Национальный исследовательский Томский государственный университет

МИН ГЕО СИБИРЬ

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ | SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Геолого-структурные исследования орогенных месторождений: возможности, подходы, результаты

П.А. Тишин, Э.Н. Кунгулова, Г. Г. Кравченко и др.

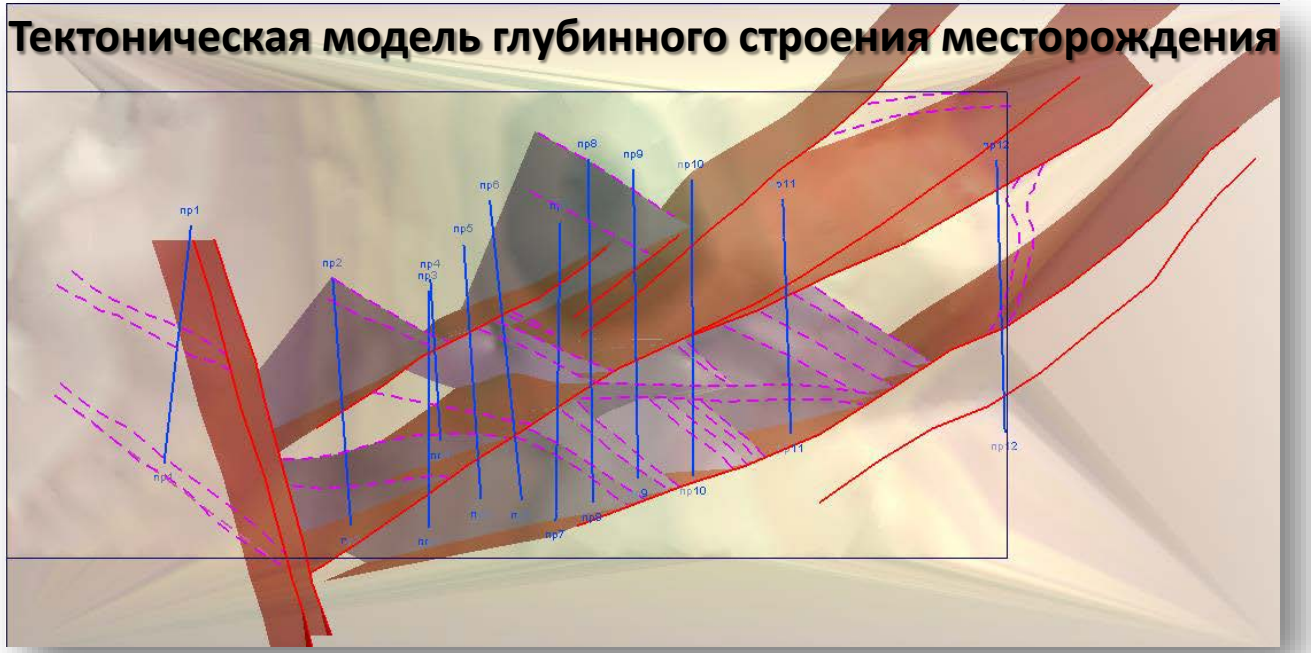
Национальный исследовательский Томский государственный университет

Комплекс геолого-структурных исследований

- Составление структурно-геологических схем на основе анализа разрывных и пликативных структур, с целью выделения структурно-минералогических парагенезов разных этапов деформации. Выделение геолого-структурных доменов
- Анализ кинематических индикаторов структурных элементов в минерально-структурных парагенезах. Реконструкция кинематики, условий и стадийности деформаций, как во вмещающих породах, так и в минерализованных жилах.
- Анализ конечных деформаций и закономерностей их структурообразования с целью прогноза и уточнения структурных факторов контроля рудной минерализации и прогнозирования участков промышленного оруденения
- Особенности перераспределение флюида во взаимосвязи с хрупкими и пластическими деформациями

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Исследование взаимоотношений структурных элементов горных пород в природных обнажениях, поверхностных выработках и бортах карьеров Боголюбовского месторождения



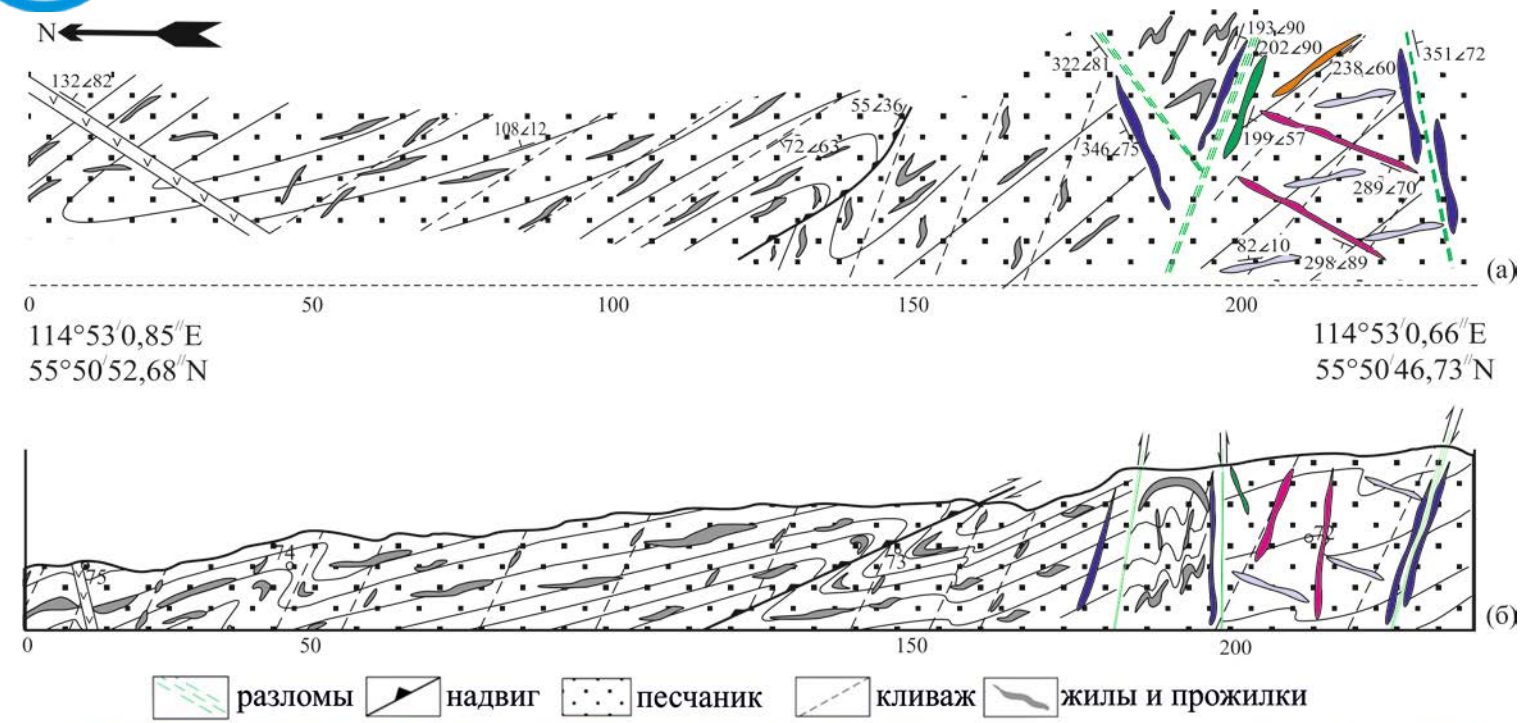


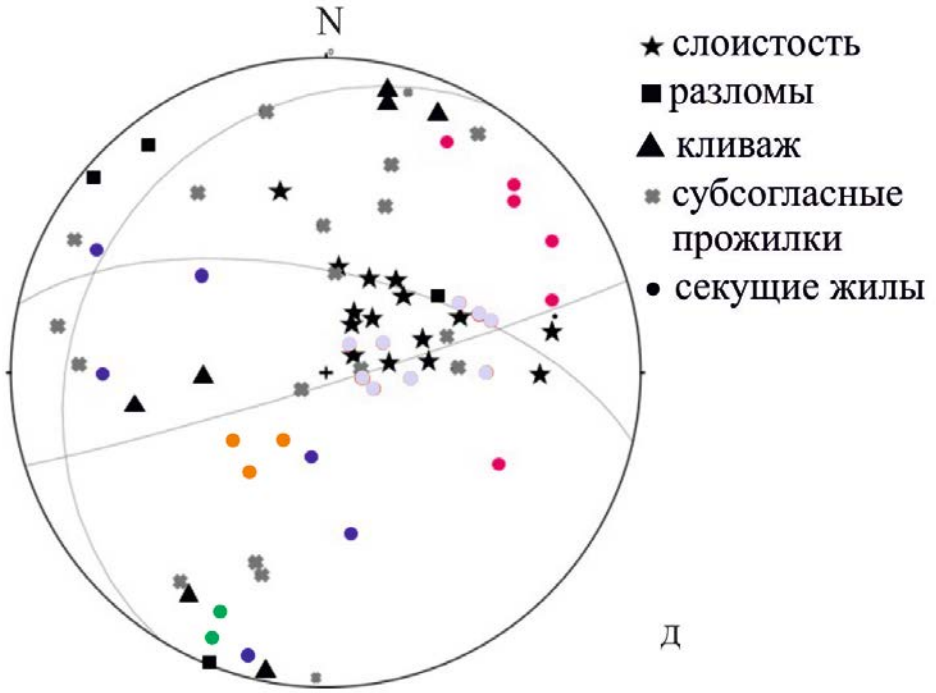




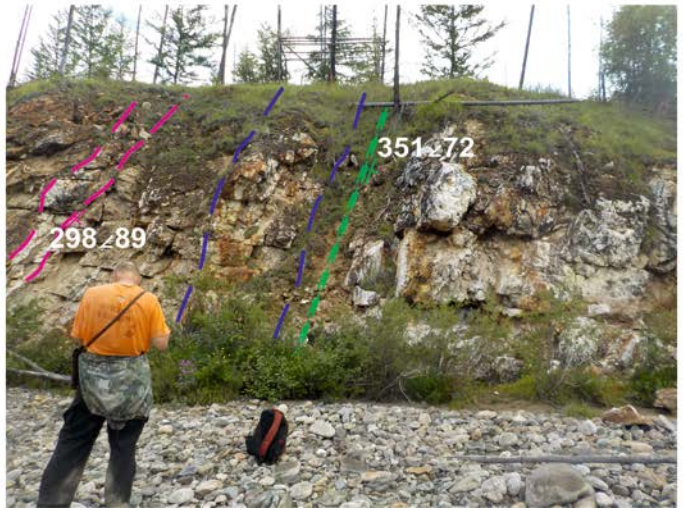
Национальный исследовательский Томский государственный университет

