

XIX научно-практическая конференция
**ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ**

**ГРАНИТЫ.
ТЕКТОНИЗАЦИЯ,
УВ-ЗАРОЖДЕНИЕ,
НЕФТЕНАСЫЩЕНИЕ**

(по материалам изучения керна ПАО «Сургутнефтегаз»)

Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дякина А.В., **Новикова Н.В.**,
В.Р.Сахарова, Цесарж И.Л., Шестерякова И.В.

ПАО «Сургутнефтегаз», «СургутНИПИнефть»

4trofi@surgut.ru

АНОТАЦИЯ

В работе освещены результаты литологического изучения керн (ЛИК), отобранного из верхней части гранитного массива (далее Объект). Кровля Объекта (рис. 1, 2, 3) характеризует продуктивную зону, представленную апогранитовыми тектонитами с нефтенасыщением (рис.4). Подобный объект изучался коллективом научно-исследовательской лаборатории литологии только один раз - в 2004 году, доизучался в 2015г [1]. Практически полный (98%) вынос керн позволил изучить и визуализировать «разрез» Объекта (~38м), точно определить мощность продуктивной зоны (~21м), описать характер гранитов в зоне тектонизации, их структурно-вещественное преобразование в коллектор. Изучение Объекта подтвердило **предположение авторов [1-3] о зарождении УВ в гранитах в процессе сдвига и стресс-метаморфизма**. Генерация углеводородов (УВ) имеет прямую связь с динамометаморфизмом гранитов. **УВ-ЗАРОЖДЕНИЕ однозначно приурочено к зернам полевых шпатов (ПШ), в большей степени щелочных.**

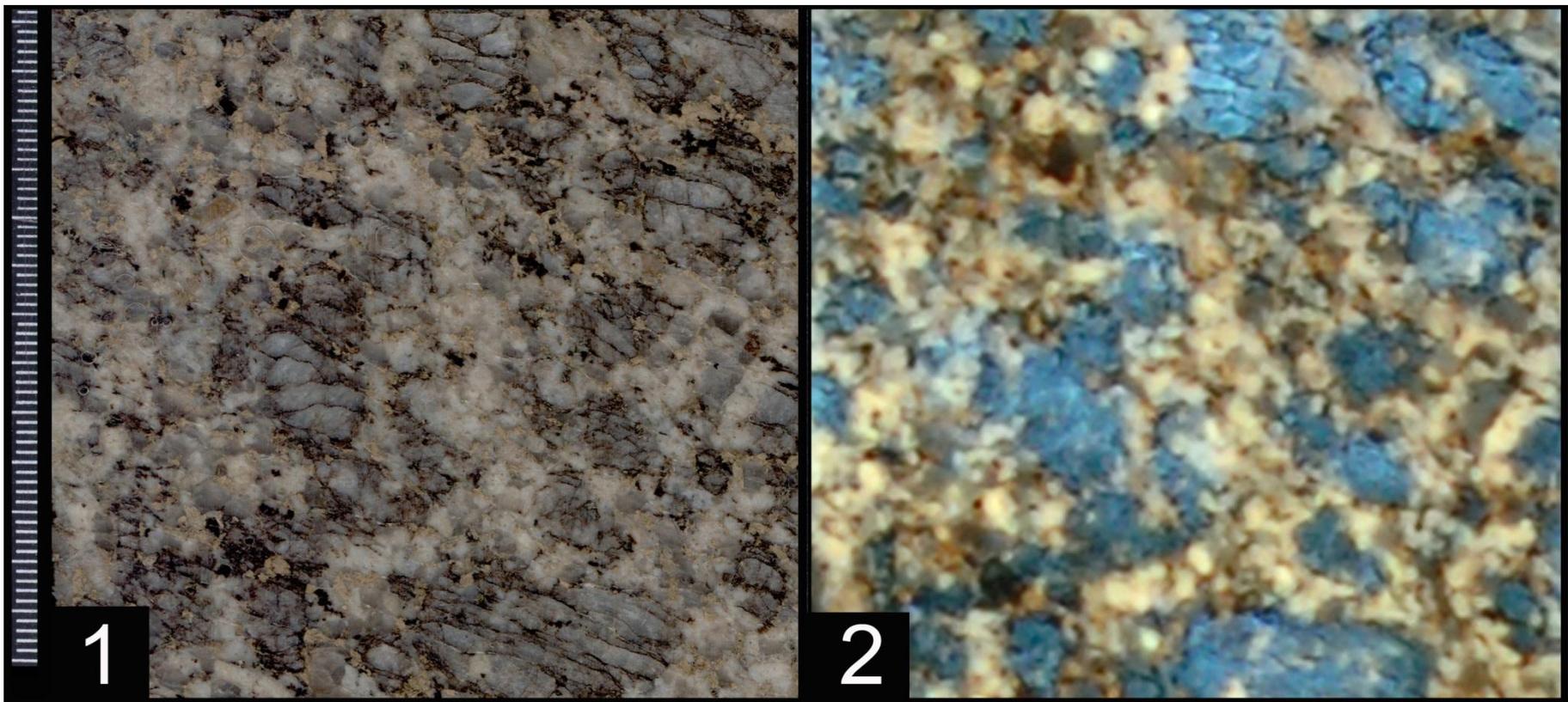


Рис.1. Тектоногранит. Сканоизображение (1) и фотоизображение в УФО (2)

