Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 13

«Тектониты и меланжи»

Предварительные замечания. Определения

Тектониты – деформированные породы, текстура (а иногда и структура) которых, отражает историю деформаций [*Б. Зандер, 1930*].

Т.е. тектонитами следует называть только те породы, которые не просто подверглись тектоническому воздействию, но и сохранили следы этого воздействия в своем строении.

Тектониты – это все раздробленные и перетертые породы, сопровождающие разрывные нарушения, от брекчий до милонитов [*В.В. Белоусов, 1986*].

Можно выделить две основные разновидности тектонитов :

– **катакластические тектониты** (катаклазиты) образуются в результате хрупкого разрушения пород;

– **стресс-метаморфические тектониты** (стресс-тектониты) образуются в результате пластического течения.

Между этими разновидностями нет четкой границы, но крайние разности различаются хорошо.

Катаклаз – процесс грануляции, раздробления или измельчения монолитной массы породы, в результате которого образовался более тонкозернистый материал, называемый… **катаклазитом** [*Т. Энгельдер, Пенсильванский университет. Цитируется по СГиТП*].

Катаклазиты (*в широком смысле слова!*) образуются при высоких скоростях деформации, низких давлениях (до 5 кбар) и низких температурах (до 200°С), т.е. к катаклазитам относится любая горная порода, подвергшаяся деформации, при которой зерна меньших размеров образовались за счет хрупкого разрушения более крупных зерен.

Катаклазиты отличаются незначительной степенью перекристаллизации первичных минералов.

Обычно катаклазиты приурочены к сдвигам и сбросам, реже связаны с надвигами.

NB! Обстановка формирования катаклазитов – почти всегда **простой сдвиг**!

Разновидности катаклазитов

Класс несвязных катаклазитов

Разломная брекчия – несвязная горная порода, в которой *более 30%* объема составляют обломки, различимые невооруженным глазом и превосходящие средний размер обломков матрикса.

Разломная глинка (глинка трения) – несвязная горная порода, в которой *менее 30%* объема составляют обломки, различимые невооруженным глазом и превосходящие средний размер обломков матрикса.

Класс связных катаклазитов

Тектоническая брекчия – крупнообломочный катаклазит, состоящий из матрикса и обломков пород, как правило, угловатой формы, испытавших жесткое вращение. Матрикс может быть представлен тонко раздробленным материалом, а может быть частично или полностью замещен гидротермальными минералами.

Какирит (орешник) – тектоническая брекчия, в которой обломки имеют размер до 1 см.

Катаклазит (*в узком смысле слова!*) – микрообломочная тектоническая брекчия (обломки различимы под микроскопом).

Милонит – катаклазит, представленный агрегатом тонкоперетертых зерен, частично перекристаллизованных. Даже под микроскопом обломочная структура породы бывает плохо различима. Часто милонит имеет ленточную или волокнистую текстуру.

Тектонические брекчии

Тектонические брекчии по кварцевым жилам – очень распространенный вид тектонических брекчий. Кварцевые жилы приурочены к зонам разрывов, а последующие движения по этим разрывам приводят к катаклазу.

Тектонические брекчии с лимонитовым цементом. В обломках – жильный кварц. Ю. Урал

Тектонические брекчии с кварцевым цементом. В обломках – жильный кварц. Ю. Урал

В условиях высокой проницаемости зон разрывов матрикс часто замещается различными гидротермальными минералами, в том числе, и более поздним кварцем

Тектонические брекчии по осадочным породам **не следует путать с седиментационными брекчиями**. Основное отличие – **состав матрикса**: в седиментационных брекчиях матрикс **нормальный терригенный**, в тектонических – состоит из раздробленного и перетертого материала самих обломков.

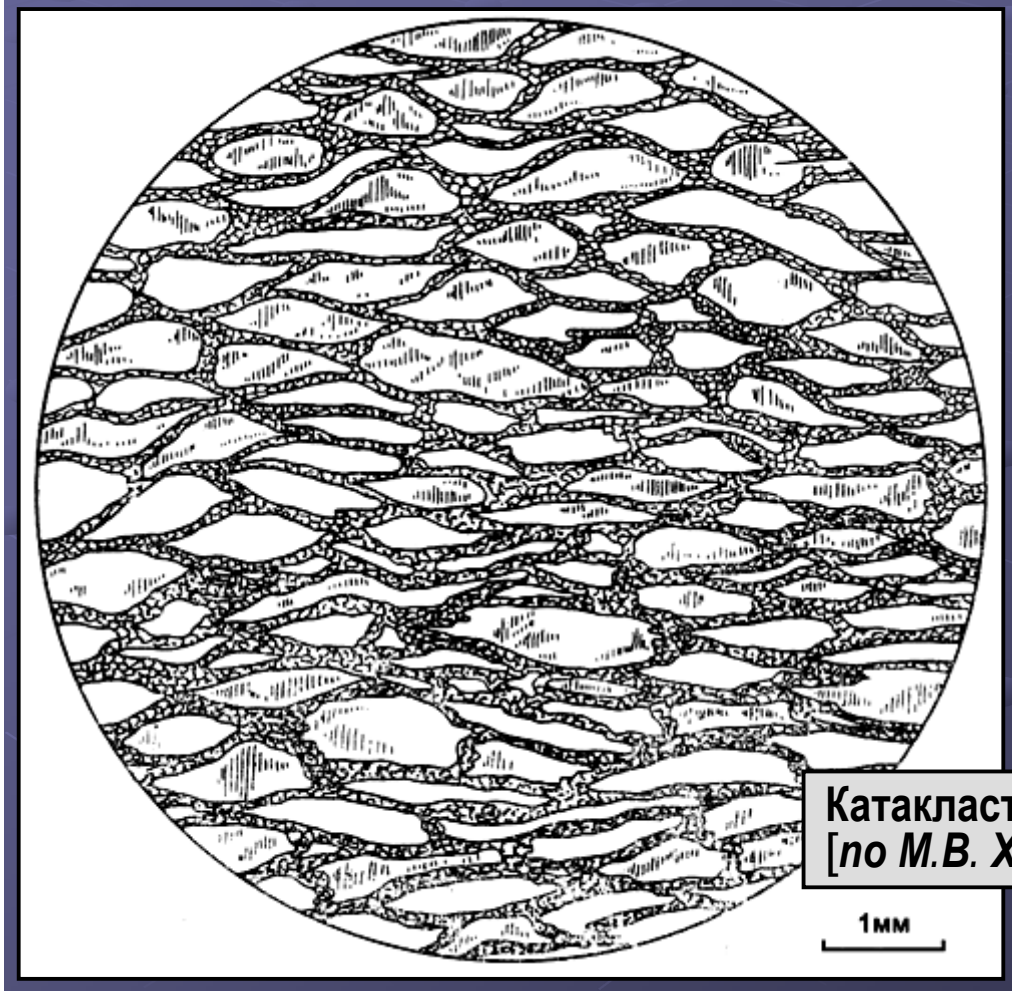
Тектонические брекчии с лимонитизированным матриксом по слоистым алевролитам. Ю. Урал

При продолжительных деформациях тектонические брекчии могут подвергаться повторной тектонизации, обломки расплющиваются и разворачиваются, появляется ориентировка раздавленных обломков

Тектонические брекчии с кварцевым цементом по кварцитам с линейной текстурой. Ю. Урал

Катаклазиты (в узком смысле слова)

"**Катаклазит**" – микрообломочная тектоническая брекчия, обломки которой различимы при небольшом увеличении под микроскопом.



Катакластическая структура в кварците. [*по М.В. Хиггинсу из Э.У. Спенсера, 1981*]

Терминологические сложности возникают, кроме всего прочего, из-за трудностей в определении природы деформаций, которая далеко не всегда бывает катакластической. Часто за катаклазиты принимают тектониты, возникшие за счет других процессов (синтектоническая перекристаллизация, пластическая деформация). Кроме того, для большей части тектонитов характерно сочетание разных механизмов формирования.

Милониты

Милониты – катаклазиты, представленные агрегатом тонкоперетертых зерен, частично перекристаллизованных. Часто милониты имеют ленточную или волокнистую текстуру, почти всегда в них присутствуют более крупные обломки (порфирокласты). Т.е. милонит можно представить как микроскопическую брекчию давления со структурами течения, в которой измельченный материал обтекает порфирокласты.

Зона милонитов по лейкогранитам. Ю. Урал

Милониты образуются при фрикционном скольжении между плоскостями, они могут выдавливаться в трещины вмещающей породы

Смятые в складки милониты по долеритам. Фото Кирмасова

Типы милонитов*

1. Класс слабо перекристаллизованных милонитов:

Протомилонит – содержит более 50% порфирокластов (реликтовых зерен материнских пород), которые хорошо видны невооруженным глазом.

Истинный милонит – содержит 10–15% порфирокластов, большая часть которых видна невооруженным глазом (размер больше 0,2 мм).

Ультрамилонит – очень тонкоперетертый, содержащий менее 10% порфирокластов размером до 0,2 мм; даже в шлифе кажется аморфным.