Структурно-кинематический анализ трещиноватости и жил рудной зоны Береговая (Западное Забайкалье)



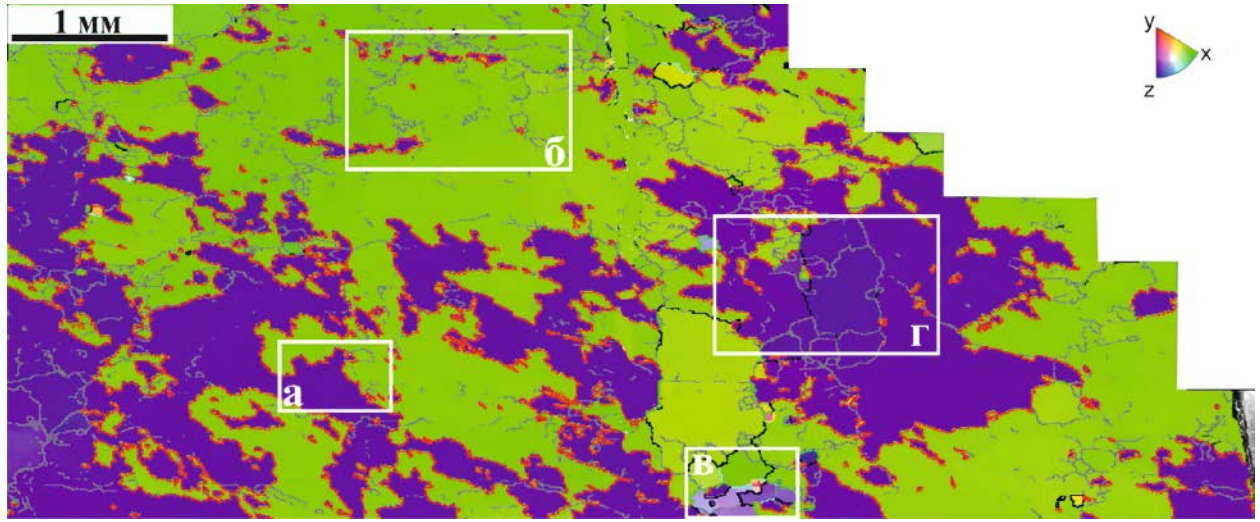




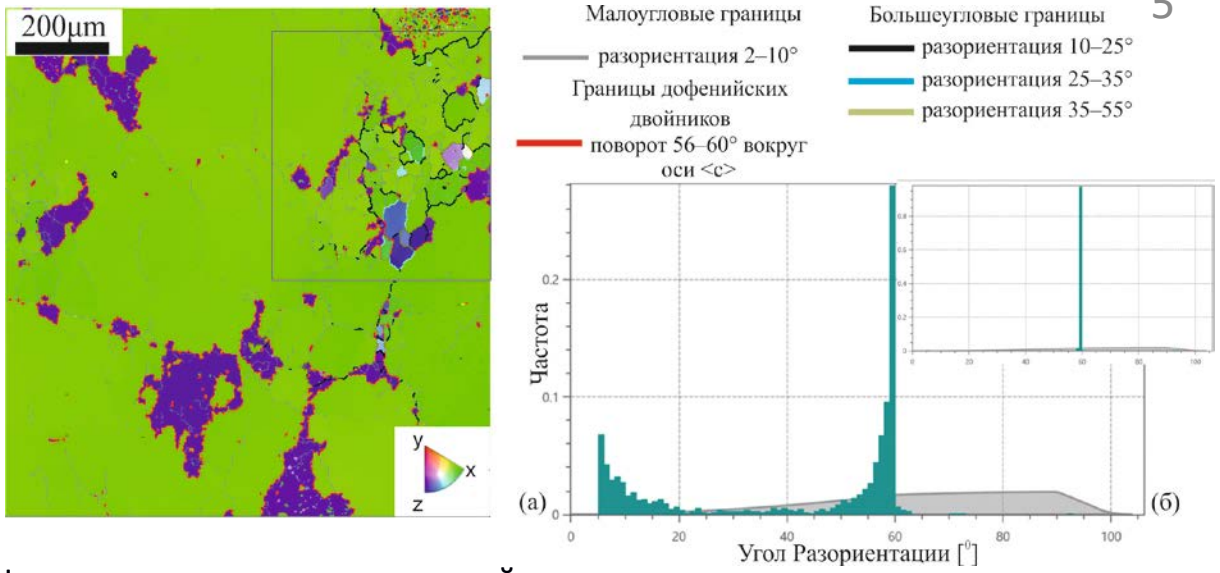


магистральные жилы
жилы трещин отрыва
жилы синтетических сколов
жилы антитетических сколов
субмагистральные жилы
субсогласные жилы и прожилки

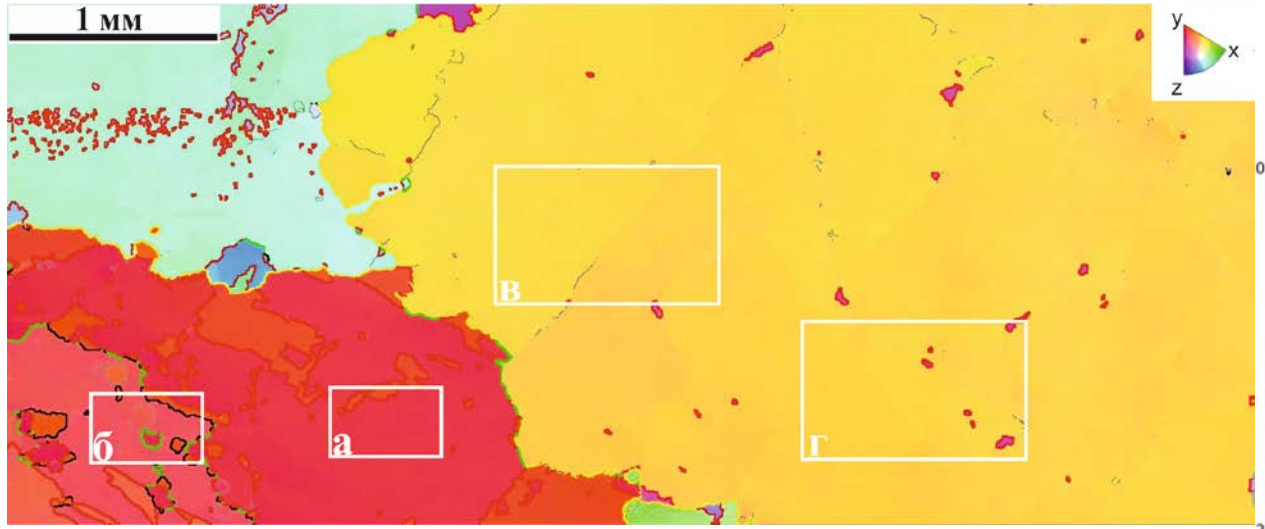
Микроструктурные исследования деформационных структур жильного кварца



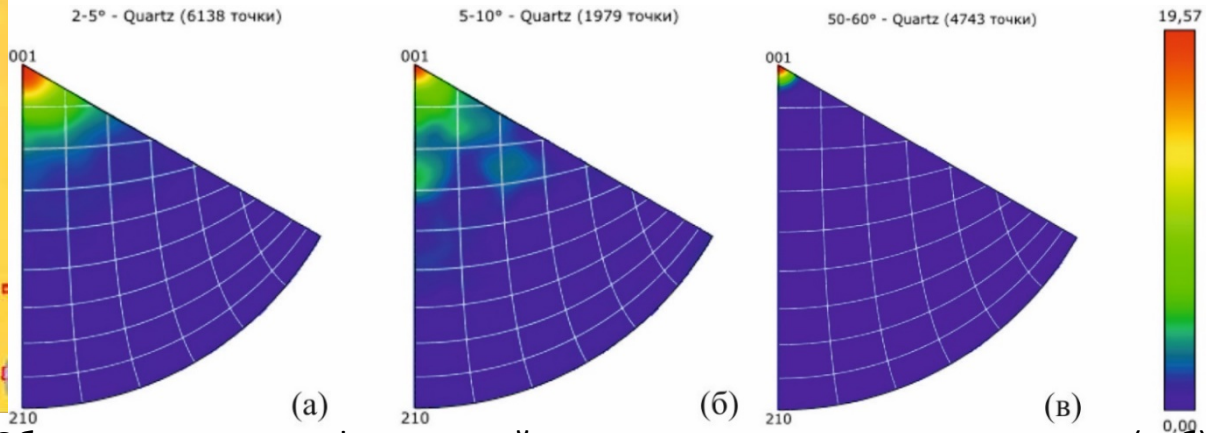
Карта ориентации жильного кварца с псевдопорфиробластовой (б, в, г) микроструктурой и реликтами протозернистой микроструктуры (а)



