терсинско-Талановской рудной зоне. Составили: Л.П. Рихванов, В.А. Домаренко, П.Г. Падерин, Ю.А. Фомин, В.В. Черепнин с использованием материалов ГГП “Березовгеология”, В.З. Мустафина, научных групп МГРИ, ВИМС и др

1 – существенно карбонатно-терригенные и эффузивно-сланцевые отложения верхнего рифея–кембрия; 2 – осадочно-вулканогенные отложения девона; 3 – кембрийский габбро-плагиигранитный комплекс; 4 – ордовик-силурийский гранодиоритовый комплекс; 5, 6 – габбро (5) сиенитовый (6) девонский комплекс; 7 – щелочные гранитоиды позднепалеозойского комплекса. 8–15 продукты гидротермального метаморфизма: 8 – серпентиниты и серпентинизированные перидотиты, 9 – мраморы и мраморизованные породы, 10 – **доломиты и доломитизированные известняки нижнего кембрия**, 11 – скарны и скарнированные породы, 12 – пропилиты и пропилитизированные породы, 13 – кварц-гидрослюдистые метасоматиты и окварцованные породы, 14 – кварц-полевошпатовые метасоматиты (квальмиты), 15 – участки с проявлением локальных околорудно измененных пород (березиты, эйситы); 16 – тектонические нарушения; 17 – геологические границы.

Процесс гидротермальной доломитизации по известнякам

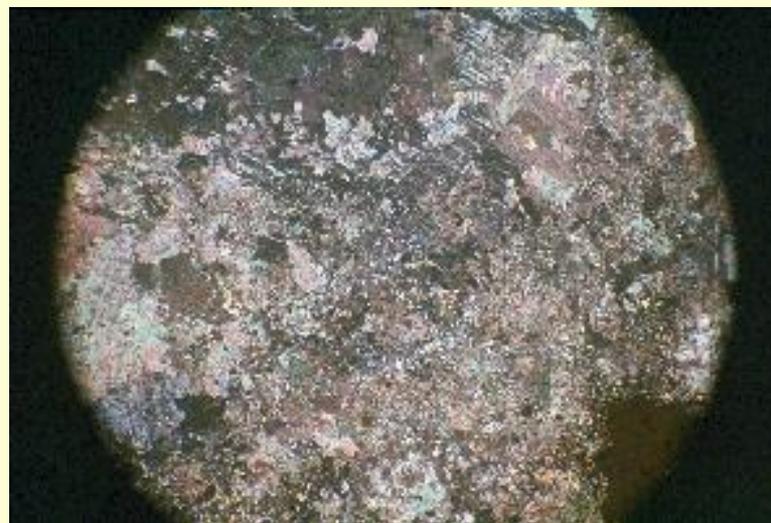
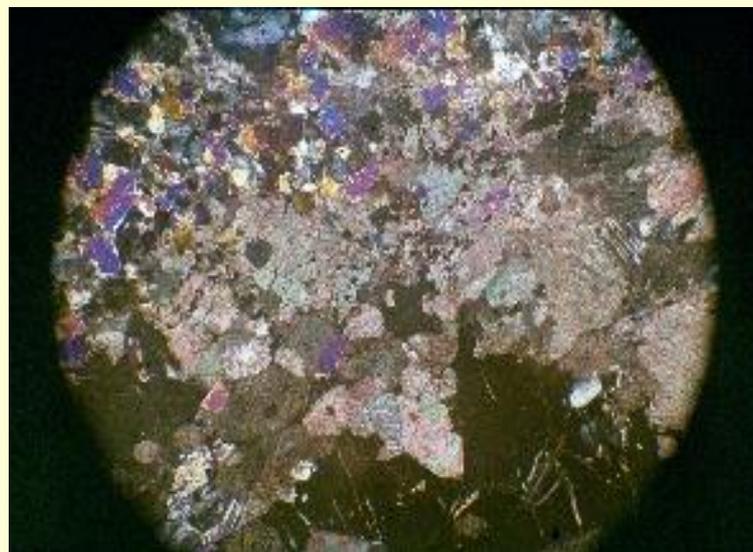
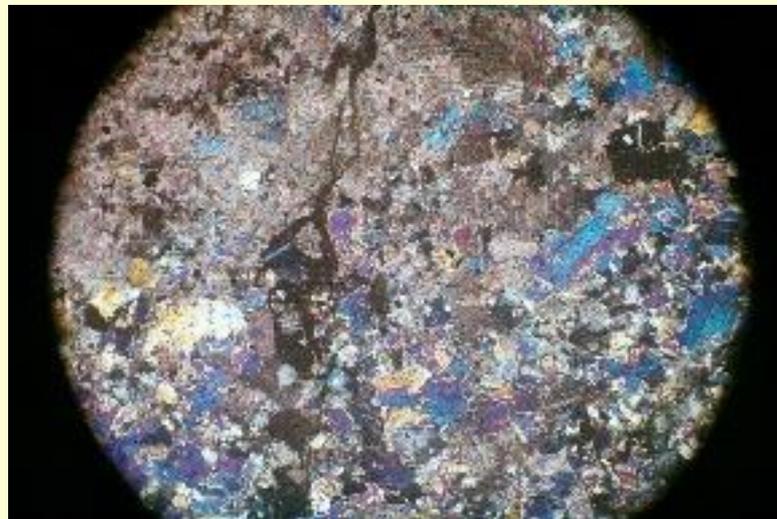
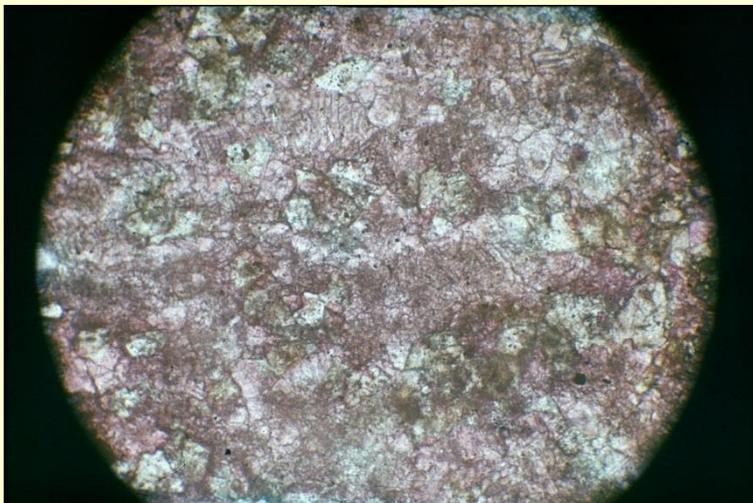