ОБЪЕКТ

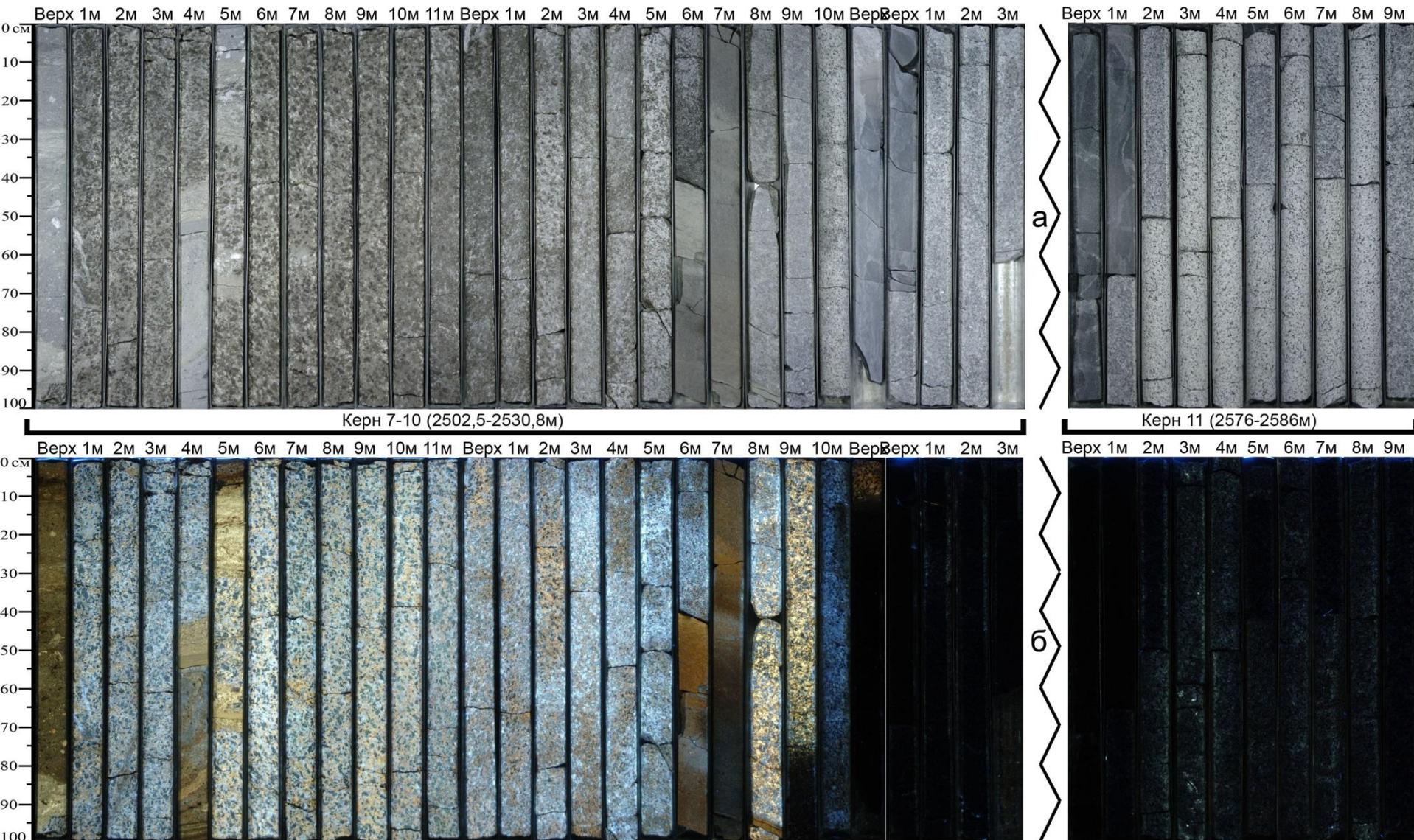


Рис.2. Фоторазрез Объекта в дневном (а) и ультрафиолетовом (б) свете

ОБЪЕКТ

- **Объект** изучения – керн №7-10 (2502-2531м), керн №11 (2576-2586м).
- В процессе изучения Объект был **разделен на 2 основных этажа** (рис.3): 1) **ГРАНИТОВ**; 2) апогранитовых **ТЕКТОНИТОВ**.
- Этажи разделены **зоной** апогранитовых **УЛЬТРАТЕКТОНИТОВ** вдоль **разрывного смещения**, которая характеризуется наклонной (~25°) субпараллельной линейностью согласной с наклоном тектонизации выше- и нижележащих пород.
- **Нижний этаж венчается** (без тектонического прерывания) маломощной **зоной ТЕКТОНОГРАНИТА** с пятнистым нефтенасыщением.
- **Верхний этаж** в зоне контакта «Чехол-Фундамент» расчленяется и **венчается микститовыми ТЕКТОНОКЛАСТОЛИТАМИ** с фрагментарным нефтенасыщением. Зона непрерывного перехода от тектоногранитов к тектонитам отсутствует.
- По совокупности данных изучения керна и данных ГИС **нижний этаж** массива **представлен лейкократовыми ГРАНИТАМИ** нормально-щелочного ряда, **расчлененными мезократовыми мелкозернистыми породами** (типа ДИОРИТ). Граниты во всех расчленённых зонах **аналогичны** (рис.14), характеризуются относительно слабой степенью тектонизации и метаизменения.
- По керну **все границы «гранит-диорит»** (рис.3, 5) **тектонические** с маломощными зонами динамометаморфизма, которые свидетельствуют о сдвиговом смещении. Переходных зон контактового метаморфизма нет. По классическим представлениям мезоокрашенные породы можно отнести к дайкам. В колонке керна их можно охарактеризовать как фрагменты интрузивных тел с признаками смещения.
- **НЕФТЕНАСЫЩЕНИЕ** Объекта приурочено к зоне (2503-2526м) дезинтеграции и динамометаморфического преобразования гранита. Однозначное **УВ-ЗАРОЖДЕНИЕ** наблюдается в кровле нижнего этажа в зонах субгоризонтальных сдвигов.

ОБЪЕКТ

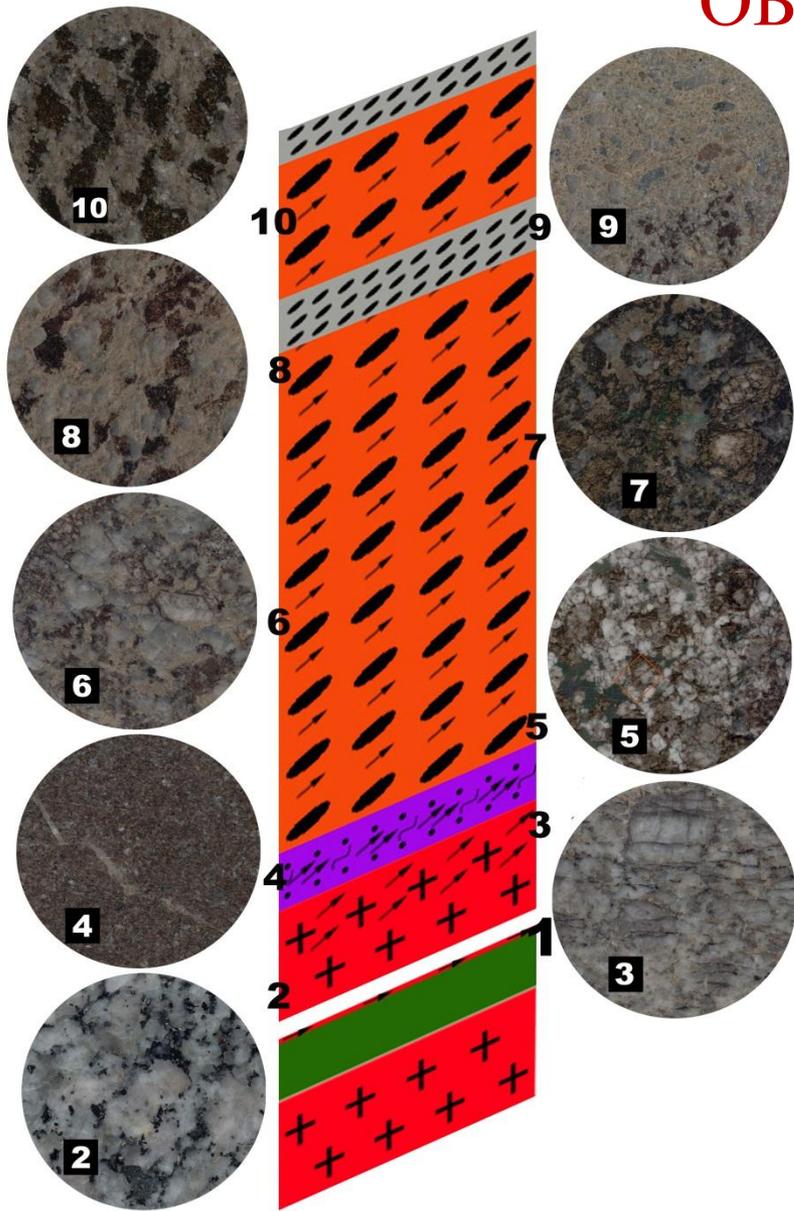


Рис.4. Колонка «Литология» (фрагмент рис. 3). Сканоизображения (2-10) пород Объекта. Гранит (2), тектоногранит (3), ультратектонит апогранитовый (4), тектонит апогранитовый (5-8, 10), тектонокластит микститовый (9)