Нарушение непрерывности двойниковых границ при развитии новых зерен в процессе рекристаллизации. Последовательный переход от ориентации положительного ромбоэдра r {10$\bar{1}$ 1} к отрицательному z {01$\bar{1}$ 1}, который соответствует повороту дофинейского двойника



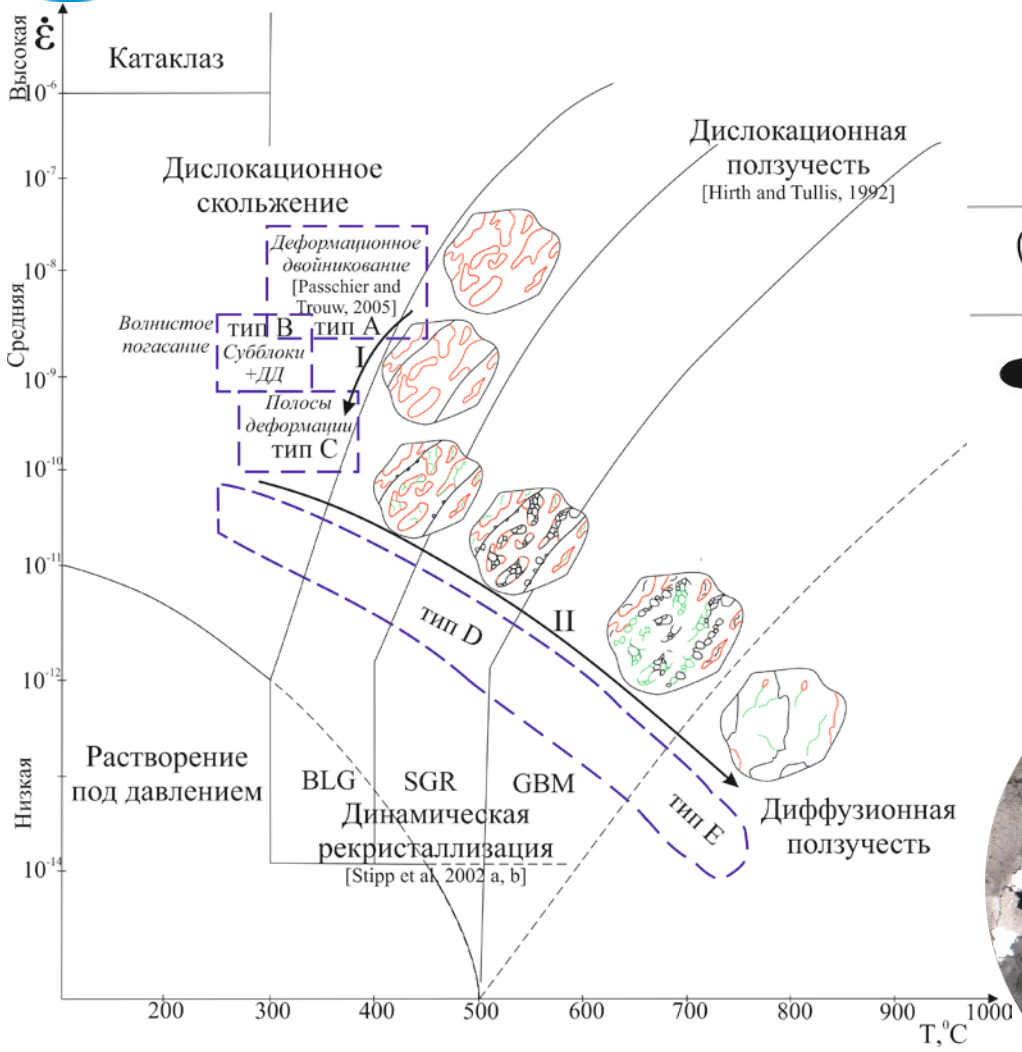
Карта ориентации жильного кварца с зерновой (в, г) и псевдопорфиробластовой микроструктурой (б) и реликтами протозернистой микроструктуры (а)

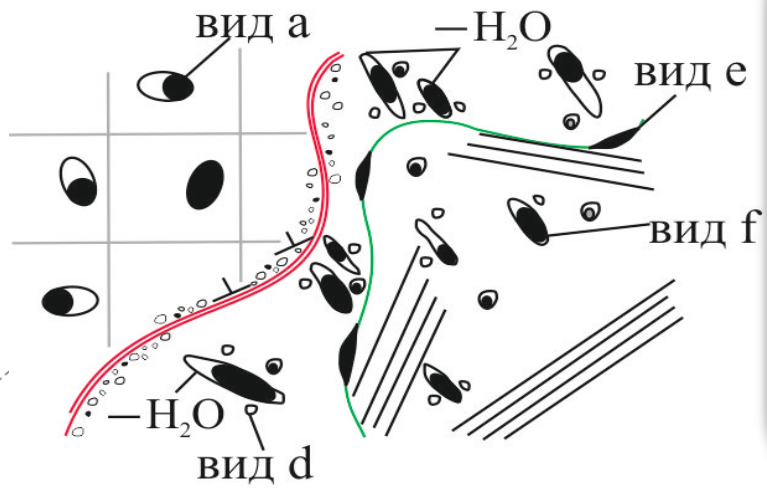


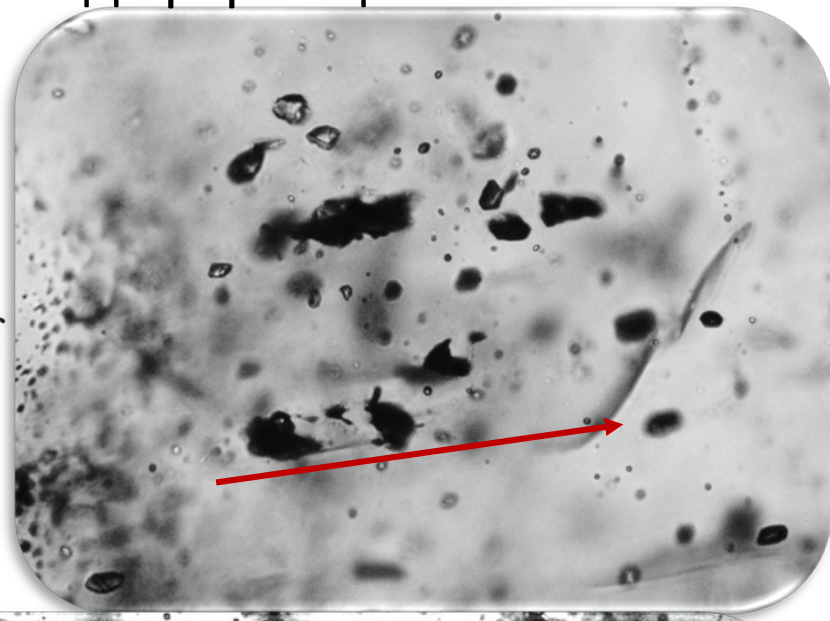
Обратные полюсные фигуры осей разориентации малоугловых границ (а, б) и оси дофинейского двойника (в) в координатах кристалла

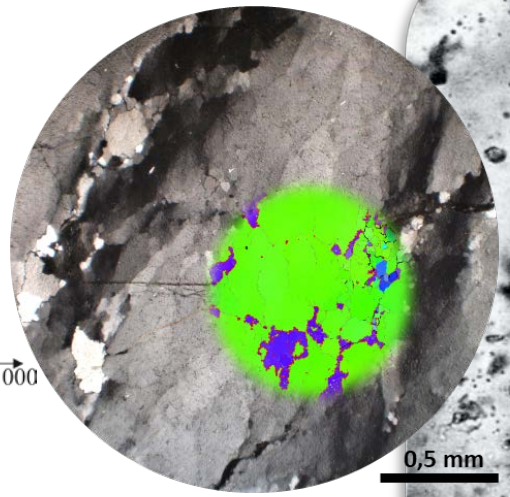
Карты разориентации получены методом дифракции отраженных электронов (EBSD)