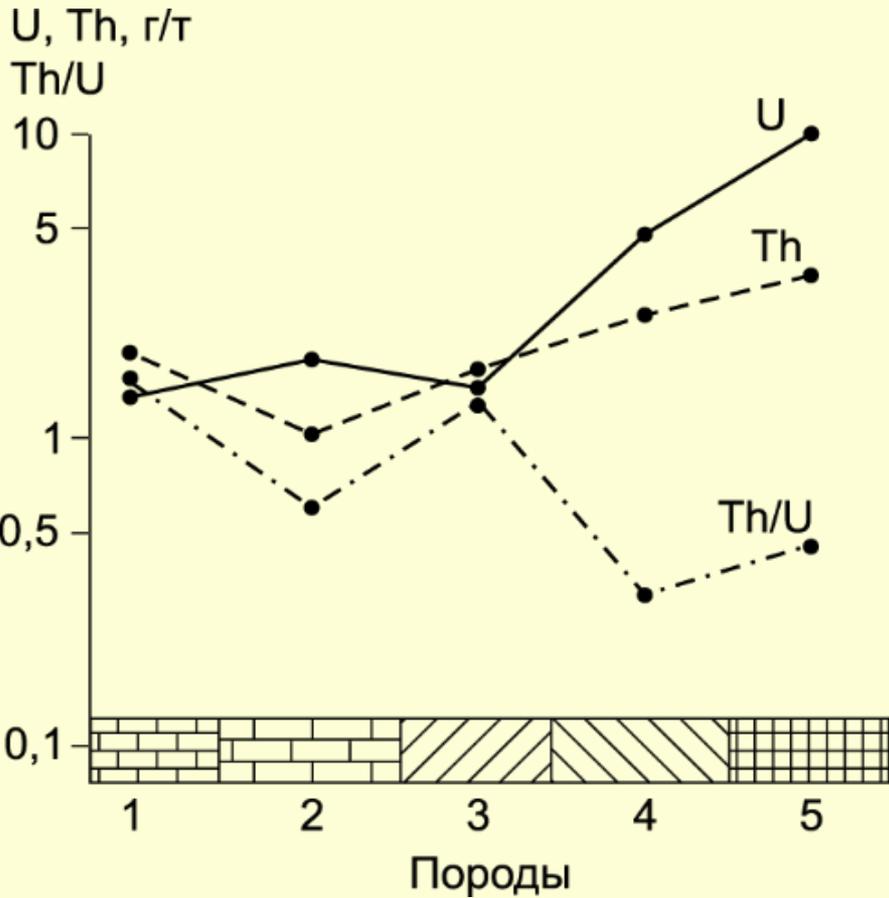


Поведение радиоактивных элементов при доломитизации известняков и гематитизации доломитизированных пород

1, 2 – известняки:
1–за пределами рудного поля;
2–в пределах рудного поля;
3–5–зоны доломитизации:
3–слабой; 4–средней;
5–интенсивной;
6–гематитизированные доломиты.

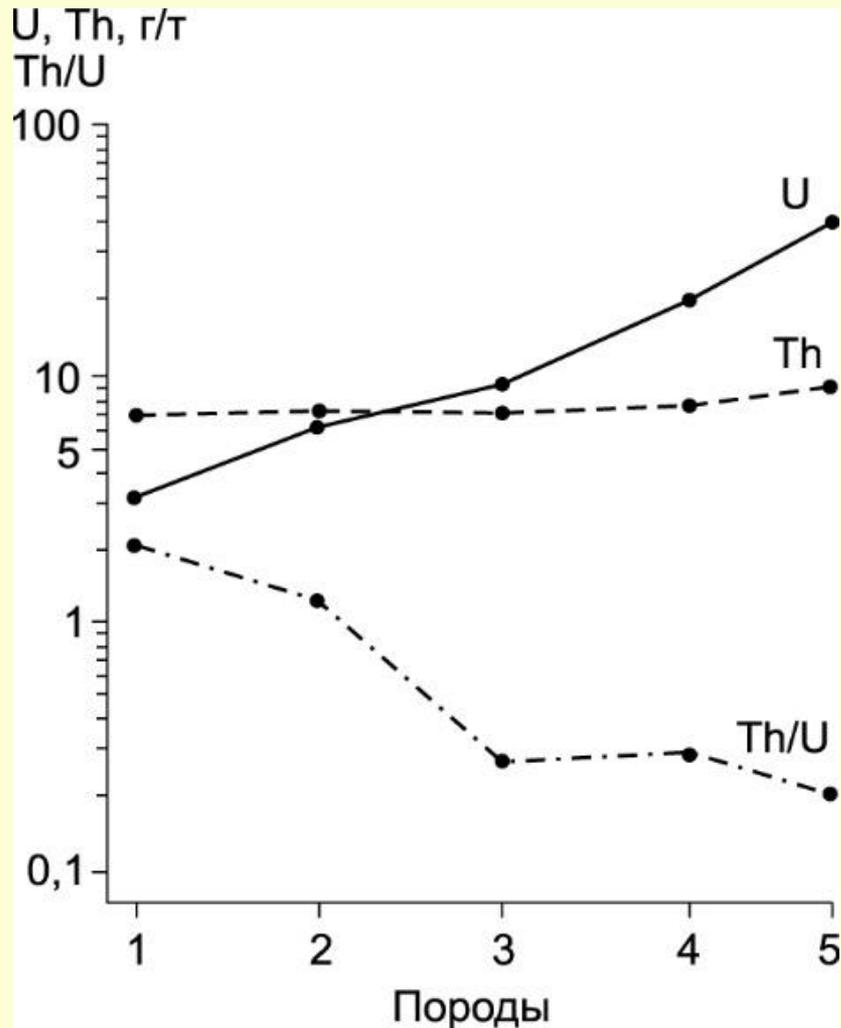
Процесс березитизации по карбонатным породам





Поведение радиоактивных элементов в процессе формирования карбонат-кварцевых метасоматитов по известнякам нижнего ордовика, Кузнецкий Алатау, Тайдонский грабен.