Филлонит – обобщающий термин для истинного милонита и ультрамилонита

2. Класс значительно перекристаллизованных милонитов:

Милонитовый гнейс – содержит более 30% порфирокластов и обладает листоватой и расслоенной текстурой.

Милонитовый сланец – аналог милонитового гнейса, обладает только листоватой текстурой.

Бластомилонит – содержит менее 30% порфирокластов размером <0,5 мм;

Псевдотахилит – милонит, "подплавленный" в результате интенсивного фрикционного скольжения, состоит из стекловатого вещества и обломков катаклазитов.

* [*по М.В. Хиггинсу, 1971*]

Доля обломков или порфиро-кластов (%)	Катаклаз преобладает над неоминерализацией и перекристаллизацией			Неоминерализация и перекристаллизация преобладает над катаклазом	Характерный размер *большинства* обломков (порфирокластов)
	Породы без текстуры течения	Породы с текстурой течения			
> 50	*Микробрекчия*	*Протомилонит*		*Милонитовый гнейс (милонитовый сланец)*	Видны невооруженным глазом
< 50 30 > 10		*Милонит*	*Филониты*		> 0,2 мм
< 10	*Катаклазит*	*Ультрамилонит*		*Бластомилонит*	< 0,2 мм

Таблица типов мелкообломочных катаклазитов [*по М.В. Хиггинсу*, 1971]

Стадии развития милонитов:

1) **Протомилонит** образуется при первичном дроблении любых материнских пород, при этом сами эти породы образуют крупные порфирокласты, погруженные в дробленый матрикс.

2) **Истинный милонит** образуется при дальнейшем дроблении протомилонита, порфирокласты включены в матрицу тонко перетертых минералов.

3) **Ультрамилонит** образуется при дальнейшем дроблении милонита до очень тонкой массы, когда порода приобретает вид кремня с раковистым изломом.

4) **Псевдотахилит** образуется на последней стадии милонитизации в результате переплавления ультрамилонита за счет тепла, выделяемого при трении.

Стресс-тектониты. Механизмы

Пластическая деформация – это деформация без разрушения. Существует несколько изученных механизмов пластической деформации:

1. **Межзерновое скольжение** – перемещение отдельных зерен породы относительно друг друга. Такой механизм легко работает в обломочных породах, а большинстве других проявляется только после грануляции или дробления .

2. **Перекристаллизация** – образование новых минеральных зерен в твердой породе:

   1) увеличение в преимущественном направлении размеров существующих зерен,

   2) зарождение новых зерен в этом направлении за счет уменьшения размеров других зерен.

При трехосном сжатии происходит переориентация кристаллографических осей минералов, возникает сланцеватость или линейность.

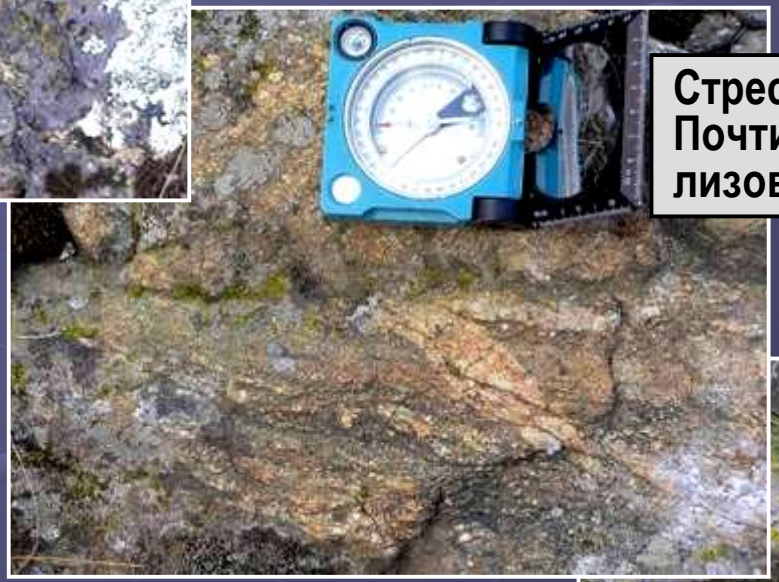
3. **Внутризерновое скольжение** – трансляционное скольжение, двойниковое скольжение, кингинг.

NB! Внутризерновое скольжение не приводит к образованию тектонитов!

Принятой классификации стресс-тектонитов, т.е. тектонитов, возникших в условиях пластического течения, не существует, скорее всего из-за того, что они бесконечно разнообразны.

Их текстура, структура и состав зависят от множества причин: давления, температуры, первичного состава, флюидного режима, скорости смещения по инициирующим разрывам и т.д.

Стресс-тектониты по гранитам. Велика доля катаклаза, но порода уже существенно перекристаллизована

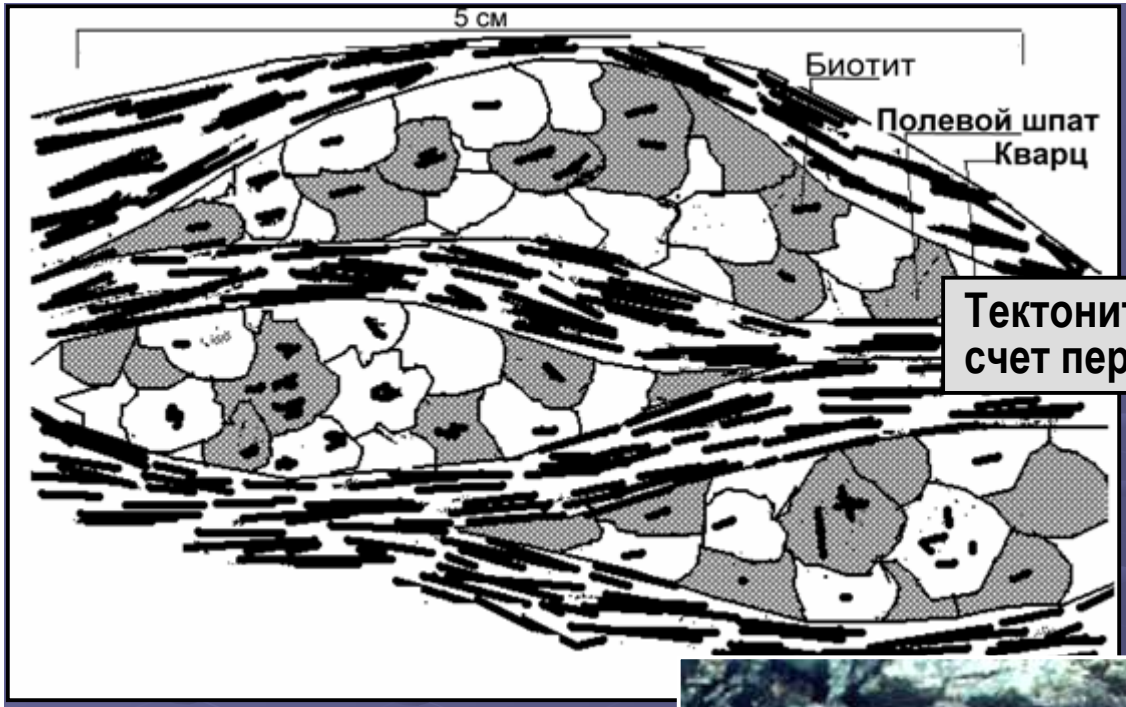


Стресс-тектониты по гранитам. Почти целиком перекристал-лизованные граниты

Стресс-тектониты по гранитам, раздавленным неравномерно. Менее раздробленные полосы разлинзованы

Стресс-тектониты по граувакковым алевролитам. Линейность обусловлена перекристаллизацией темноцветных минералов. Ю. Урал

Стресс-тектониты по габброидам, раздавленным неравномерно. Наименее тектонизированые участки будинированы с формированием очковой текстуры. Ю. Урал



Тектониты по гранитам. Разлинзование за счет перекристаллизации биотита. Ю. Урал

Тектониты по неравномерно раздавленным базальтам. Менее раздробленные полосы разлинзованы. Ю. Урал

Крупнообломочный тектонит.
Брекчированные и раздавленные базальты ордовика. Ю. Урал

Крупнообломочный тектонит по базальтам ордовика, смятый в складки. Ю. Урал

Общие типы тектонитов

- **S-тектониты** – породы с плоскостными (план-параллельными) элементами текстуры, возникшими при деформации, т.е. – *с наложенными элементами текстуры*. Например, это сланцы с ориентированными зернами слюд.
- **B-тектониты (L-тектониты)** – порода с линейными элементами текстуры, возникшими при деформации. К ним могут относится породы с такими типами тектонической линейности, как *линейность обособленных объектов*, *линейность пересечения*, *линейность мелких пликативных* и *дизъюнктивных структур*.
- **R-тектониты** – разновидность B-тектонитов, в образовании линейных текстур которых существенную роль играло вращение. Трудно доказуемые тектониты.
- **SF-тектониты** – породы с плоскостными элементами текстуры, которые образованы серией поверхностей разрывов, обычно, с зеркалами скольжения. Как правило, эта текстура не зависит от ориентировки зерен в породе.