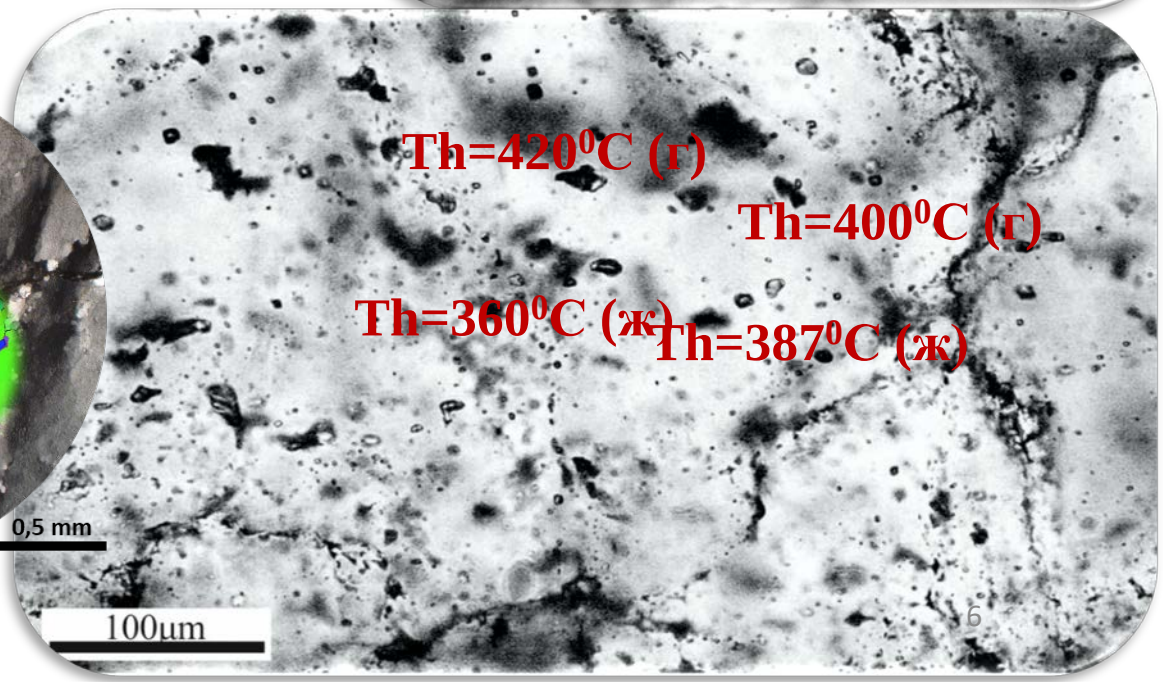
Взаимодействие флюидных включений с мигрирующими границами и перераспределение флюида в ходе пластических деформаций







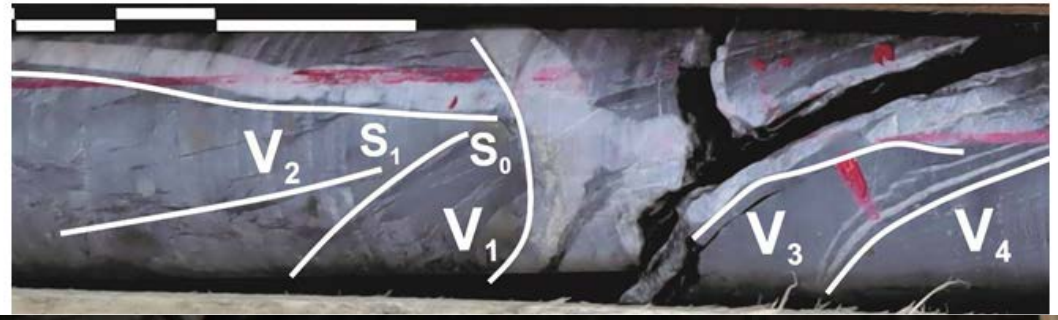


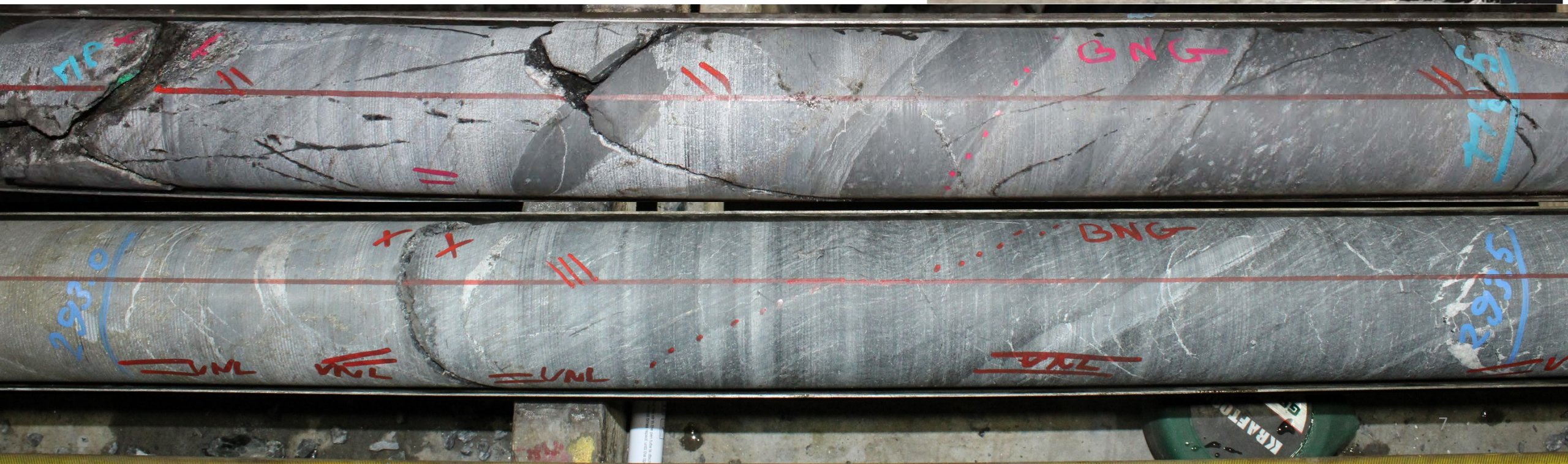


Национальный исследовательский Томский государственный университет

Геолого-структурные исследование ориентированного керна

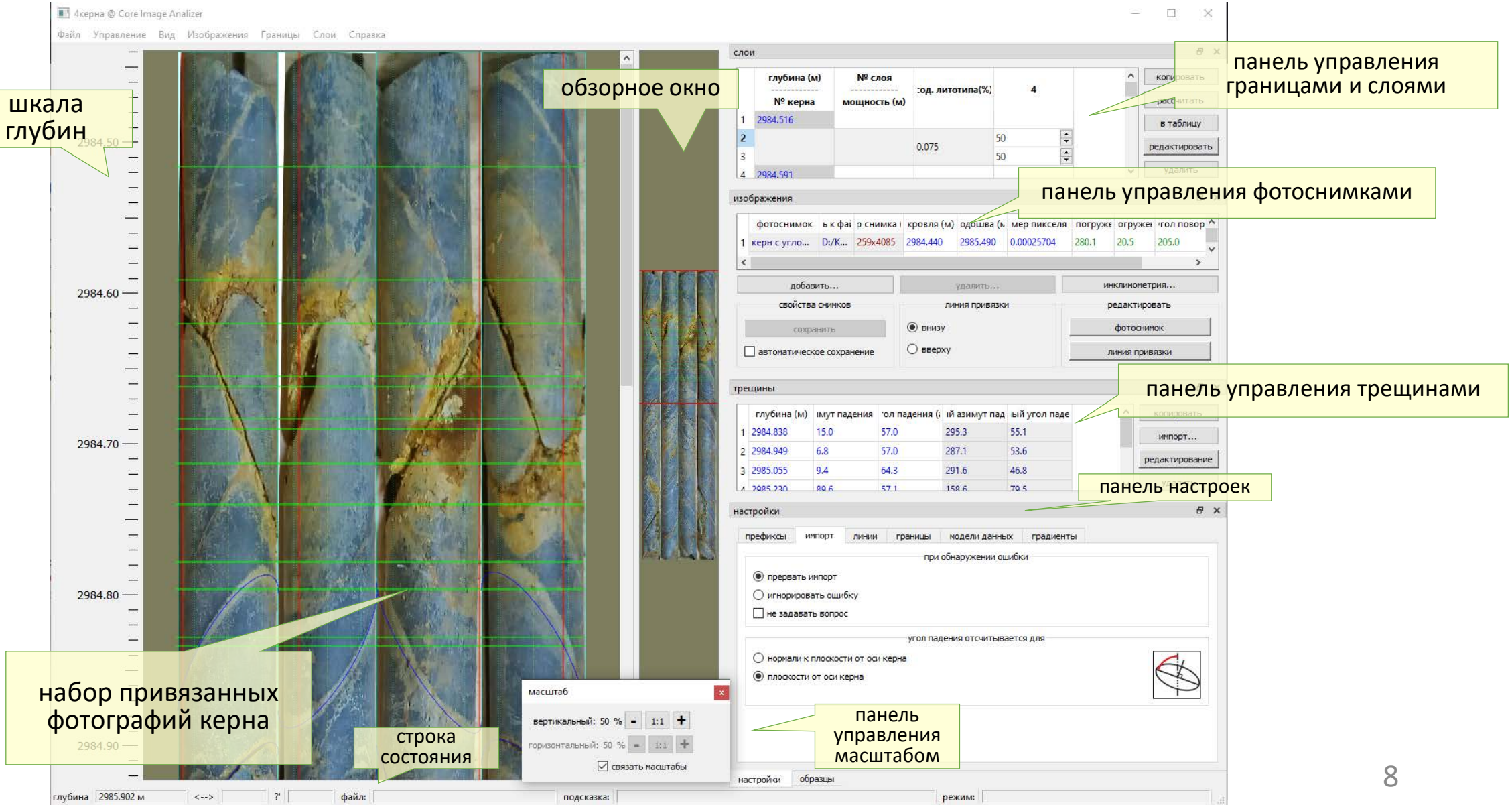
- Сбор и систематизация данных первичной структурной документации
- Выделение и интерпретация кинематических индикаторов проявлений хрупких и пластических деформаций
- Реконструкция морфологии складчатых структур
- Выделение зон милонитизации и катаклаза в керне скважин