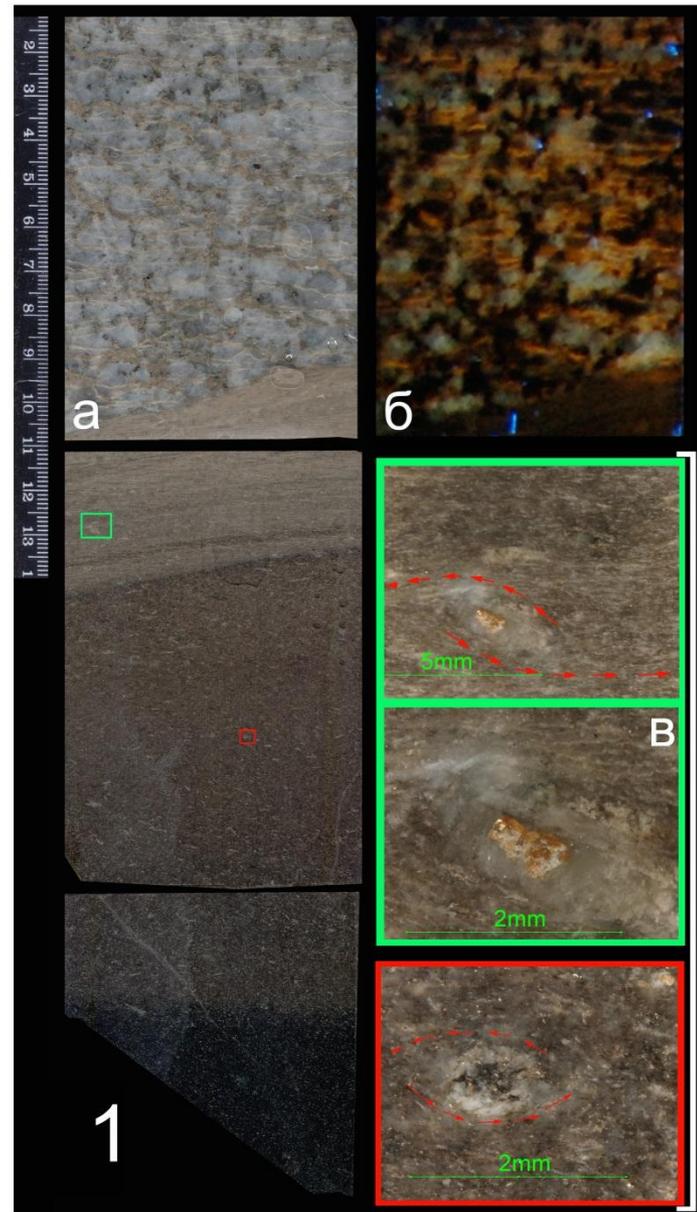


Рис. 5. Контакт «гранит-диорит». На колонке «Литология» (рис. 4) обозначение 1. Сканоизображение (а), фотоизображение в УФО (б), микроизображения (в)

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ

Методы изучения керна: 1) **профильные** исследования; 2) **стандартный и дополнительный** комплексы литологического изучения керна (ЛИК) на макро-мезо-микроуровнях [2, 3]. Частота дополнительного комплекса литологического изучения керна (ЛИК) - 5 образцов на 1 м керна (обр./м). Спилы всех образцов отсканированы. Из всех литотипов отобраны эталоны.

Методы изучения горных пород (литотипов): 1) стандартный комплекс определения петрофизических параметров (ПФП), частота отбора – 3 обр./м; 2) стандартный комплекс лито-геохимических параметров (ЛГХИ).

Из тектонитов с средне-крупнозернистой апогранитовой структурой: на ПФП выбурены цилиндры с диаметром 5см; на ЛГХИ отобраны крупные куски с навеской ~0,4кг.

Из пород с тонко-мелкозернистой структурой (кластолиты, ультратектониты) отбор образцов на ПФП и ЛГХИ проведен классическим способом.

В ультратектонитах часть цилиндров (d 3см) треснули в процессе их изготовления по поверхностям сланцеватости. В процессе отбора, мойки, маркировки цилиндры разрушаются. С учетом характера тектонизации пород вероятность сохранности целостности цилиндров после экстракции УВ очень низкая.

Для сравнительной характеристики минеральных компонентов, все образцы, отобранные на шлифы отсканированы.

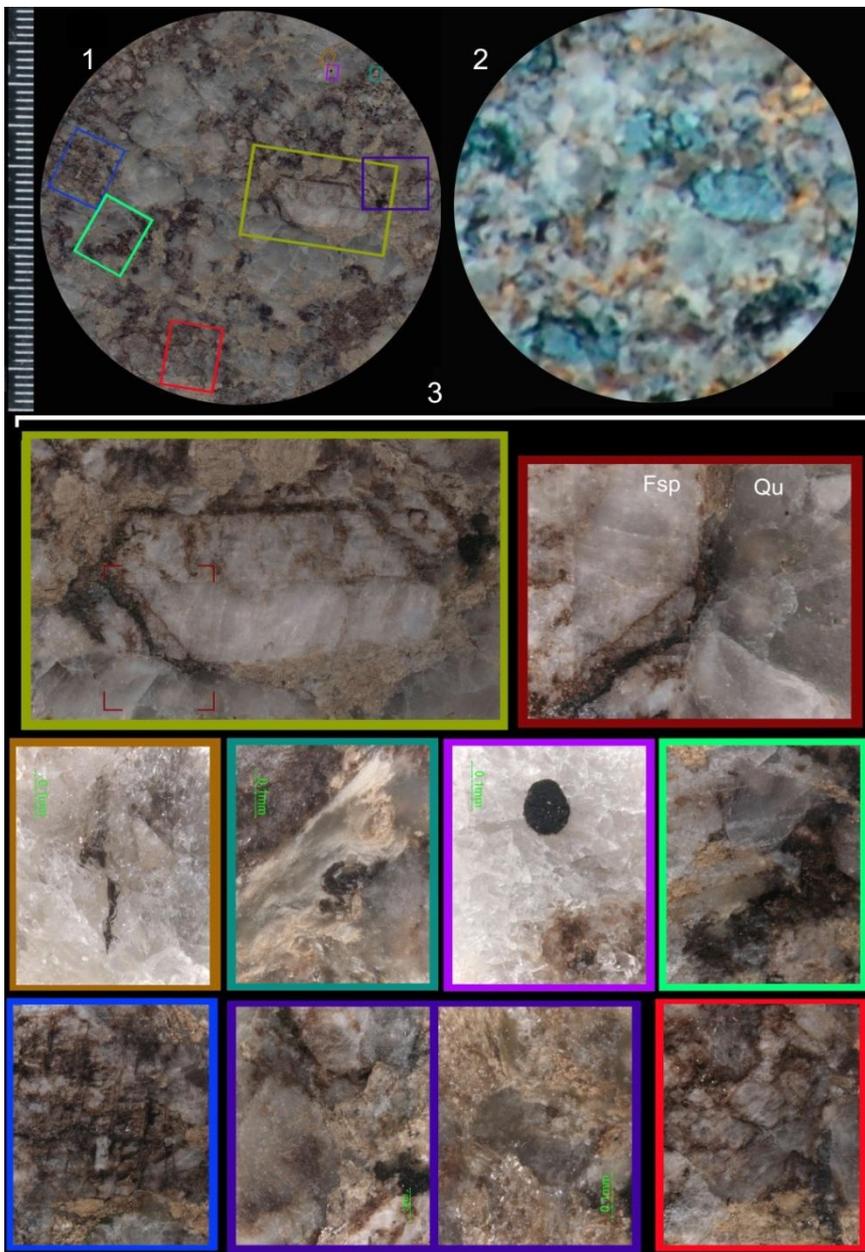


Рис.6. Тектонит апогранитовый. Сканоизображение (1), фотонизображение в УФО (2), микроизображения (3)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