NB! S-, B- и R-тектониты могут также включать *унаследованные текстурные и структурные элементы*, например, ориентированные первичные кристаллы.

Всегда обращай внимание на то, что под ногами!

Меланжи (хаотические комплексы, микститы)

Меланж – это тело деформированных пород, основная масса которого включает хаотически распределенные обломки и блоки [*СГиТП*].

Меланж – сложные зоны своеобразных брекчий длительного развития. Обвальные и обвально-оползневые глыбовые брекчии зоны меланжа первоначально отлагались в морских условиях, в относительно глубоководных прогибах, а в дальнейшем они были переработаны в зонах развития надвигов [*Л.И. Красный*].

Меланжи, строго говоря, нельзя называть "тектонитами", т.е. породами тектонического происхождения, поскольку это не породы, а довольно крупные геологические тела. Вместе с тем, для мелкообломочного меланжа эта граница весьма условна.

Типы меланжа [*по Гринли (Greenly, 1919)*]

- Ø **главный** (содержит глыбы разнообразных пород)
- Ø **конседиментационный** (содержит глыбы только "своих" пород, нет экзотических)

Типы меланжа [*по И.И. Белостоцкому, 1970*]:

- Ø **тектонический** (связан с покровной тектоникой)
- Ø **осадочный** (связан гравитационным обрушением, отражает фазы конседиментационного тектогенеза)
- Ø **сложного строения** (сочетает черты строения и способов образования первых двух типов)

Если вдуматься, то меланжи стоит разделять вовсе не по составу обломков или способу образования, а по положению в общей структуре, то есть логично выделять два типа:

1. **Стратифицированный**, т.е. образовавшийся в качестве конседиментационной осадочной (обвальной) брекчии и подчиняющийся закону Стено. Такой меланж называют **олистостромой**.

Близкие терминологические аналоги:

- конседиментационный (*по Гринли*)
- осадочный (*по Белостоцкому*)

2. **Нестратифицированный**, т.е. образовавшийся в качестве крупно- и гигантообломочной тектонической брекчии и не подчиняющийся закону Стено.

Близкие терминологические аналоги:

- главный (*по Гринли*)
- тектонический (*по Белостоцкому*)
- сложного строения (*по Белостоцкому*)

Олистостромы

Олистостромы – это микститы, в которых чужеродные глыбы погружены в матрикс осадочного происхождения [*Геологическое картирование хаотических комплексов, 1992*].

Синонимы: "**дикий флиш**", "**глыбовые брекчии**", "**хаотические брекчии**" и пр.

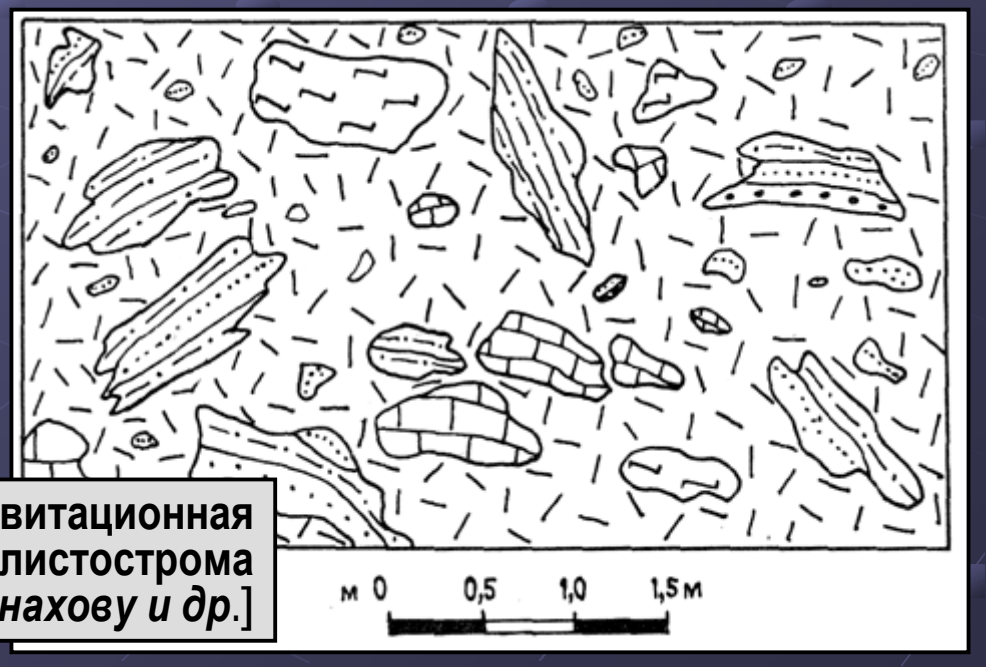
По характеру матрикса выделяют два типа олистостром:

– **с нестратифицированным матриксом** (образуют отдельные четко очерченные тела, осадочный матрикс неслоистый);

– **со стратифицированным матриксом** (глыбы рассеяны в слоистом матриксе и границы олистостромы проводятся условно).

Иногда различают олистостромы (1) **гравитационные** и (2) **тектоно-гравитационные**:

первые (1) образуются в результате простых оползней, без видимого влияния тектонического фактора, а вторые (2) в результате обвалов, вызванных продвижением фронтальной части надвигов, т.е. под непосредственным влиянием тектонического фактора. Определение этих типов олистостром всегда трудно, поскольку они не сильно отличаются друг от друга морфологически



Гравитационная олистострома [*по М.В. Ненахову и др.*]

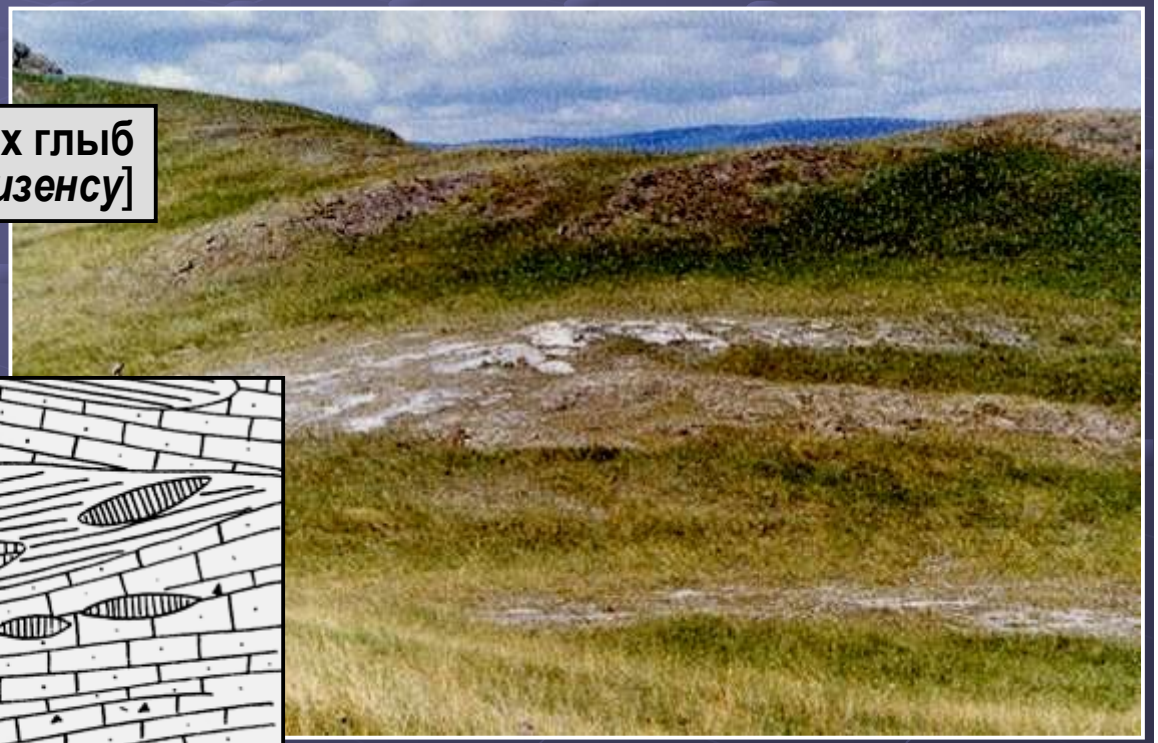
Схема формирования тектоно-гравитационной олистостромы [*по М.Г. Леонову*]

Тектоно-гравитационная олистострома формируется за счет гравитационного сползания или обрушения перед фронтом шарьяжа, движущегося в сторону бассейна с крутым склоном. Лобовая часть шарьяжа разрушается, оторванные глыбы (**олистолиты**) и даже крупные части целых пластов (**олистоплаки**) сползают и оказываются захороненными в песчаном или алевритовом матриксе на значительной глубине. Часто олистолиты бывают не тектонизированы. Олистоплаки при картировании иногда принимают за нормальные пласты, хотя они всегда древнее матрикса.