- 1—неизмененные известняки;**
- 2—перекристаллизованные известняки;**
- 3—доломитизированные метасоматиты;**
- 4—анкеритовые метасоматиты;**
- 5—анкерит-кварцевые и кварцевые метасоматиты.**

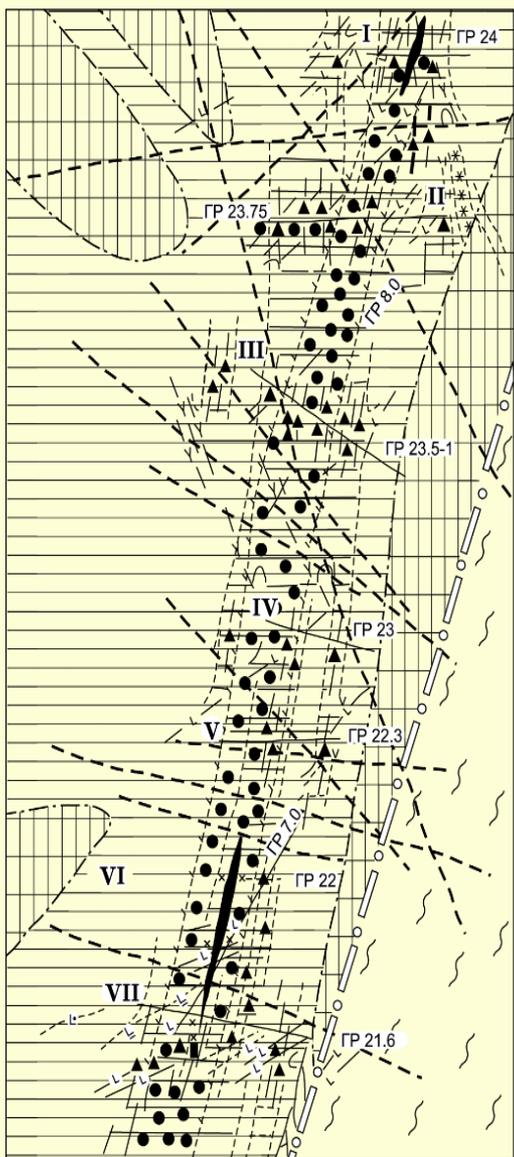


Поведение радиоактивных элементов в процессе флюоритизации известняков нижнего карбона. Сырской горизонт, Северо-Минусинская впадина

- 1, 2 – известняки:**
1 – на удалении от зон флюоритизации до 3–5 км;
2 – вблизи зон флюоритизации;
3–5 зоны флюоритизации:
3 – слабой (до 2 % флюорита);
4 – средней (до 5 % флюорита);
5 – интенсивной (>5 % флюорита).

Схематический геологический план рудного поля. Масштаб 1:25 000. Составили: Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, В.Г. Колосов с использованием материалов ГРП.

1 – существенно карбонатно–терригенные отложения верхнего протерозоя; *2* – неизменные известняки нижнего кембрия; *3* – дайки микрогаббро-диоритовых порфиритов; *4* – дайки плагиоклазовых порфиритов; *5* – дайки пропилитизированных лабрадор-пироксеновых порфиритов; *6* – дайки микрогаббровых и микрогаббро-диабазовых порфиритов; *7, 8* – разрывные нарушения: *7* – I порядка, прослеженные по геологическим и геофизическим данным; *8* – II порядка, установленные по геологическим и геофизическим данным; *9* – рудные зоны брекчирования, установленные по геологическим данным, и рудные тела; *10* – доломиты и доломитизированные известняки; *11* – гематитизированные доломиты; *12* – ореолы развития апокарбонатных березитов; *13* – ореол развития анкерита; *14* – ореол развития флюорита; *15* – номер тектонического блока, линия профиля.





Благодарю за внимание!