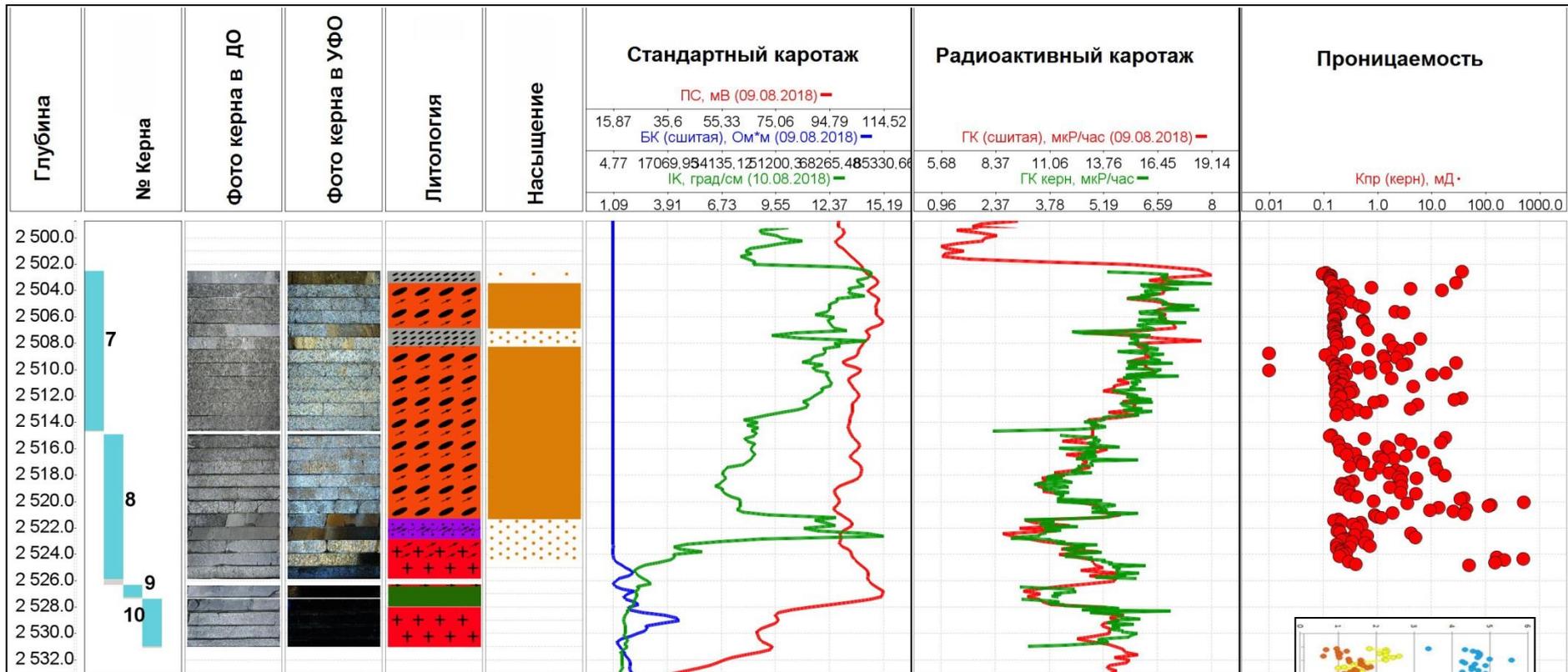


Рис.7. Геопланшет Объекта. Фрагмент рис.3

Апогранитовые коллектора характеризуются **трещиноватостью**, сланцеватостью, милонитизацией.

В тектонитах с крупной гранитовой зернистостью - **емкость кавернозно-порово-трещинная**.

Профильная проницаемость пород отражена на планшете, все значения **более 1мД** относятся к трещинной проницаемости.

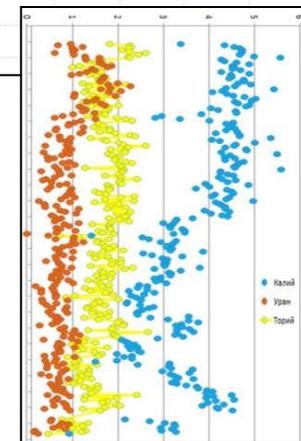


Рис.8. ПГС керна, содержание калий-уран-торий

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

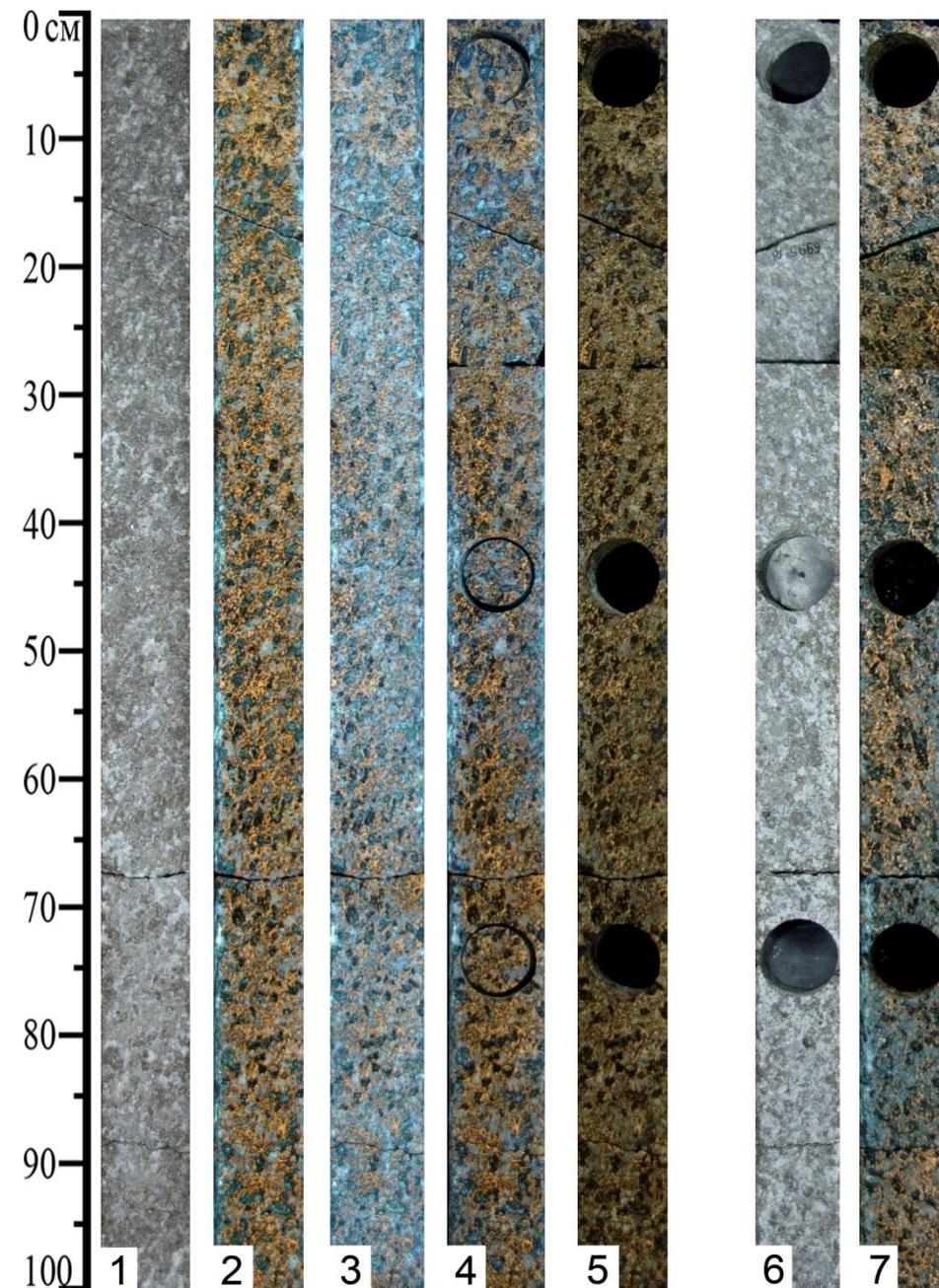
В процессе ЛИК было проведено **временное фотографирование** распиленного керна в УФО (рис.9).

- Через **10 минут** (2), поверхность мокрая.
- Через **4 дня** (3), поверхность сухая.
- Через **1 и 2 месяца** (4, 5), поверхность сухая.
- Через **2 месяца** (7) после свежего спила, поверхность сухая.

Результаты фотографирования. В первые дни после **высыхания** поверхность нефтенасыщенных **тектонитов** **сопровождалась «туманом»** (рис.9, рис.20) **сине-голубого спектра** в УФО, свидетельствующем об активном **испарении легких фракций УВ**.

Через 2 месяца **синий спектр свечения УВ** наблюдался только на свежем спиле.