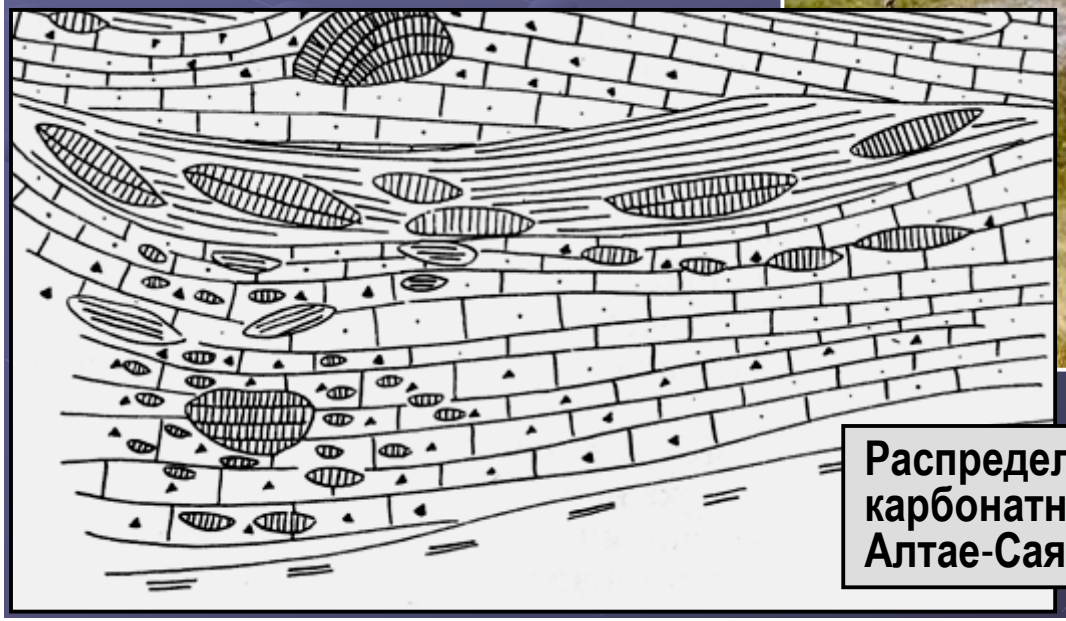
При дальнейшем шарьировании в пакет тектонических пластин могут быть вовлечены и части бассейна с олистостромами, тогда могут формироваться меланжи сложного строения.

Распределение олистолитов в олистостроме крайне неравномерное. Наряду с уровнями, в которых глыбы распределены более или менее равномерно, наблюдаются участки сгущения олистолитов. Обычно вокруг крупных блоков располагается шлейф более мелких обломков, размер которых постепенно уменьшается по мере удаления от основной глыбы.

На отдельных стратиграфических уровнях олистолиты располагаются цепочками, имеют удлиненно-лизовидную форму и напоминают будины.

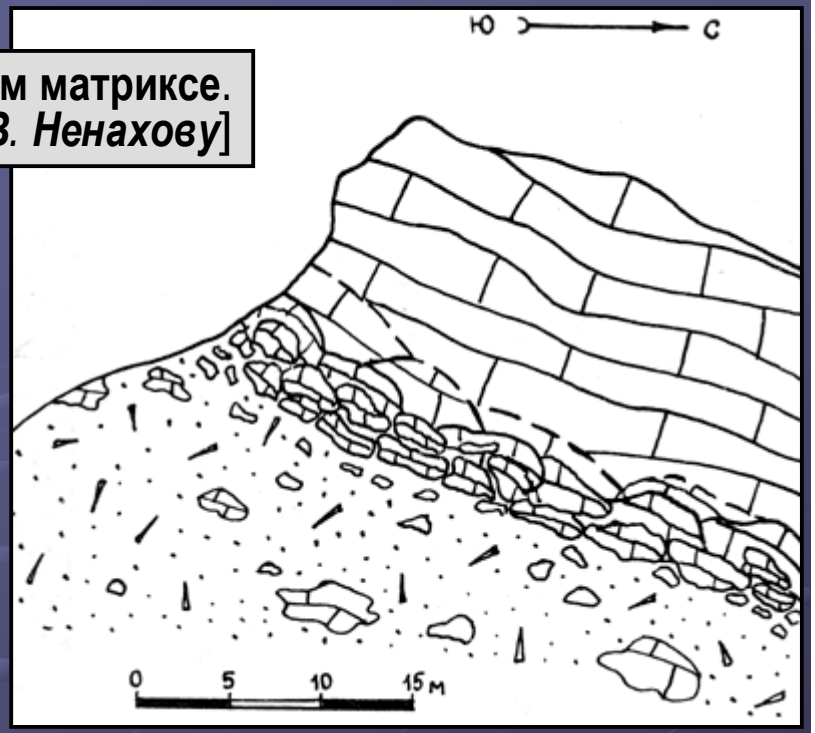


Выходы карбонатных глыб олистостромы. Ю. Урал [*по Г.А. Мизенсу*]

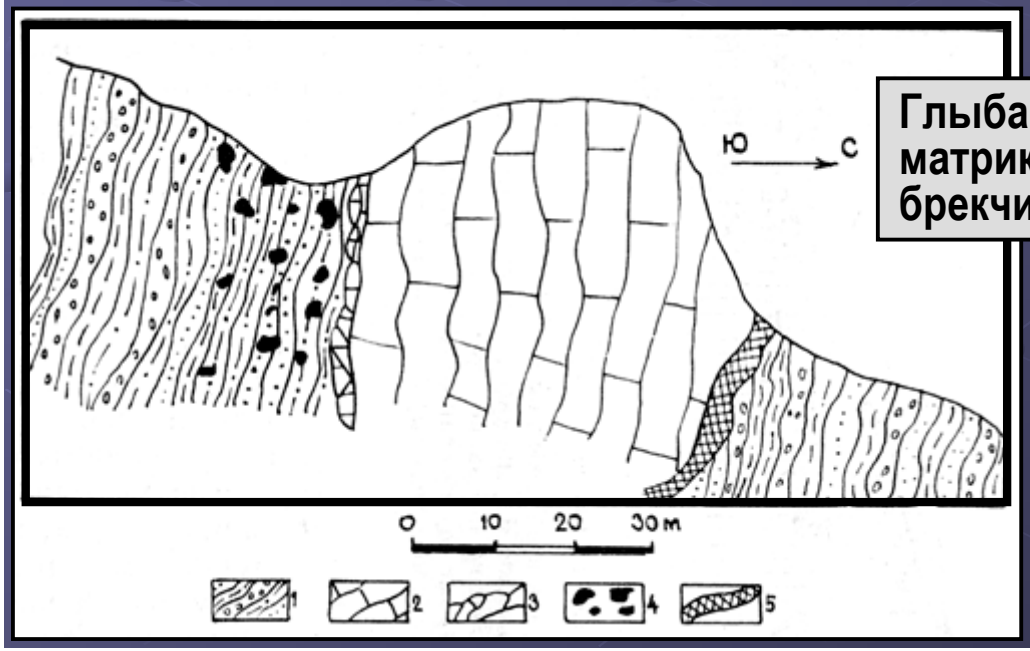


Распределение олистолитов кремней в карбонатно-терригенной олистостроме. Алтае-Саянская область [*по Г.Г. Семенову*]

Глыба известняков в слоистом терригенном матриксе. Подошва брекчирована. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]



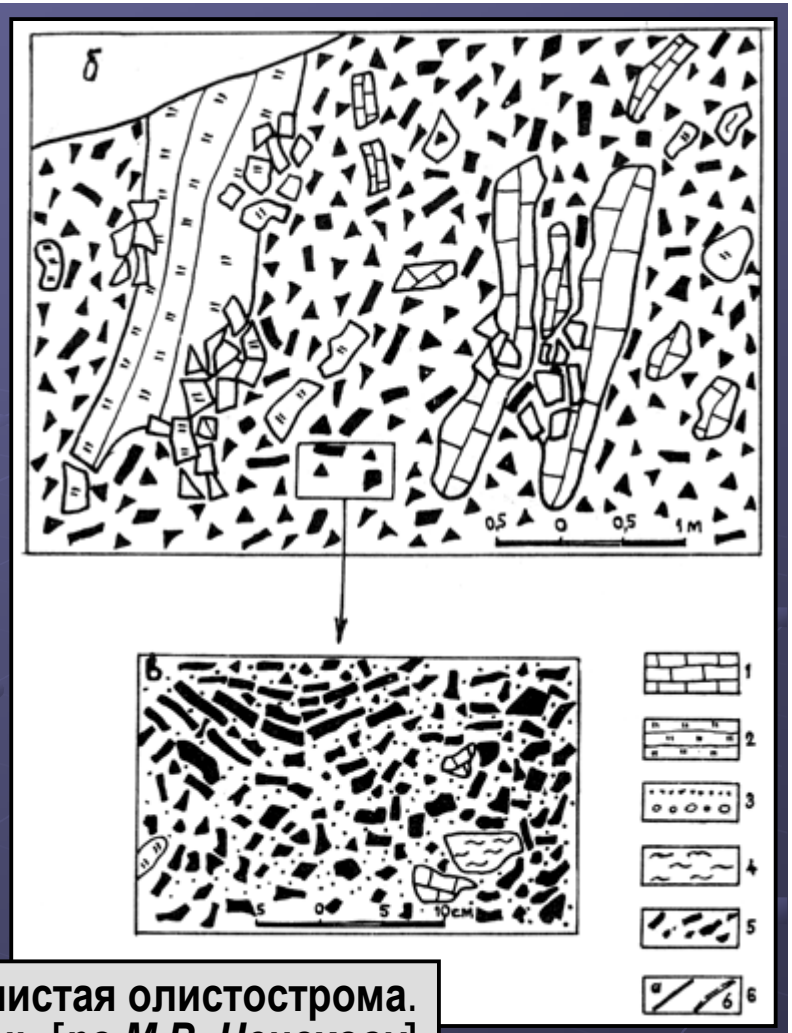
У крупных глыб бывает отчетливо выраженная "подошва" и "кровля". В подошве породы матрикса бывают рассланцованы или интенсивно брекчированы, содержат обломки пород самой глыбы и матрикса. В кровле глыб рассланцевания нет, но породы глыбы могут быть дополнительно брекчированы, а вышележащий матрикс обычно содержит шлейф пород глыбы