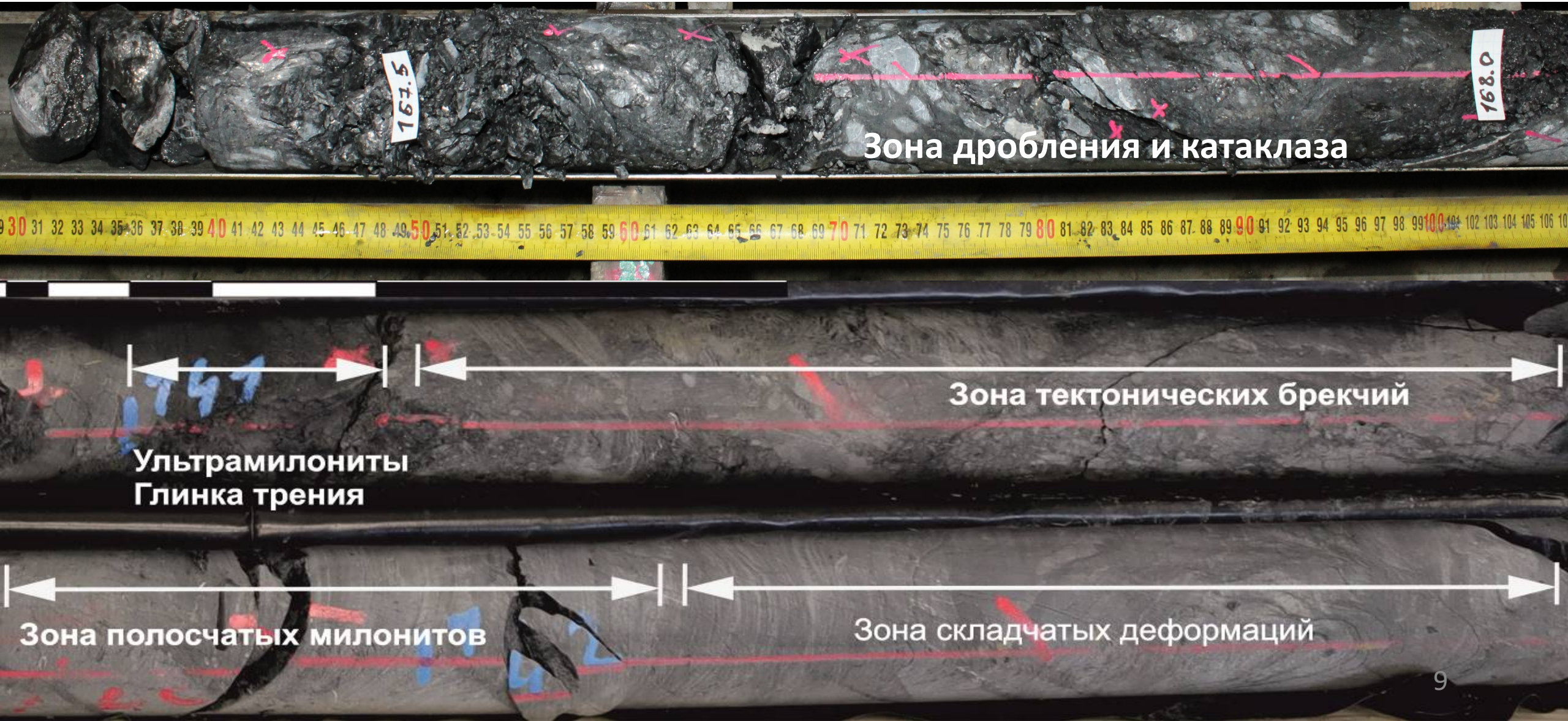
Национальный исследовательский Томский государственный университет

Собственная разработка - программа для геомеханического описания керна **Core Image Analyzer (CIA)**



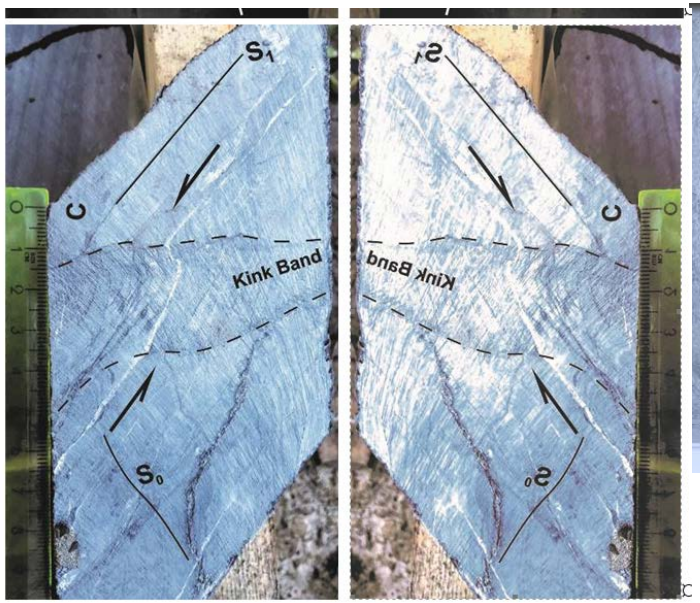
Национальный исследовательский Томский государственный университет

Выявление структурной неоднородности и зон разрывных нарушений

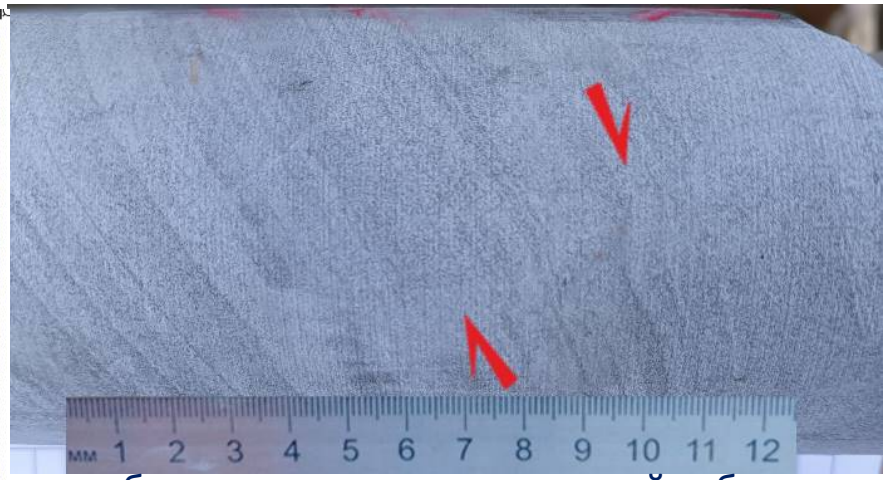


Национальный исследовательский Томский государственный университет

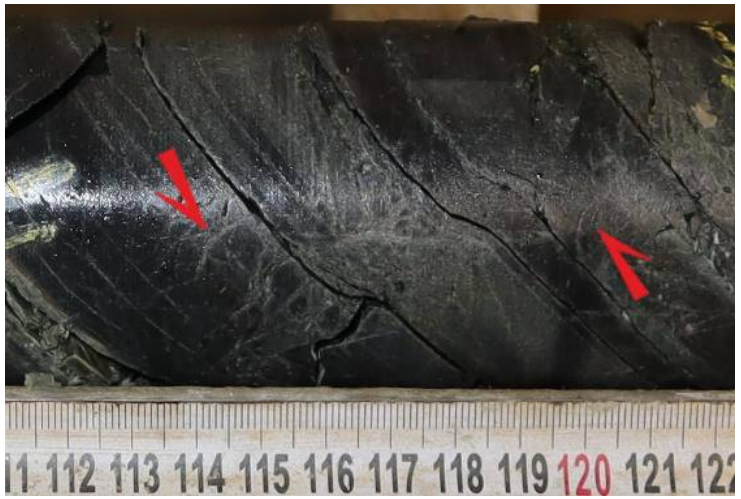
Особенности мелкомасштабных складчатых структур применяемых для реконструкции складчатости



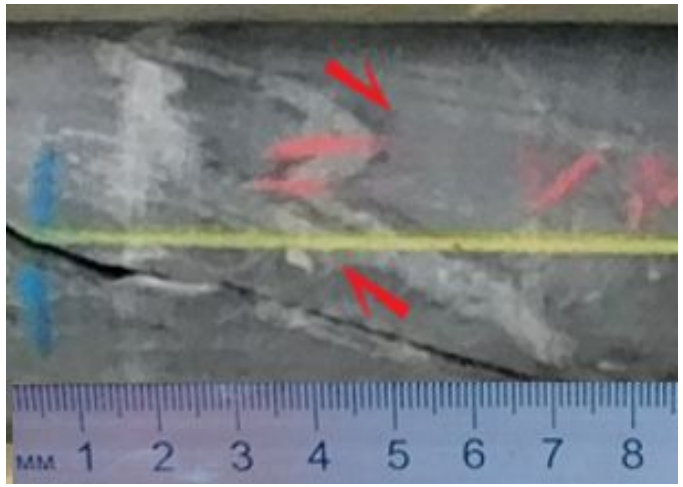
При реконструкции используются взаимоотношения реликтовой слоистости, сланцеватостей различной генерации, милонитовой полосчатости и кливажа осевой поверхности, ориентировка которых отражает морфологию пликативных структур и фиксирует динамическое поле складчатой деформации



изгиб сланцеватости отражающий взбросовые деформации



изгиб сланцеватости отражающий сбросовые деформации



складка кварцевого прожилка секущего сланцеватость, демонстрирующая взбросовые перемещения