Рис.9. Фотографии керна в ДО (1, 6) и УФО (2-5, 7). 2 – 23.08.2018, 3 – 27.08.2018, 4 – 19.09.2018, 5 – 23.10.2018, 6-7 - 23.10.2018 (новый спил)



НОМЕНКЛАТУРА, АНАЛОГИ

Подразделение горных пород (в том числе магматических, метаморфических) в основном базируется на **данных химических и количественно-минералогических признаков**, которые **невозможны на уровне изучения зерна**. «Характеристики видов магматических, главным образом плутонических, пород должны базироваться на их количественном минеральном (модальном) составе, выраженном в об. %. Для тех пород, модальный минеральный состав которых установить невозможно, в качестве главного классификационного признака может выступать их химический состав» [4]. Наиболее корректное «полевое» подразделение может быть проведено в случае аналогичного (повторного) изучения, основанного на аналитических данных эталонов. В случае первичного изучения принято выделять полевые типы пород. Исходя из выше сказанного **Объект относится к первичным. Единственный аналог (из изученных ранее авторами) имеет частичное сходство (рис.10).**

Публикации по продуктивным «гранитам» территории Западной Сибири единичны [5-7 и др.], выводы основаны на количественных элементно-минеральных аналитических данных и описаниях шлифов.

Наиболее фундаментальным по изучению гранитов территории Евразии является труд [8] коллектива лаборатории Тектоники консолидированной коры Геологического института РАН. И хотя в указанном издании по гранитам Западной Сибири данных мало, **многие результаты** в данной монографии **сочетаются с результатами изучения Объекта**, подтверждают и дополняют данные изучения эксгумированных гранитных массивов, анализ цитированных материалов.

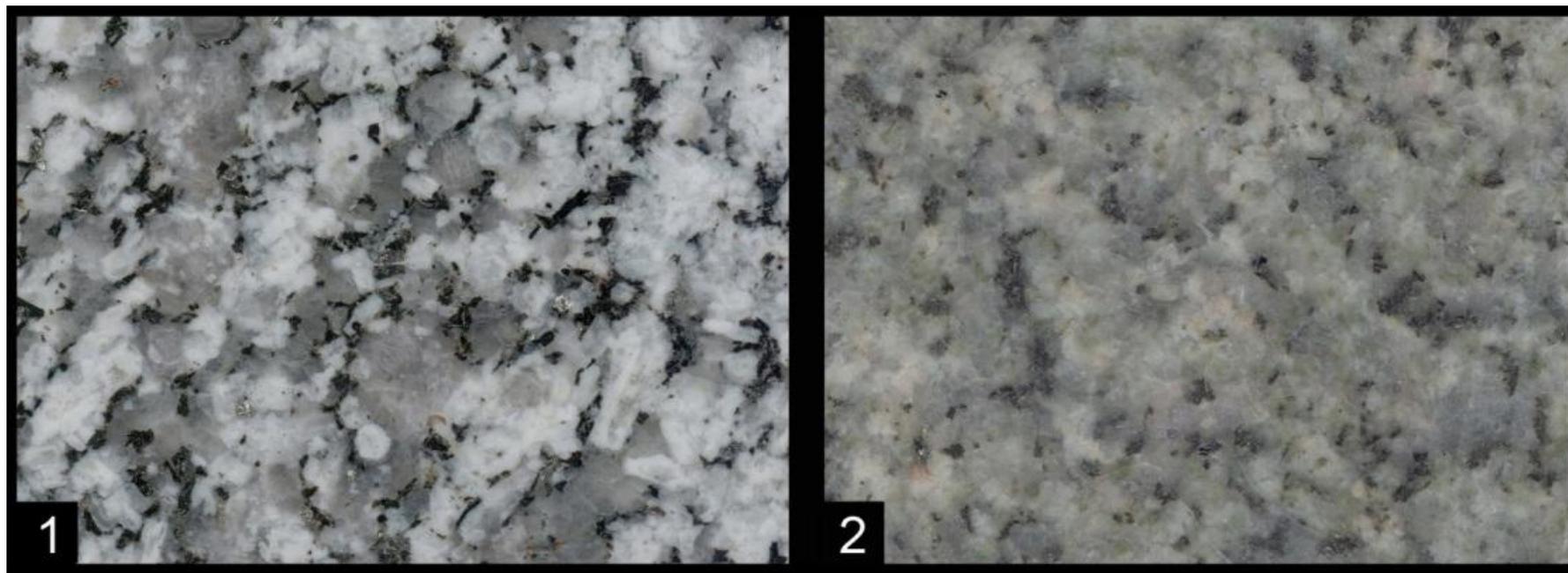


Рис.10. Граниты. Сканозображения в воде. Керна 8 (1), керна 20 [1] (2)

ПОЛЕВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Таким образом, в связи с отсутствием в классификационной основе горных пород «полевой» номенклатуры, авторами была сформирована «полевая» классификация (рис.11) пород Объекта, основанная на данных комплексного и многоуровневого [2, 3] изучения горных пород в колонке керна.

Типы выделены в последовательности динамометаморфического преобразования пород: 1) гранит; 2) тектоногранит (тектонизированный гранит); 3) тектонит апогранитовый; 4) ультратектонит апогранитовый; 5) тектоносланец; 6) тектонокластолит.

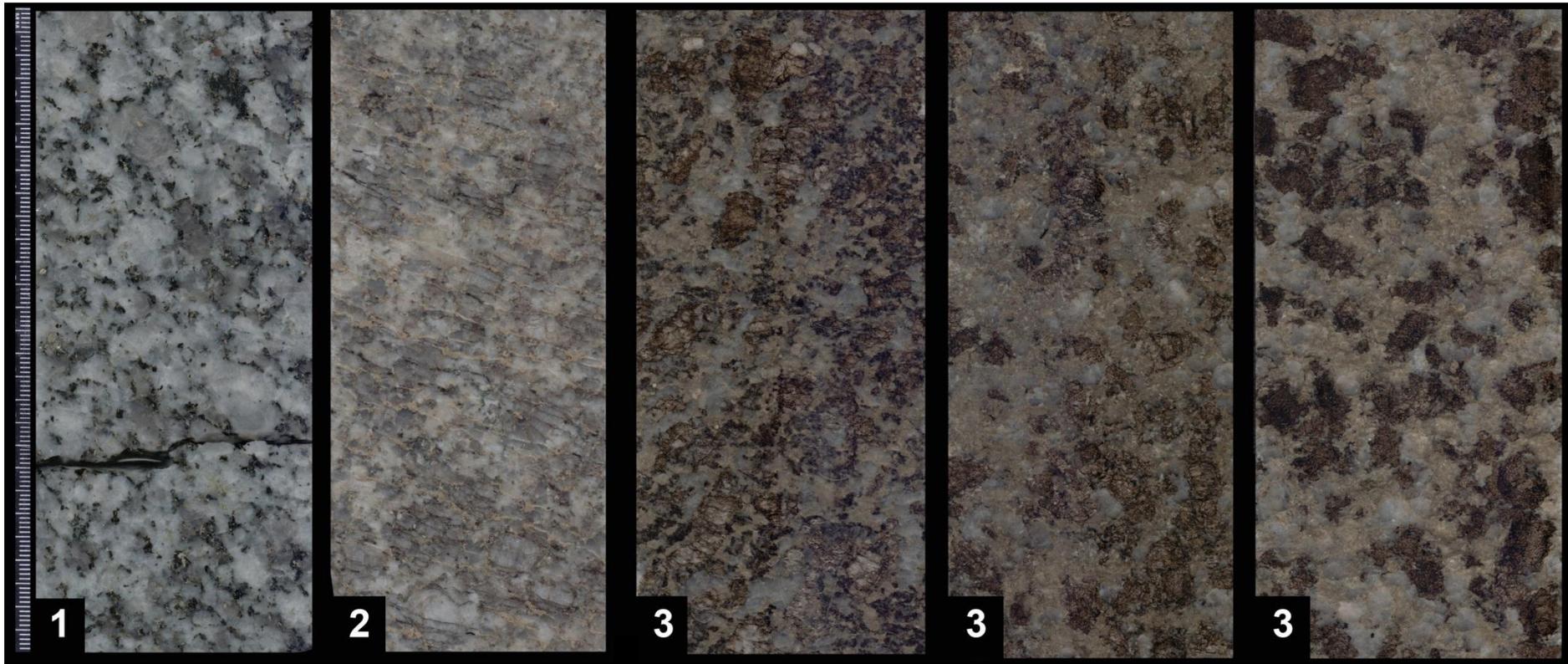


Рис.11. Литотипы Объекта. Сканоизображения керна

1) гранит; 2) тектоногранит (тектонизированный гранит); 3) тектонит апогранитовый; 4) ультратектонит апогранитовый; 5) тектоносланец; 6) тектонокластолит

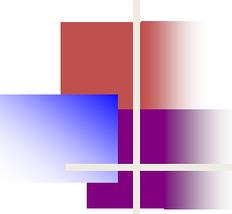
ПОЛЕВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Типы выделены в последовательности динамометаморфического преобразования пород: 1) гранит; 2) тектоногранит (тектонизированный гранит); 3) тектонит апогранитовый; 4) ультратектонит апогранитовый; 5) тектоносланец; 6) тектонокластолит.