Глыба известняков в слоистом терригенном матриксе. Подошва рассланцова, кровля брекчирована. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]

В мелкообломочной олистостроме иногда наблюдается "сериально-обломочная" структура, которая выражается в нескольких сериях размеров обломков. В очень тонкий терригенный матрикс погружены мелкие угловатые обломки кремней, которые сами являются матриксом для более крупных глыб.

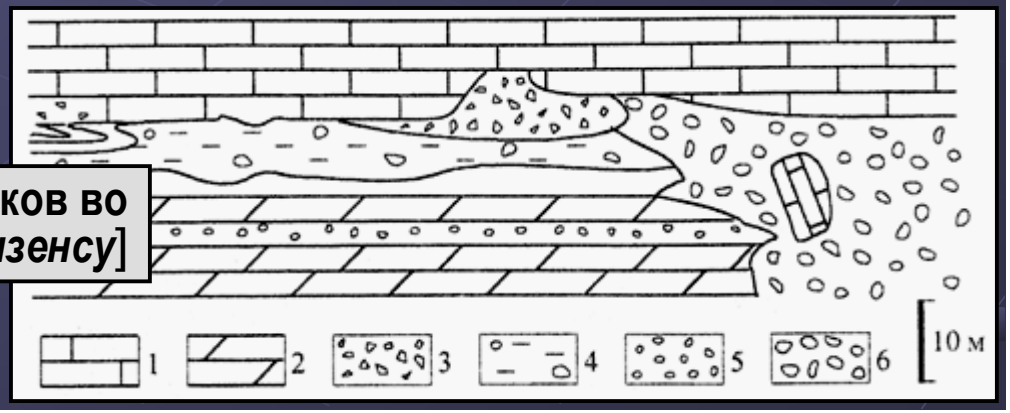
Обломки слоистых кремней в сериально-обломочной олистостроме. Ю. Урал



Кремнистая олистострома. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]

Олистоплаки известняков и конгломератов во флише. Ю. Урал [*по Г.А. Мизенсу*]

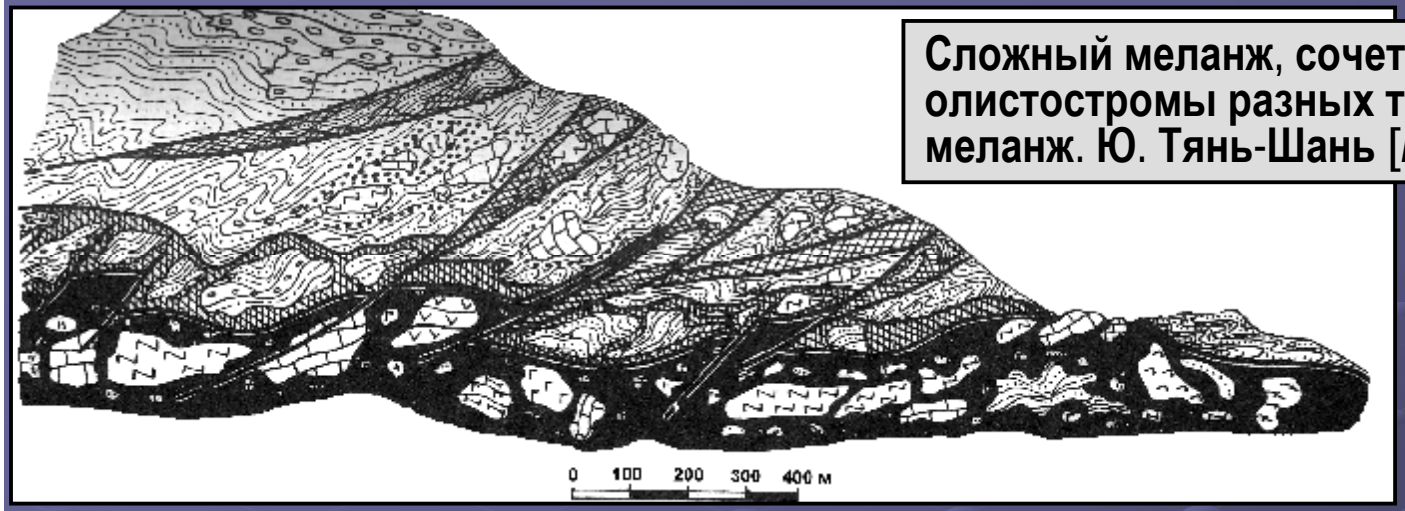
В крупных олистостромах часто наблюдаются целые переместившиеся пласты инородных пород – **олистоплаки**. Они могут иметь протяженность во многие километры при относительно небольшой мощности. Часто такие олистоплаки при картировании принимают за нормально залегающие пласты, что приводит к искаженному пониманию стратиграфического разреза, а, следовательно, и истории развития региона. Проблема может быть решена либо изучением фаунистических остатков, которые в матриксе и олистоплаках должны давать разный возраст, либо детальным изучением контактов предполагаемых олистоплаков.



Подошва олистоплака известняков во флише. Ю. Урал [*по Г.А. Мизенсу*]

Олистоплаки слоистых кремней в девонской олистостроме. Пласты кремней резко обрываются и переходят в брекчии. Ю. Урал

Тектонизированные олистостромы



Сложный меланж, сочетающий гравитационные олистостромы разных типов и тектонический меланж. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]

В зонах активного тектогенеза, обычно в коллизионных зонах, часто наблюдаются сложно построенные меланжи, в которых сочетаются элементы олистостром гравитационного и тектоно-гравитационного типов с элементами чисто тектонического происхождения (с собственно тектоническим меланжем). Особенно сложные меланжи возникают, когда олистострома подвергается вторичной тектонизации. При этом матрикс может вести себя как пластическое тело, а олистолиты – как хрупкие. В этом случае олистолиты могут подвергаться дополнительному дроблению, которое очень сложно идентифицировать.

Структурированный меланж [по К. Крылову]

Тектонические меланжи

Нестратифицированные (тектонические) **меланжи** принято разделять на осадочные и серпентинитовые.