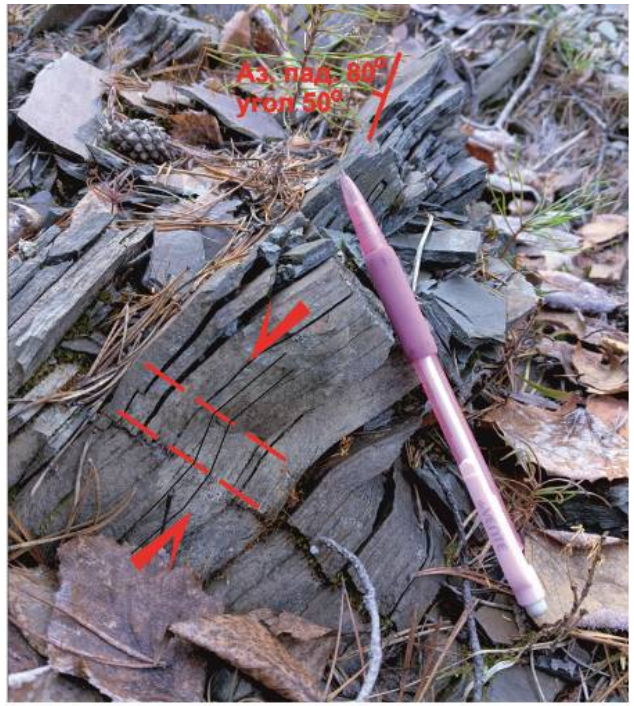
складка кварцевого прожилка секущего сланцеватость, демонстрирующая сбросовые перемещения

Определение формы главной складки по складкам пластического волочения

Нормальное крыло





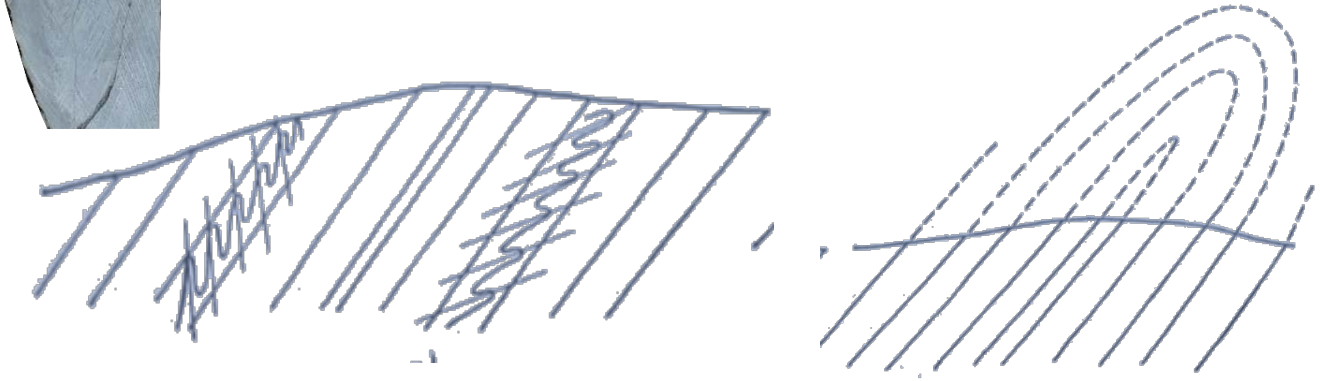




Опрокинутое крыло

ПК	219 м	Аз. 115°	ПК	121 м

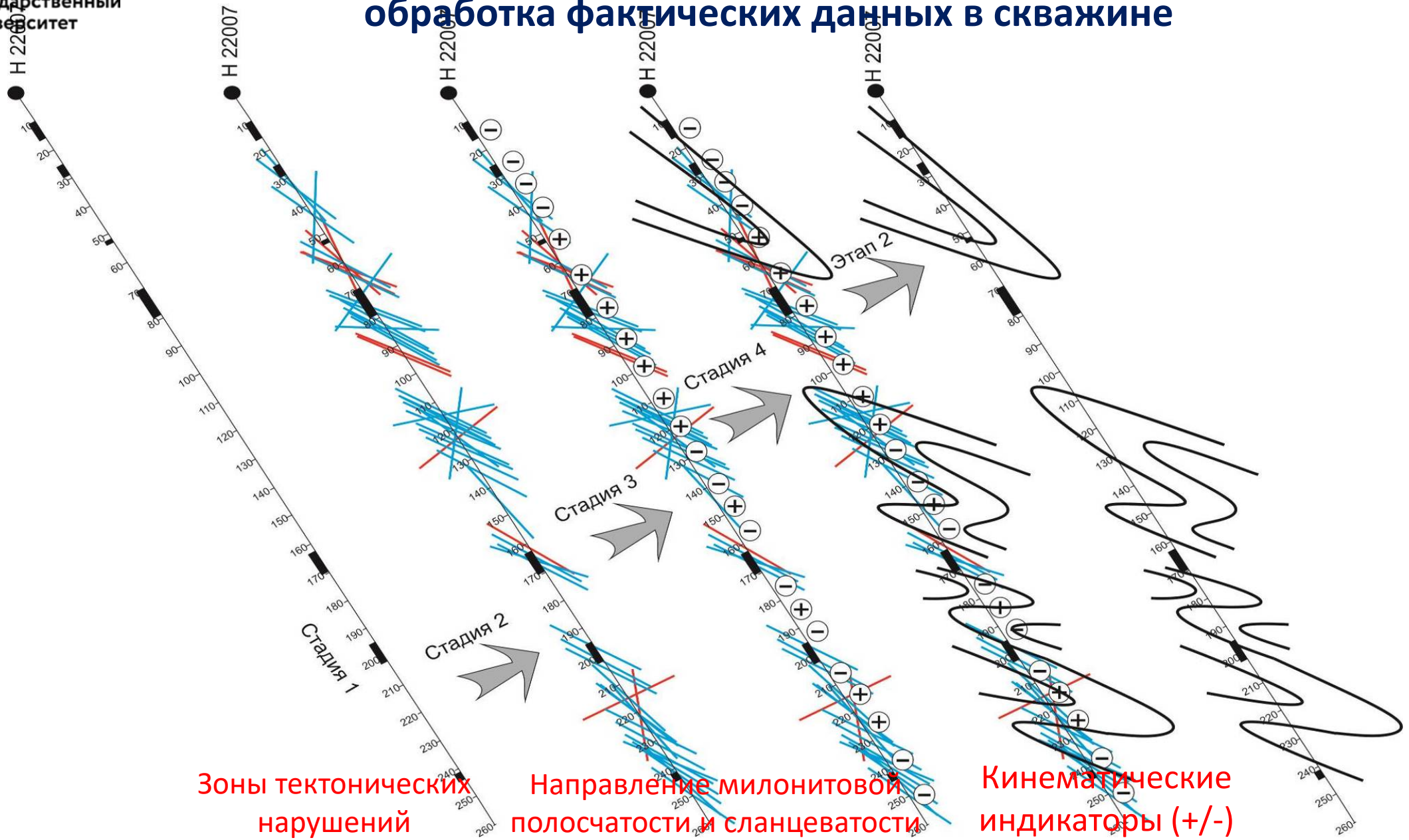
Канава № 261, 2014 год



Положение складок пластического волочения в антиклинальной складке

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Последовательность построения геолого-структурного разреза: обработка фактических данных в скважине