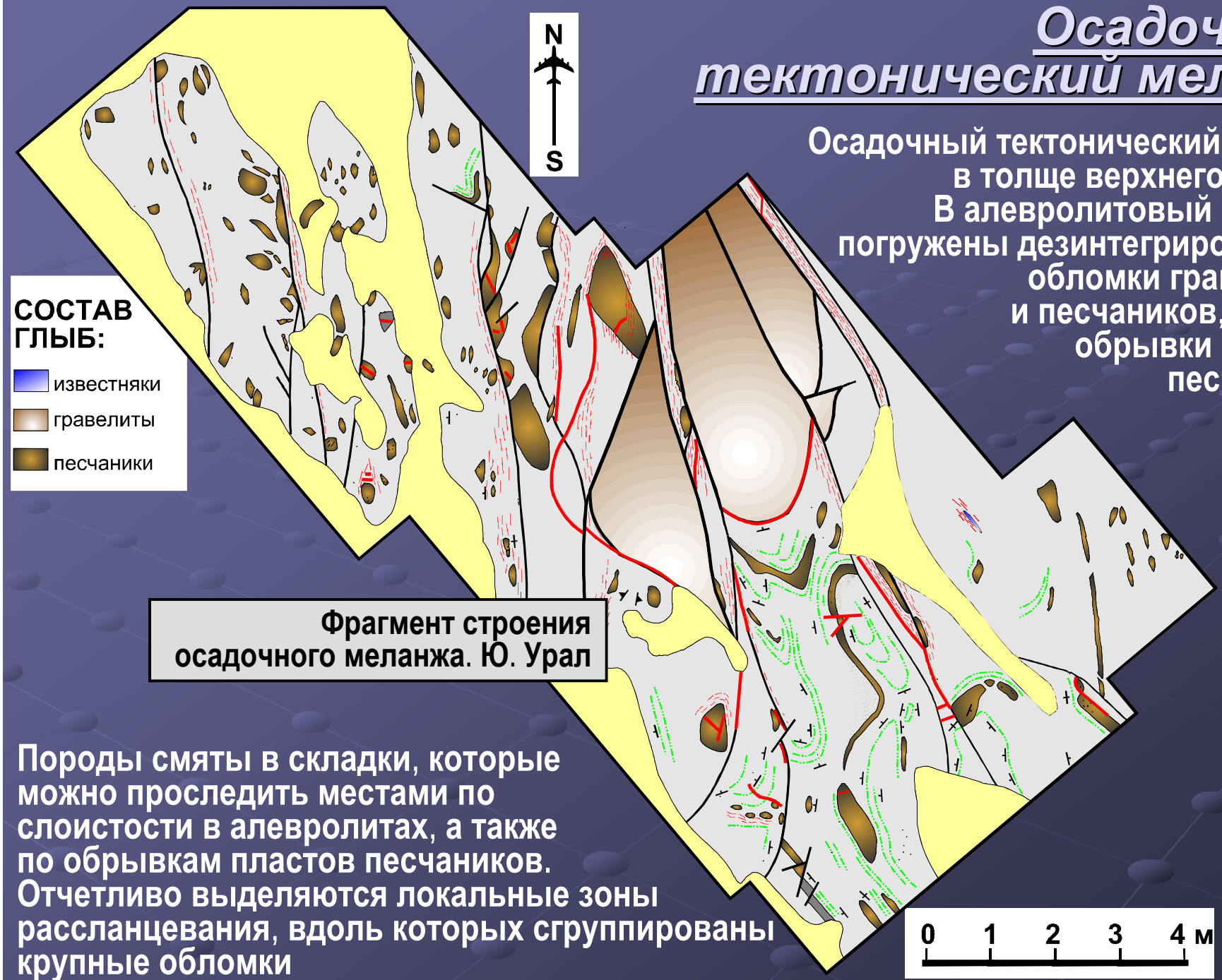
Осадочные меланжи формируются в результате тектонической переработки (раздавливания, шарьирования и пр.) осадочных, преимущественно терригенных комплексов гетерогенного строения, в которых чередуются компетентные и некомпетентные пласты.

Серпентинитовые меланжи формируются в результате выдавливания серпентинизированных ультрамафитов из шовных зон и при перемещении шарьяжей.

Тектонические меланжи по составу обломков подразделяются на автокластические, т.е. содержащие только "свои" глыбы, и аллокластические, т.е. содержащие чужеродные глыбы. Чужеродные обломки могут быть представлены или породами рамы меланжа, или породами глубоких частей Земли, "захваченными" при формировании тектонического меланжа.

Осадочный тектонический меланж

Осадочный тектонический меланж в толще верхнего триаса. В алевролитовый матрикс погружены дезинтегрированные обломки гравелитов и песчаников, а также обрывки пластов песчаников

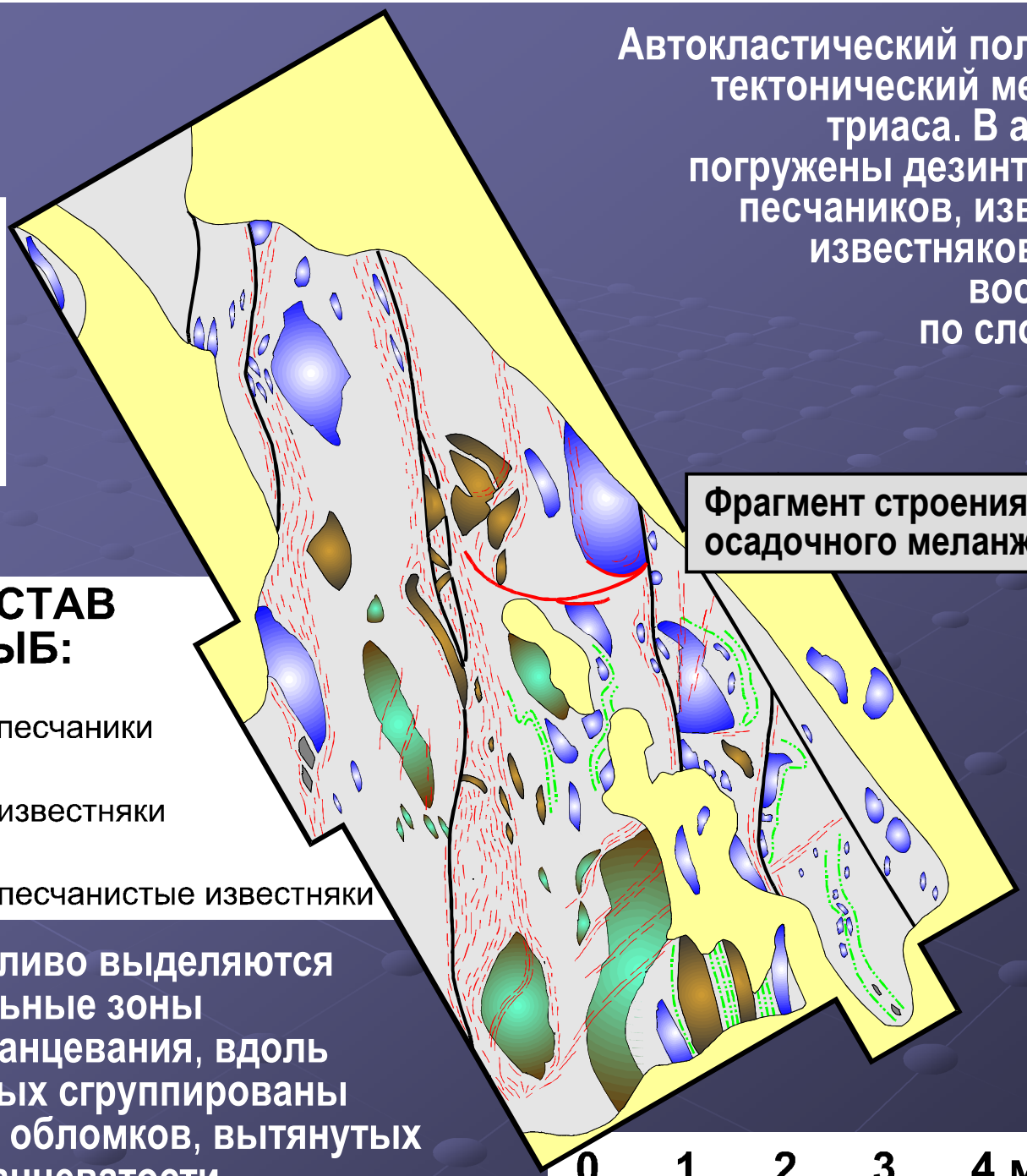


Фрагмент строения осадочного меланжа. Ю. Урал

Породы смяты в складки, которые можно проследить местами по слоистости в алевролитах, а также по обрывкам пластов песчаников. Отчетливо выделяются локальные зоны рассланцевания, вдоль которых сгруппированы крупные обломки

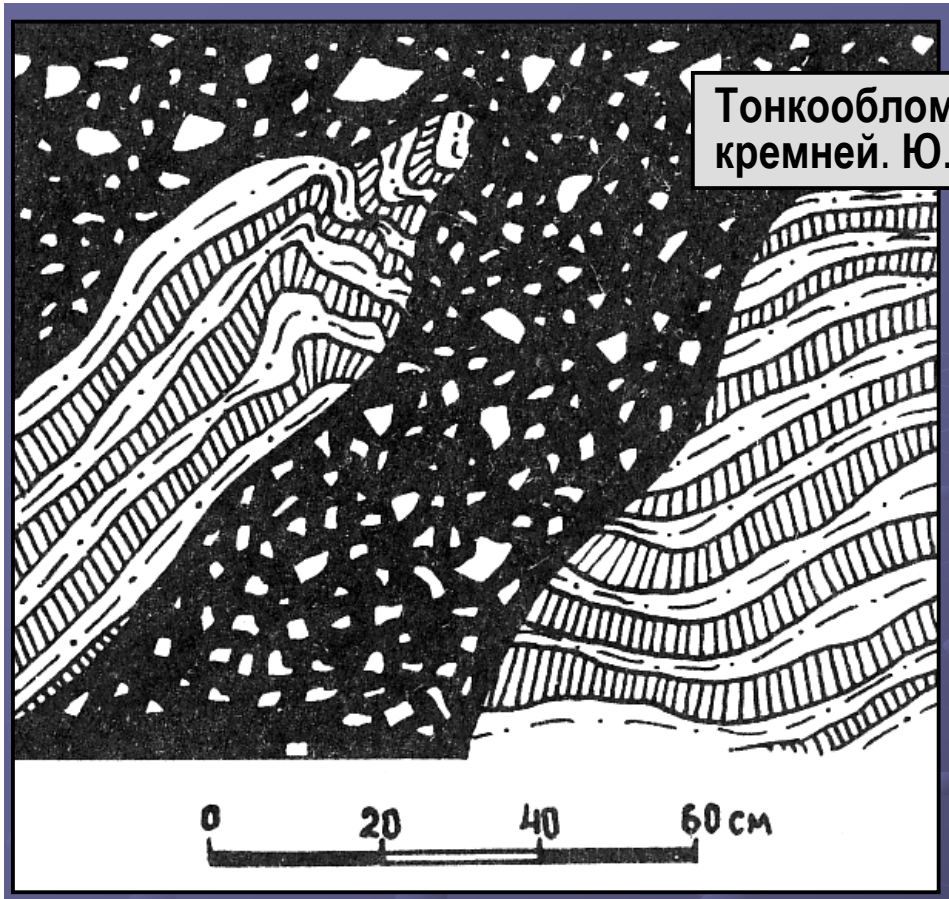
Фрагмент тектонического осадочного меланжа. Мелкая складка с будинированными песчаниками в ядре

Автокластический полимиктовый осадочный тектонический меланж в толще верхнего триаса. В алевролитовый матрикс погружены дезинтегрированные обломки песчаников, известняков, песчанистых известняков. Складчатая структура восстанавливается только по слоистости в алевролитах матрикса



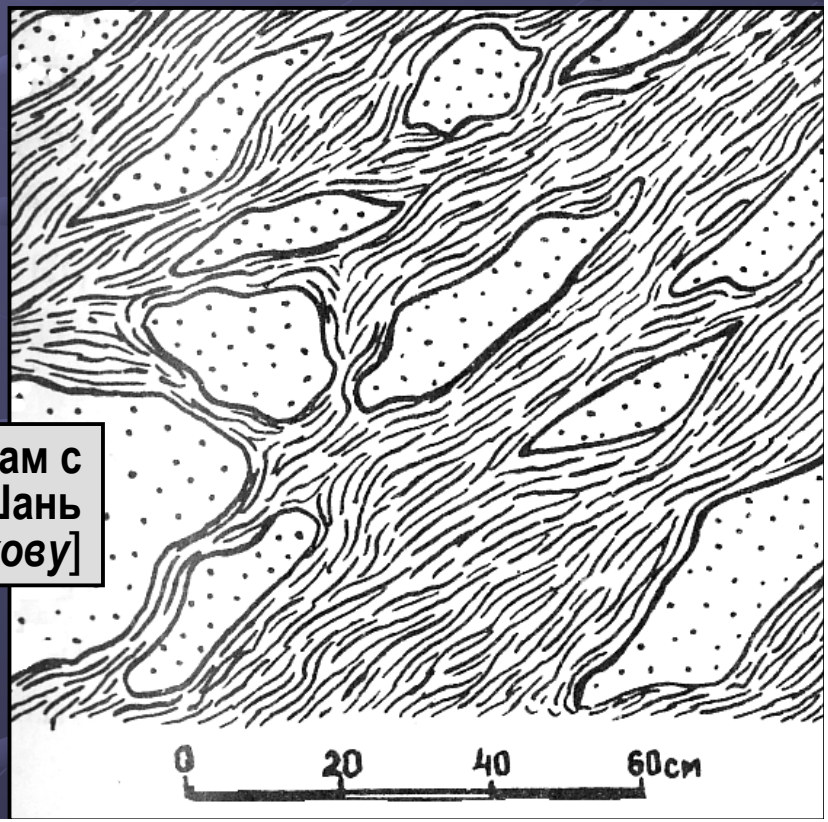
Фрагмент строения осадочного меланжа. Ю. Урал

Отчетливо выделяются локальные зоны рассланцевания, вдоль которых сгруппированы серии обломков, вытянутых по сланцеватости



Тонкообломочная брекчия с глыбами кремней. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]

Состав матрикса в тектоническом меланже может сильно варьировать: от глинистого тектонита до брекчий и милонитов.



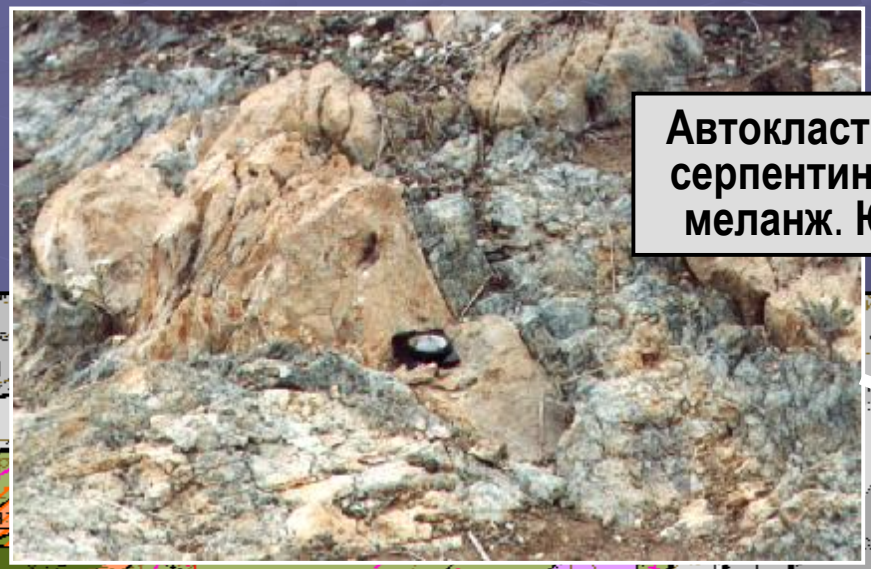
Тектонический меланж по глинистым сланцам с "обдавышами" песчаников. Ю. Тянь-Шань [*по М.В. Ненахову*]

Серпентинитовый тектонический меланж

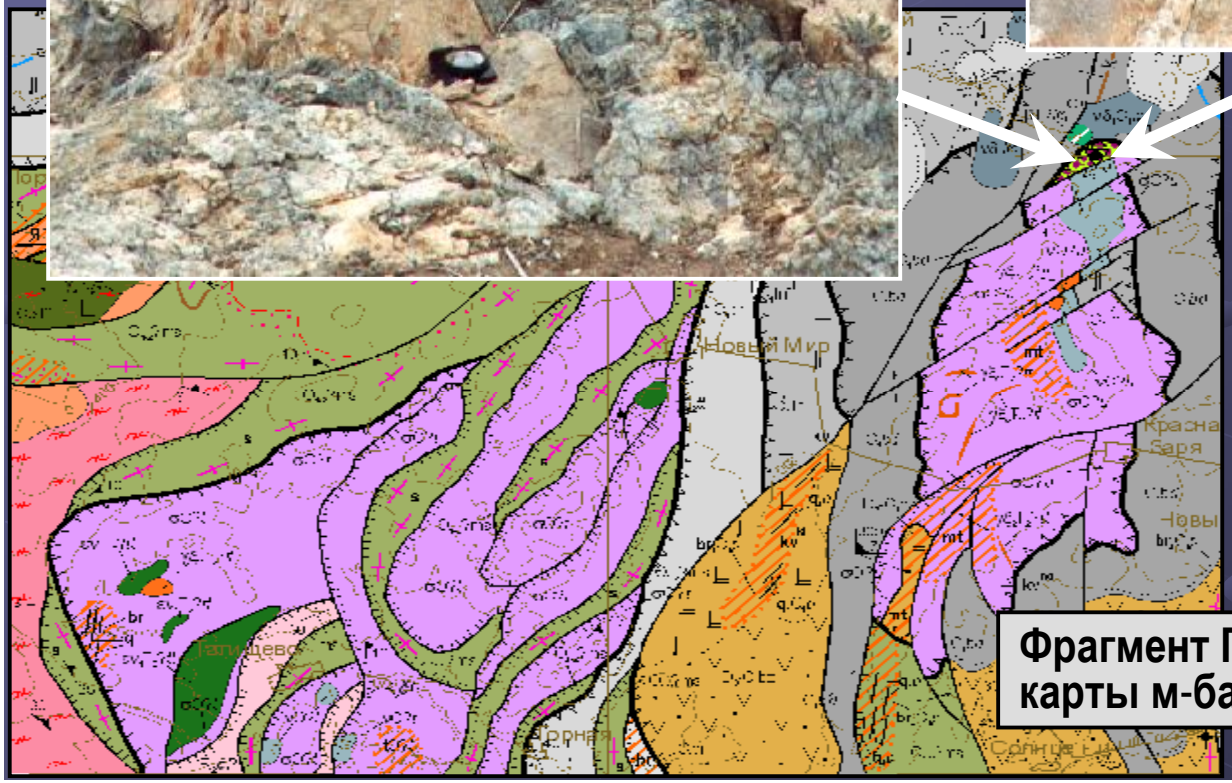
Серпентинитовые меланжи формируются в зонах коллизии и располагаются