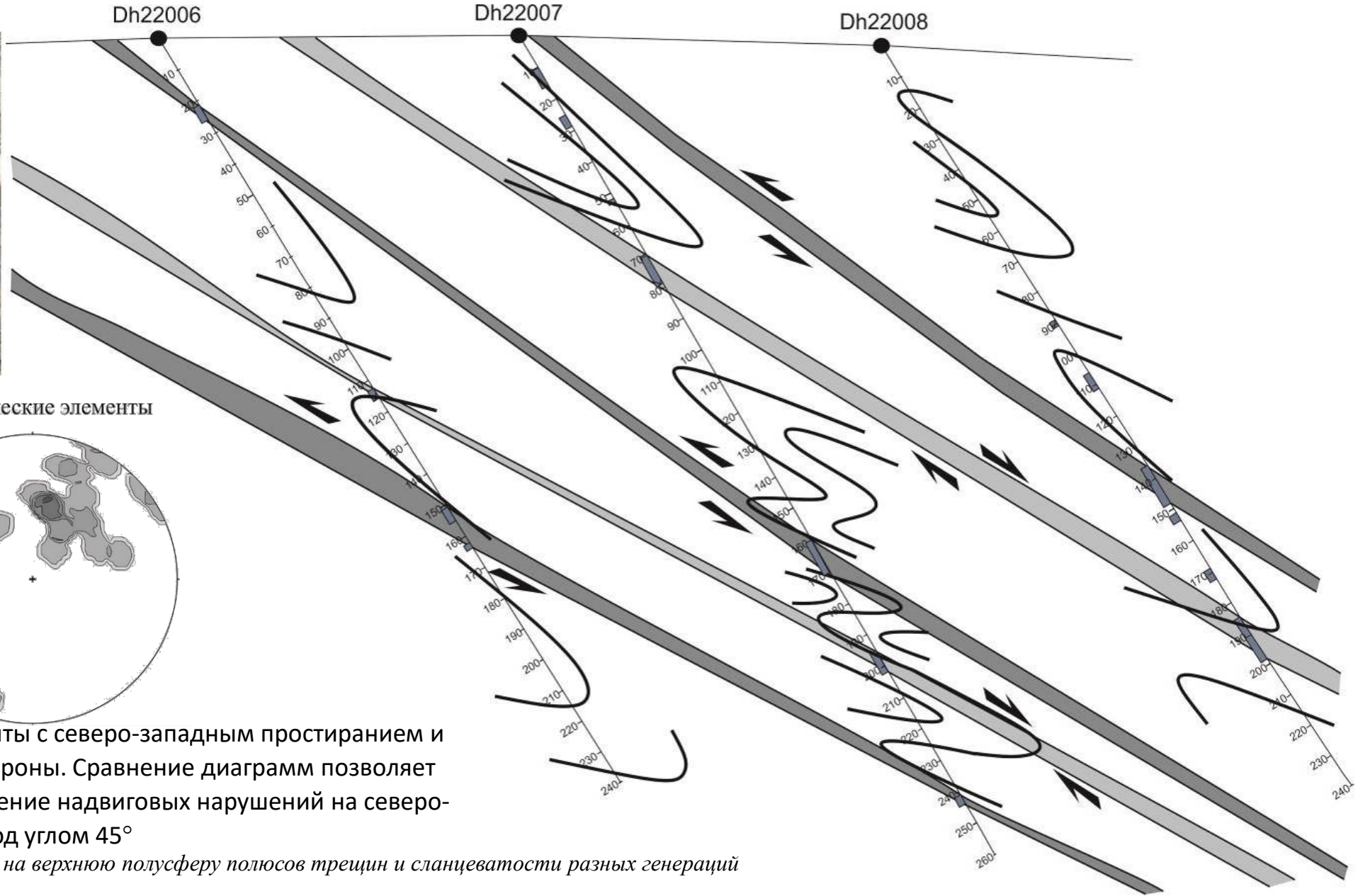
Зоны тектонических нарушений

Направление милонитовой полосчатости и сланцеватости

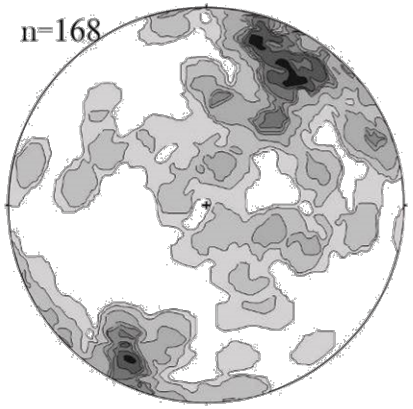
Кинематические индикаторы (+/-)

Последовательность построения геолого-структурного разреза: корреляция между скважинами в разрезе





Структуры и трещины



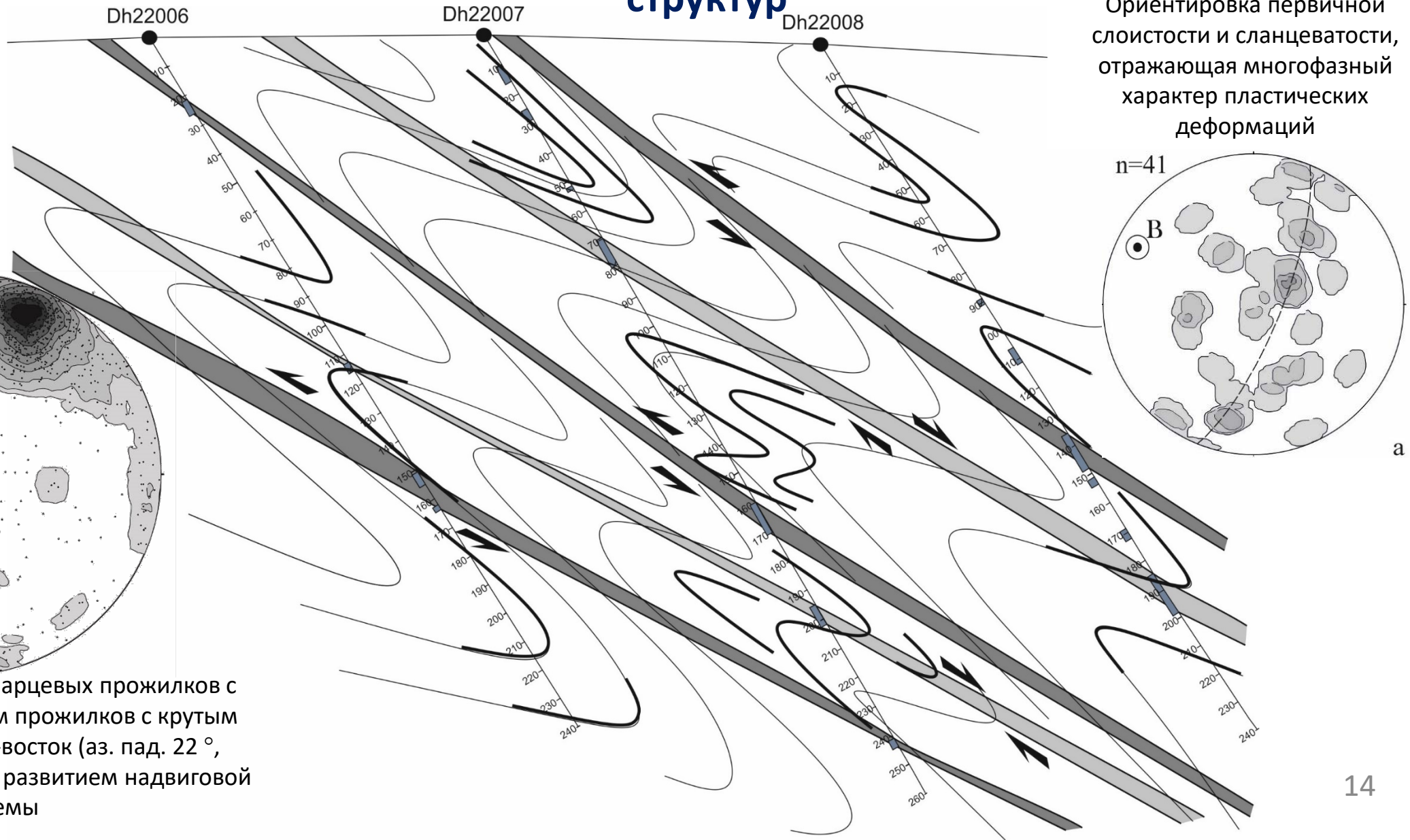
Тектонические элементы

На диаграммах превалируют элементы с северо-западным простиранием и элементы крутопадающие в обе стороны. Сравнение диаграмм позволяет предполагать генерализованное падение надвиговых нарушений на северо-восток под углом 45°

Равноплощадные азимутальные проекции на верхнюю полусферу полюсов трещин и сланцеватости разных генераций

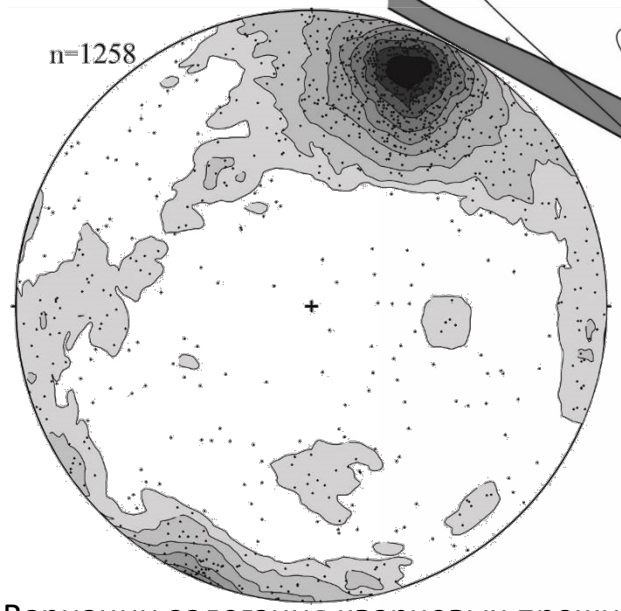
Национальный исследовательский Томский государственный университет

Интерпретация кинематических индикаторов проявлений хрупко-пластических деформаций и реконструкция морфологии складчатых структур



Ориентировка первичной слоистости и сланцеватости, отражающая многофазный характер пластических деформаций

а

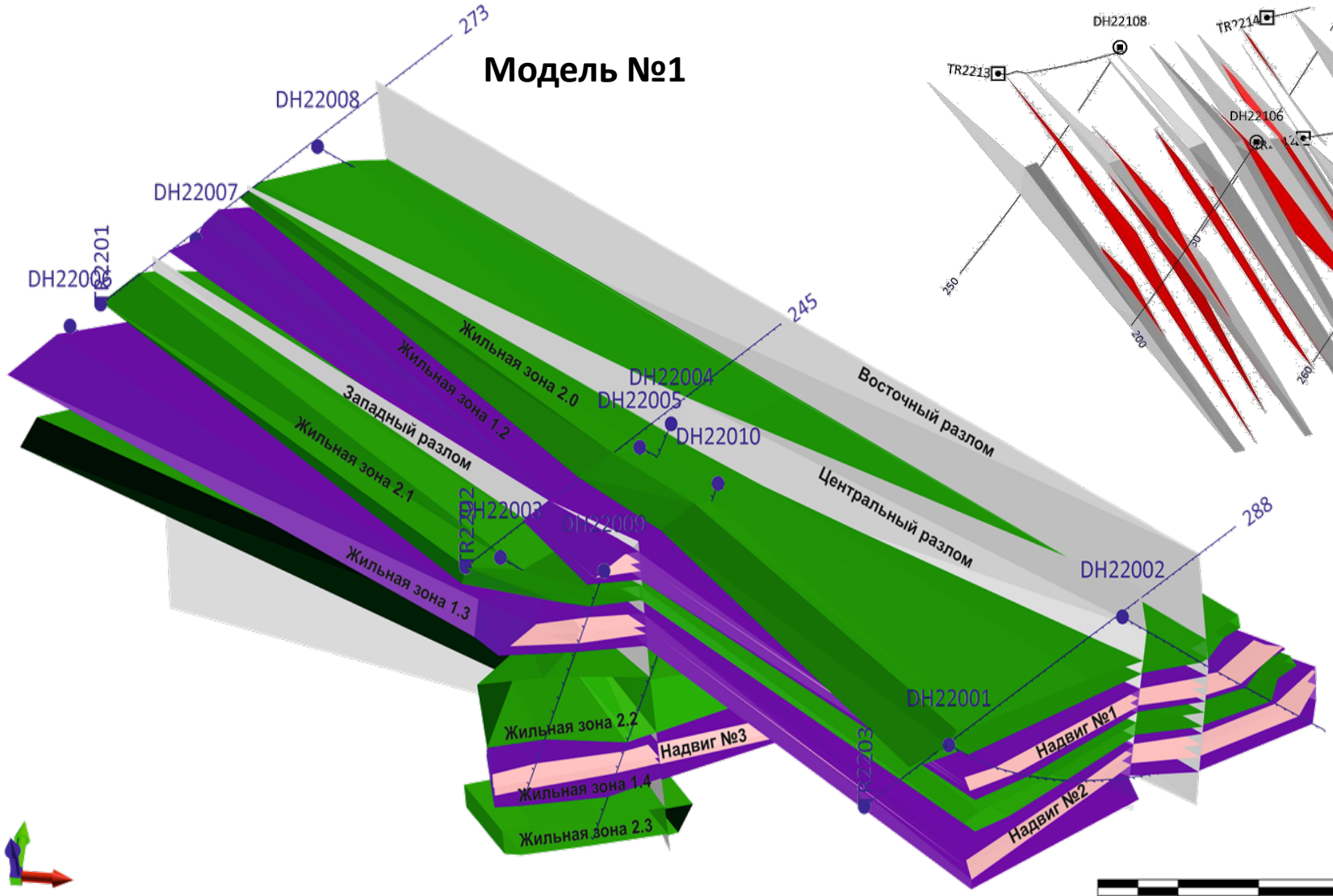


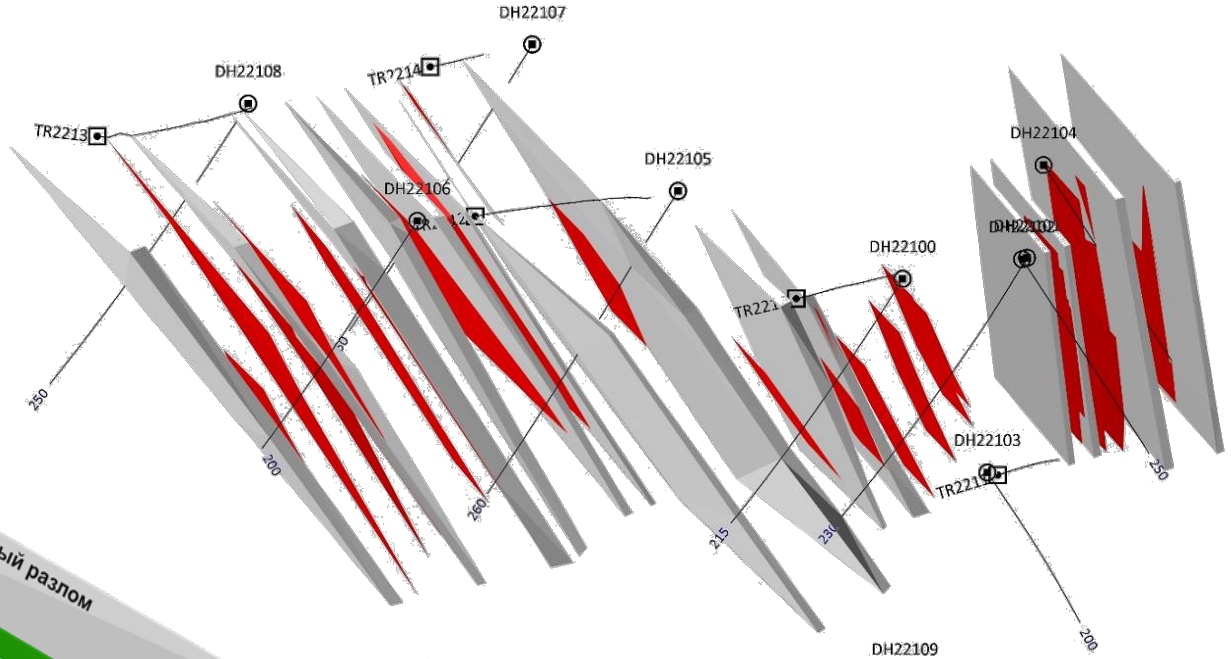
Вариации залегания кварцевых прожилков с резким преобладанием прожилков с крутым падением на северо-восток (аз. пад. 22 °, ∠ пад. 74°), связанных с развитием надвиговой системы

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Каркасные модели минерализованных зон и разрывных нарушений золоторудных проявлений

Модель №1





Модель №2

Серым - разломы

Красным – минерализованные зоны



Методы структурного анализа и аналитических исследований

- Геологическое и геолого-структурное картирование
- Структурно-кинематический анализ
- Структурно-парагенетический анализ и микротектоника
- Структурно-петрологические исследования
- Геотермобарометрия и оценка P-T-t-d эволюции породных комплексов (Thermocalc, TWQ, TPF, геотермобарометры)
- Петрогеохимическое исследование состава пород (РФА, ICP-MS)
- Исследование дефектности и зональности минералов методом сканирующей электронной микроскопии (CL, SE, BSE)
- Исследование состава и зональности минералов методом сканирующей электронной микроскопии (волновые и энерго-дисперсионные спектрометры)
- Изотопно-геохронологические исследования (циркон, слюды, амфиболы и др.)
- Рентгенофазовый и рентгенноструктурный анализы
- Методы анализа ориентировки кристаллической решетки (EBSD)
- Исследование флюидных включений методами термобарогеохимии

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Публикация результатов работ в научных журналах

1. Lychagin D.V., Kungulova E.N., Moskvichev E.N., Tomilenko A.A., Tishin P.A. Micstructure of Vein Quartz Aggregates as anIndicator of Their Deformation History: An Exampleof Vein Systems fromWestern Transbaikalia (Russia) //Minerals. 2020. Vol. 10, № 2. P. 865.
2. Рудаков И.Б. Структурно-тектонические условия формирования и особенности генезиса Уральских месторождений изумрудов в слюдитах /рец.: Татьянин Г.М., Тишин П.А. Томск: ТГУ, 2020. 196 с.
3. Sazonov A.M., Silyanov S.A., Bayukov O.A., Knyazev Yu. V., Zvyagina E.A., Tishin P.A. Composition and Ligand Microstructure of Arsenopyrite from Gold Ore Deposits of the Yenisei Ridge (Eastern Siberia, Russia) //Minerals. 2019. Vol. 9, № 12. P. 1-19.
4. Bibko A.A., Lychagin D.V., Korovkin M.V. The presence of water in the structure of quartz and the deformation features of plagioclases of the Gabriel mine //AIP Conference Proceedings. 2020. Vol. 2310. P. 1-4. URL:
5. Lychagin D.V., Bibko A.A., Zy'ryanova L.A. Features of Plastic Deformations of Quartz-Pyrite Mineral Associations of the Gabriel Mine //AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2167. P. 020202.
6. Гертнер И.Ф., Мустафаев А.А., Крылова В.А., Войтенко Д.Н. Условия формирования нефелиновых руд Кия-Шалтырского месторождения на основе структурного анализа породообразующих минералов (северо-восточный склон Кузнецкого Алатау, Сибирь) // Геосферные исследования. 2022. № 1. С. 33–47.
7. Крылова В.А., Гутиеррес-Алонсо Г., Гертнер И.Ф., Краснова Т.С. Петроструктурные и геохимические особенности ультрамафитов на примере реститовых метаморфитов Кузнецкого Алатау (Западная Сибирь), оливиновых кумулатов Йоко-Довыренского расслоенного массива (Северное Прибайкалье) и их аналогов из ксенолитов ультрабазитов Канарского архипелага (Испания) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о земле. 2021. Т. 66, № 4. С. 706–722.
8. Сазонов А.М., Звягина Е.А., Сильянов С.А., Лобанов К.В., Калинин Ю.А., Савичев А.А., Тишин П.А. Рудогенез месторождения золота Олимпиада (Енисейский кряж, Россия) //Геосферные исследования=Geosphere Research. 2019. № 1. С. 17-43.
9. Динамика изменений морфологии и состава флюидных включений в кварце на фоне прогрессирующих деформаций на примере жильной системы западного фланга Келяно-Ирокиндинской зоны смятия (Западное Забайкалье) / Э.Н. Кунгулова, П.А. Тишин, Д.В. Лычагин, Е.Н. Москвичев [и др.] // Геология и геофизика. 2023. Т. 64, № 7. С. 972–990.

Спасибо за внимание!