(1) в основании крупных аллохтонов,

(2) в пределах тектонических швов



Автокластический серпентинитовый меланж. Ю. Урал



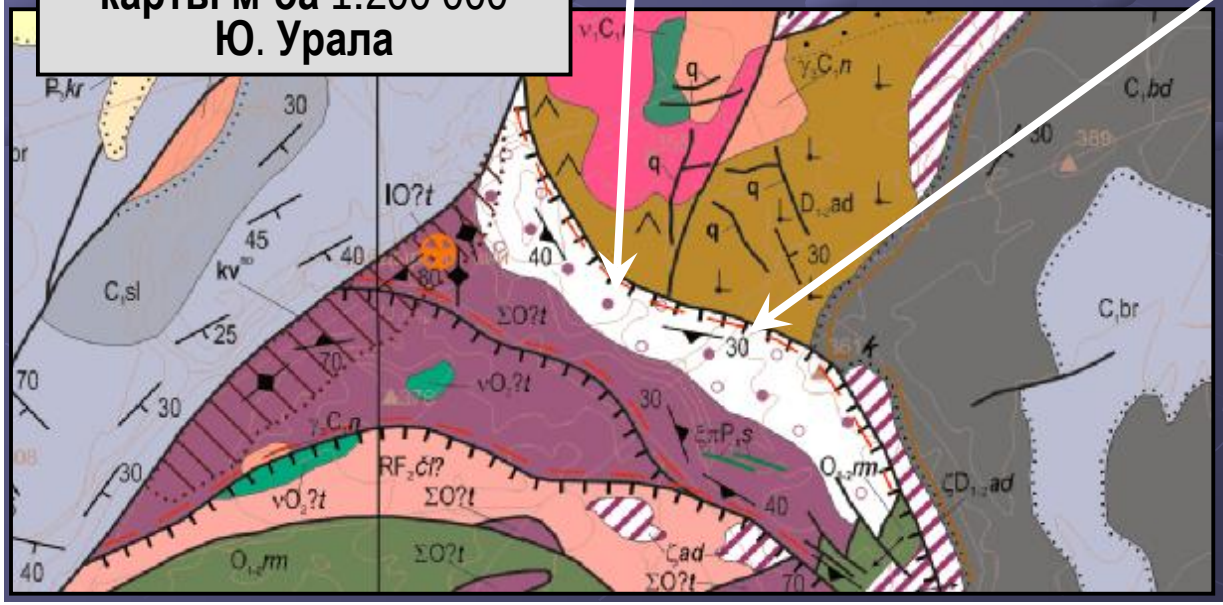
Серпентинитовые меланжи слагают, как правило, четко очерченные тела, реже имеют размытые границы в рассланцованных серпентинитах

Фрагмент Государственной геологической карты м-ба 1:200 000 **Южного Урала**

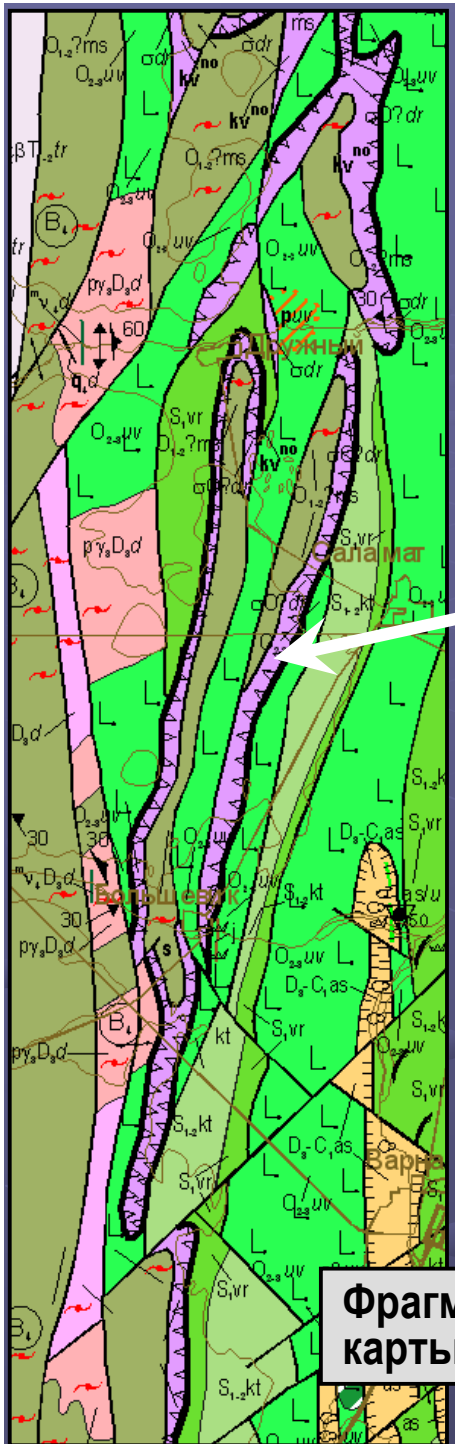
Глыба сланцев из аллокластического серпентинитового меланжа. Ю. Урал

Автокластический серпентинитовый меланж. Ю. Урал

Фрагмент геологической карты м-ба 1:200 000 Ю. Урала



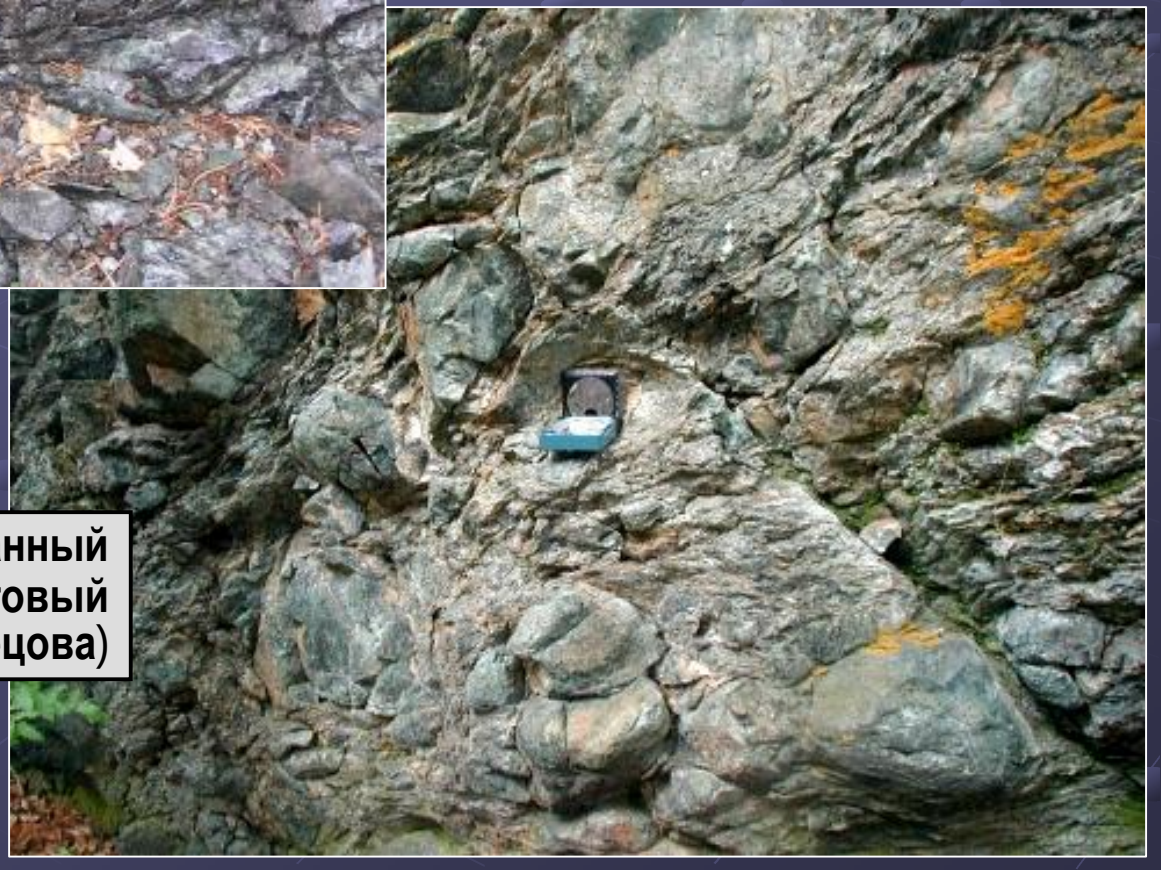
В серпентинитовом меланже размер глыб в варьирует в широких пределах: от многих десятков метров до первых дециметров. Форма обломков, как правило, неправильно округлая, но в наиболее тектонизированных разностях – линзовидная



Автокластический серпентинитовый меланж. Ю. Урал

Фрагмент Государственной геологической карты м-ба 1:200 000 **Ю. Урала**

Сильно тектонизированный автокластический серпентинитовый меланж. Ю. Урал



Слабо тектонизированный автокластический серпентинитовый меланж. Ю. Урал (Фото Н.С. Кузнецова)

В мире ещё так много интересного!