При появлении новых данных «полевое» разделение может быть расширено и дополнено.

Рис.11. Литотипы Объекта. Сканоизображения керна

1) гранит; 2) тектоногранит (тектонизированный гранит);
3) тектонит апогранитовый; 4) ультратектонит апогранитовый;
5) тектоносланец; 6) тектонокластолит



ЛИТОТИПЫ

- Результаты изучения литотипов скомплексированы в их **ДЕТАЛЬНОМ ОПИСАНИИ**.
- Породная и минеральная характеристика дана по «прочитанным» (на данный момент) участкам.
- **ОБЪЕМ** описания отражает **ОБЪЕМ** информации полученном при комплексном и многоуровневом изучении керна.
- Данная информация **НЕ МОЖЕТ** быть получена **ДРУГИМ СПОСОБОМ** и может быть **ПОЛЕЗНА** для всех специалистов изучающих **ГРАНИТЫ**.

ЛИТОТИПЫ. (детальное описание)

ГРАНИТ. Порода лейкократовая (рис.11, 12, 14), тектонизированная (преобладает трещиноватость и катаклиз). Структура средне-крупнозернистая. Последовательность **главных породообразующих минералов** (по убыванию) - полевые шпаты, кварц, темноцветы (5-10%). **Окраска** светло-серая, с разной степенью цветности полевых шпатов. В долблении №10 гранит с наибольшей степенью цветности и метазменения ПШ, контрастно разделяющей их на группы щелочных (КПШ) и плагиоклазов (ПЛ) (рис. 15). **Щелочные** характеризуются большей прозрачностью, пятнистой (от еле заметной до явной) розоватостью, микроклиновой решеткой. Хочется отметить, что процесс микроклинизации полевых шпатов в отдельных исследованиях русских и иностранных ученых [9] связывается с процессом динамометаморфизма. *«П. Н. Чирвинский возникновение микроклина в породах тесно увязывает с проявлением динамометаморфизма, ссылаясь при этом на данные большого числа русских и иностранных ученых. Н. К. Лизе полагает, что ортоклаз под действием непрерывно меняющегося давления получает микроклиновую решетку. А. К. Бодырев появление микроклинов объяснял перекристаллизацией в результате динамометаморфизма».* **Плагиоклазы** характеризуются меньшим размером, неравномерной (от еле заметной до явной) и наложенной (пятнистой, зональной) молочностью (альбит) или зеленоватостью (эпидот, хлорит). Отмечаются зерна ПШ: с зональной бело-розовой окраской; зерна с цветовой иризацией, с «солнечной» микрокрупленностью; с черными рассеянными микрокруплениями. **Кварц** хорошо отличается на микроуровне по прозрачности и дроблению. **Темноцветы** в основном представлены в разной степени измененным (замещенным) **биотитом** с окраской черно-коричневого ряда, редко наблюдаются темные зерна амфиболов (роговая обманка). В верхней части массива многие зерна биотита деформированы, местами разорваны, местами расщеплены на пакеты, в пространстве между которыми наблюдаются зерна кварца и кальцита, иногда в виде удлиненных микрокристаллов. В кровле нижнего этажа отмечаются «скатанные» зерна типа «снежного кома» или «рулонов сена» (рис. 16, 17), ограниченные микроразрывами. **Мусковит** отмечается реже, характеризуется перламутровой зеленоватостью, более заметен на мезо- и микроуровнях и лучше виден в обособленных зернах. Среди вторичных и акцессорных минералов наблюдаются: кирпично-красные микрокрупления гематита; ромбики сфена (титанита); микрокрупления сульфидов (пирит); кальцит (реакция с HCl) по биотиту, сфену. Причем последний практически полностью замещен CaCO₃. **Микрокрупления пирита** наблюдаются повсеместно в пределах массива, чаще приурочены к вкраплениям слюд. В верхней части массива отмечаются «пленки» пирита, «проявляющие» сетки минеральной микротрещиноватости. **Текстура** гранитовая, местами с хорошо заметной субдиагональной (~45-60°) упорядоченностью и ориентировкой минеральных компонентов. **Порода трещиноватая**, что более заметно на сухом спиле (рис.12). Трещины субгоризонтального, субдиагонального направления различной ориентировки. Большинство трещин секут текстурную упорядоченность, отдельные согласны с ориентировкой минеральных компонентов (или тектонического течения породы). Вдоль отдельных диагональных разрывов наблюдаются: поверхности скольжения; маломощные **зоны (до 1см) увеличения индекса темноцветности и сульфидности**, местами с округлыми («чочковыми») включениями обломков породы. На светлом крупнозернистом фоне гранитов отмечаются бесформенные пятна 1-2см (шириры) с микроструктурностью и высоким индексом темноцветности. Материал в шпихах аналогичен материалу вдоль разрывных нарушений и вероятнее всего является следствием тектонизации. На микроуровне: все минеральные компоненты рассеяны микротрещинами; на границах зерен микроразрывов (рис.13). На фоне тектонизированных зерен отмечаются единичные новообразованные кристаллические срезы полевых шпатов с блеском и разными углами погасания, отдельные характеризуются полосами двойникования. На откорректированных фотоизображениях в **УФО** многие вкрапления полевых шпатов имеют свечение синего спектра разной интенсивности. Молочноокрашенные плагиоклазы характеризуются большей интенсивностью свечения, наложенная пятнистая зеленоватость «тушит» интенсивность свечения.

ТЕКТОНОГРАНИТ. Порода еще имеет сходство с «материнским» гранитом. Первичная гранитная структура раздроблена, но сохраняется, «просматривается» только на макроуровне (рис.11, 17, 18, 19, 20). Вверх по разрезу наблюдается потеря признаков коренной породы, усиливается степень УВ-насыщения. От гранита отличается: 1) однонаправленно-наклонной тектонизацией; 2) более высокой степенью тектонизации и метазменения породы (в целом) и минеральных компонентов (в частности); 3) бурым нефтенасыщением. Из первичных минералов сохранился только кварц и полевые шпаты, слюды практически полностью замещены минеральным агрегатом (сидерит, кальцит, пирит, кремнисто-глинистый продукт). Отсутственно «чистые» пакеты слюд – единичны. **Тектонизация** повсеместная - трещины, микротрещины, кливаж, катаклиз, смещения по разрывам, очковый мионаж и др. Отдельный разрыв сопровождается «прослоем» ультраметаморфизма сланцеватого с поверхностями скольжения. Для породы в целом тектонизация субпараллельно-линейная, наклонная (~15-30°), усиливающаяся от подошвы к кровле. Обеспечивает однонаправленное (в направлении сдвига) упорядочивание и смещение минеральных зерен. **Главные породообразующие минералы** (кварц, полевые шпаты) расчленены на удлиненные катакласты или кливажные литоны (<5x10мм). Между катакластами сформированы нитевидные кливажные зоны с кремнисто-слюдисто-карбонатным выполнением. Последнее представлено преимущественно апотемноцветным материалом с охристой (сидеритовой) окраской и белым кальцитом. **Нефтенасыщение** (явный запах УВ, буроватость окраски, фрагментарная гидрофобность) наблюдается: 1) по микротрещинам тектонизации; 2) пятнами (пятнистое, решетчато-пятнистое) в кристаллической решетке полевых шпатов. Межкластовые пленки нефти приурочены к тектонизированным кристаллам щелочных полевых шпатов. Последние характеризуются изумрудно-зеленым спектром в УФО (критерий выделения). В пределах калиевых зерен отмечаются кливажные зоны с нефтенасыщением, иногда смещенные более поздними «чистыми» зонами. Порода характеризуется сплошным **свечением в УФО** с мелкопятнистой разноцветностью (изумрудно-зеленый, синий, голубой, бурый, желтый). Свечение в большей степени связано с нефтенасыщением, в меньшей с минеральными компонентами (например, карбонатами). Свечение синего и изумрудно-зеленого спектра однозначно связано с нефтенасыщением.

ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ. Порода (рис.11, 20, 21, 22, 23, 24) имеет сходство с тектоногранитом по облику и распределению минеральных компонентов, по характеру нефтенасыщения ПШ. Сходство с гранитом просматривается только в апогранитной текстурности. По сравнению с тектоногранитами, тектонизация интенсивная, дезинтеграция породы со смещениями и течением в диагонально-вертикальном направлении. **Степень тектонизации** неравномерна, но в целом усиливается вверх по разрезу. Порода является основным (~75%) литотипом и коллектором в зоне нефтенасыщения (2503-2526м) Объекта. **Окраска** буро-серая, пятнистая. **Структура** катакластическая (от 2см и меньше) апогранитовая (средне-крупнозернистая) милонитизированная - с элементами и очковыми зонами милонитизации. Класты разноформенные - от угловатых до округлых. Степень грануляции и милонитизации усиливается вверх по разрезу. **Текстура** динамофлюидальная, с субвертикально направленной минеральной упорядоченностью. Минеральные пятна (до 1-2см) соединены в графические линии, криволинейно и разнонаправленно вытянуты в диагонально-субвертикальном направлении, что более выражено в УФО. Отмечаются фрагменты жильного облика (кварц, кварц+шпат). Вкрапления главных породообразующих минералов в разной степени метазменены, тектонизированы, содержание неравномерное. Местами наблюдается заметное увеличение или снижение содержания лейкократовой (кварц, кварц+шпат) составляющей, что свидетельствует о минеральном перераспределении. Процентное «колебание» минеральных компонентов существенно может **влиять на химизм образцов** (элементный и минеральный состав) и проводить неправильные выводы, как о настоящем, так и первичном составе. **Нефтенасыщение** пятнистое (сильный запах, свечение в УФО, бурая окраска, гидрофобность), однозначно связано с тектонизацией минеральных зерен, в большей степени полевых шпатов. На мезо- и микроуровне помимо крупных «щелочных» пятен бурое нефтенасыщение наблюдается пятнами в плагиоклазах, в микротрещинах секущих или окружающих полевые шпаты и кварц. **Свечение в УФО** синего-голубого спектра наблюдается во всех породообразующих минералах, отсутствует в апотемноцветных агрегатах с охристо-бурой (кремнисто-слюдисто-глинисто-сидеритовые) и зеленой окраской (гидрослода).

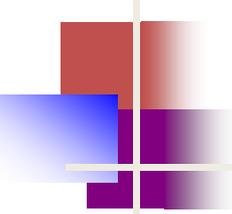
ЛИТОТИПЫ. (детальное описание)

ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ. Кварц. Крупные зерна хорошо отличается на микроуровне по прозрачности и дроблению. Отдельные в трещинах дробления с пленкам УВ-загрязнения, иногда отражающими смещения. **Слюды** практически полностью замещены, в основном кремнисто-глинисто-сидеритовым минеральным агрегатом. Относительно «чистые» фрагменты слюд – единичны. Облик охристых агрегатов по цвету аналогичен наблюдаемому в тектоногранитах. На микроуровне **сидеритизация** имеет микросферолитовый облик. **Полевые шпаты. Шелочные** с разнотонной (от бурой-серой до черно-бурой) окраской, отражающей степень изменения - чем темнее, тем интенсивнее. В бурой-серых разностях еще просматривается минеральный облик, отмечаются двойники. В слабоизмененных зернах или их фрагментах наблюдается внутрикристаллическое УВ-загрязнение, черные пленки по микроклиновой решетке. В бурых и черно-бурых пятнах минералы частично или полностью замещены, с разной степенью бурой-охристой «ожелезнения» и разрушения. Отдельные кристаллы имеют псевдоскелетный облик с перегородками и ячейками. Многие (из отдельных) имеют по центру ось двойникования. Внутри ячеек минерал с частичным или полным замещением, с кавернозно-пористой емкостью. В наиболее крупных полостях наблюдаются кристаллы прозрачного кварца (от 1мм до 0,3мм). Зерна однозначных **плаггиоклазов** с обелением (альбитизация) и пятнами УВ-загрязнения, которые часто развиваются в центральной части. Многие зерна со свечением в УФО имеют слабую УВ-буроватость. Отмечаются единичные новообразованные кристаллические срезы с блеском, погасанием, полосами двойникования. В целом вверх по разрезу структурно-вещественная трансформация (ведущая к разрушению) полевых шпатов усиливается. **Щелочные «ожелезняются» до охристо-бурой-черных пятен; плаггиоклазы замещаются кремнисто-глинистым агрегатом. Тектонизация** (трещины, микротрещины, катаклаз, смещения по разрывам, очковый милонаж и др.) наблюдается повсеместно, обеспечивает однонаправленное (в направлении сдвига) упорядочивание и смещение минеральных зерен. Отмечаются линейные трещины - разнонаправленные (субдиагональные) и разнонаправленные. На микроуровне тектонизация сопровождается смещениями и внутри зерен, и между. **Коллектор** кавернозно-порово-трещинный. Кавернозно-поровая емкость приурочена к бурой пятнам замещенного микроклина. До отметки 2520м минеральный **состав тектонитов** согласуется с составом тектонизированных гранитов. В приподожвенной части этажа наблюдается **участок, где состав тектонитов заметно меняется.** Участок характеризуется высокой степенью дробления, ограничен субпараллельными диагональными тектоническими разрывами, возможно с большой амплитудой смещения. По сравнению с нижележащими тектоногранитами и вышележащими тектонитами: 1) содержание кварца заметно ниже (на уровне моногранита), распределение неравномерное; 2) среди шпатов преобладает белый (альбитизированный) плаггиоклаз; 3) темные цвета полностью замещены минеральным агрегатом с зеленой окраской (гидрослюда), 4) порода имеет более «рыхлый» облик. **В подошве этажа** порода тектонизирована интенсивно. Мелкое дробление (до микрогранул) стирает границы зерен; порода имеет более темную окраску нефтенасыщения (нефтезагрязнения).

УЛЬТРАТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ¹. Порода (рис.26, 27, 28, 29, 30) приурочена к зоне интенсивного динамометаморфического преобразования (мелкий катаклаз, милонаж) вышележащего апогранитового тектонита, о чем свидетельствуют его крупные реликты. По зеленым апотемноцветным реликтам ультратектонит ближе к апомоногранитовому тектониту. **Окраска** неравномерная от буровато-светло-серой до черновато-бурой, связана со структурной степенью преобразования породы, усиливающейся от мелкого поликатаклазита до тонкого милонита. Бурость окраски связана с сидеритизацией и нефтенасыщением. В милонитизированных участках порода более светлая, без нефтенасыщения, в катаклазированных - более темная, с нефтенасыщением. В катаклазированных участках с осветлением окраски (от черновато-бурой) уменьшается структурная размерность, на темном фоне отмечаются светлые «микрослойки» милонитизации. В противоположность, на фоне светлых милонитовых участков наблюдаются реликтовые прерывистые «струйки» (h 1-2мм) бурой тектонокластики. Наиболее мощный участок милонитизации закономерно приурочен к кровле зоны, где вдоль контакта (~20-25°) ультратектонит переходит в разломный (h ~1см) тектоносланец. В светлых милонитовых участках фрагментарно наблюдается хлоровато-зелень. **Свечение нефтенасыщения в УФО** (сине-голубой спектр) на стандартных фотоизображениях без коррекции составляет ~45%, с коррекцией - ~75%. На откорректированных изображениях: сине-голубой спектр свечения отсутствует в наиболее светлых милонитовых участках; интенсивность свечения усиливается в наиболее темных (черновато-бурых) и более зернистых участках. **Структура** катакlastическая: в темных до 2мм с порфириопятами до 1см, в светлых – до 0,15мм. Более темные участки характеризуются большим разбросом размерности зерен. На микроуровне порода фрагментарно с ультрамилонитовой криптозернистостью. Порода неравномерно и дискретно **карбонатная. Микрокомпоненты кальцита** и сидерита наблюдаются везде, преобладают в более светлых (милонитовых) участках (реакция с HCl со вскипанием, красно-желтый спектр в УФО). **Текстура** динамофлюидальная, микротонкая, с однонаправленной пятнистостью, слоистостью, слоеватой-слоистостью, сланцеватостью. Сланцеватость выявляется при делимости породы и на микроуровне, где часть обломочных зерен имеют криптозернистый (зеленовато-серый слюдисто-кремнистый с охристыми микровкраплениями сидерита) вид, аналогичный виду тектоносланца. **Нефтенасыщение (свечение в УФО)** после коррекции сине-голубого спектра разной интенсивности приурочено к более темным участкам с запахом УВ и гидрофобностью. В светлых - наблюдается в реликтах и порфиорокластах бурой катакlastики. Вдоль трещин отмечаются крупные (~1см) включения кристаллов полевого шпата с ярким свечением нефтенасыщения сине-голубого спектра. Степень нефтенасыщения снижается и стирается процессом милонитизации. **Текстурный рисунок**, контакты и делимость породы субпараллельны (~15-35°) наклону тектонизации нижележащих гранитов и вышележащих апогранитовых тектонитов. Помимо субтекстурной (плитчатой) делимости отмечаются секущие (субвертикальные, диагональные) криволинейные трещины, отдельные со смещениями и дуплексными переходами. На спиленной поверхности зерна трещины с катакlastическим выполнением, открытых участков не наблюдается. **Коллектор поровый.** На микроуровне в крупных открытых порах (до 1мм) удлиненные микрокристаллы (до 0,1мм) прозрачного кварца. Аналогичная картина наблюдается в апогранитовом тектоните в бурых пятнах замещенного микроклина, где кристаллы до 0,3мм. ¹**Микробрекчии милонитизированные, милониты, ультрамилониты, бластомилониты и пр.**

ТЕКТОНОСЛАНЕЦ разломный. Вдоль контакта (~20-25°) ультратектонит-тектонит наблюдается (h ~1см) тектоносланец разломный с **поверхностью скольжения.** В процессе подготовки и распиловки зерна **сланец отслоился и разрушился.** Данный литотип визуализирован только на сканоизображениях наиболее крупными сохранившимися пластинками. **Окраска** светло-серая, **состав** карбонатно-кремнисто-слюдистый. На микроуровне тектоносланец микрпятнистый, с черными и черно-зелеными микровключениями, с единичными вкраплениями пирита, с редкими микрокристаллами с прозрачно-серой (типа кварц) и оранжевой (типа циркон) окраской. Подобный «циркон» наблюдался в зоне милонитизации на контакте гранит-диорит. Микрооблик породы аналогичен микрооблику криптозернистых фрагментов ультратектонита.

ТЕКТОНОКЛАСТОЛИТ микститовый (предположительно зона меланжа). **Порода** серая с неравномерной буростью, разнокластическая, с фрагментами тектонита апогранитового. На фоне преобладающей пелито-алевритно-псаммитовой (до 2мм) массы «плавают» псефитовые обломки (до 4см) с разной окраской, формой, составом. **Обломки** как поли-, так и мономинеральные, среди крупных преобладают мономинеральные со светлой окраской. Отдельные обломки имеют сходство с обломками тектонитов, в некоторых из них отмечаются признаки УВ. В пограничной зоне с тектонитами наблюдаются: крупные фрагменты тектонита, ограниченные зонами смешивания и очковой милонитизации. Нефтенасыщение дискретное (пятнистое, полосчатое). **Текстура** неоднозначная, полосчатая, связанная с дифференциацией кластики. В интервале 4,55-4,90м полосчатость с обликотектонически срезанного пластического перегиба (рис.21), который более заметен по свечению в УФО. Дискретность нефтенасыщения в этом интервале так же отражает рисунок перегиба.



ЛИТОТИПЫ.

- Результаты изучения литотипов скомплексированы в их **ДЕТАЛЬНОМ ОПИСАНИИ**. Породная и минеральная характеристика дана по «прочитанным» (на данный момент) участкам.
- **ОБЪЕМ** описания отражает **ОБЪЕМ** информации полученном при комплексном и многоуровневом изучении керна.
- Данная информация **НЕ МОЖЕТ** быть получена **ДРУГИМ СПОСОБОМ**.
- Данная информация может быть **ПОЛЕЗНА** для всех специалистов изучающих ГРАНИТЫ.

В рамках отведенного на НПК времени далее будут рассмотрены только отдельные важные моменты изучения литотипов.

ЛИТОТИПЫ.

ГРАНИТ (важные моменты)

Порода тектонизированная (преобладает трещиноватость и катаклаз). **Трещиноватость хорошо видна на сухом спиле.**

На микроуровне: все минеральные компоненты рассечены **микротрещинами**; на границах зерен **микрокатаклаз**.

Трещины субгоризонтального, субдиагонального направления разной ориентировки.

Большинство трещин секут текстурную упорядоченность, отдельные согласны с ориентировкой минеральных компонентов (или тектонического течения породы).

Вдоль отдельных диагональных разрывов наблюдаются поверхности скольжения, маломощные зоны милонитизации.



Рис.12. Зона перехода Гранит-Тектоногранит. Характер трещиноватости. Сканоизображения спила: поверхность сухая (1); поверхность в воде (2)

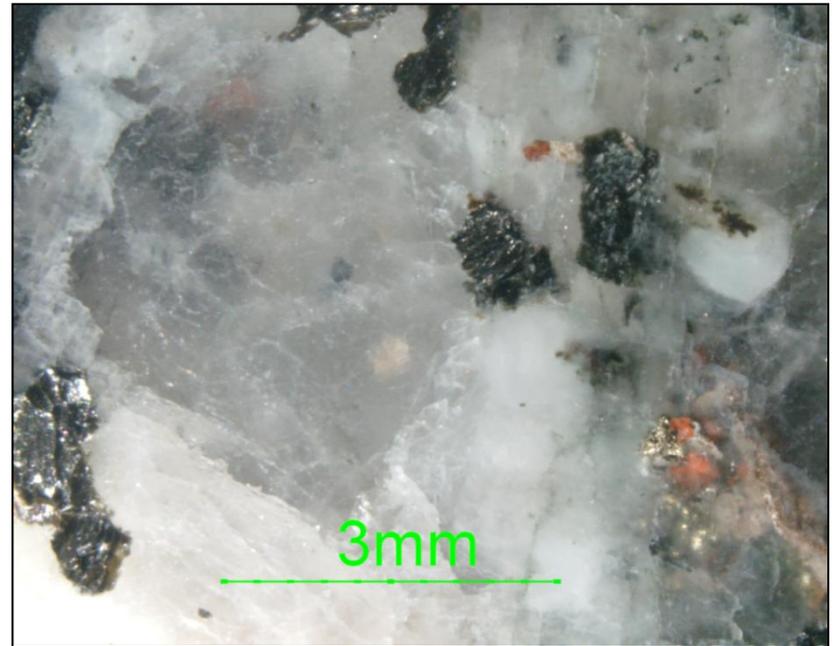


Рис.13. Гранит. Характер микротрещиноватости. Микроизображение спила в воде

ЛИТОТИПЫ. ГРАНИТ (важные моменты)

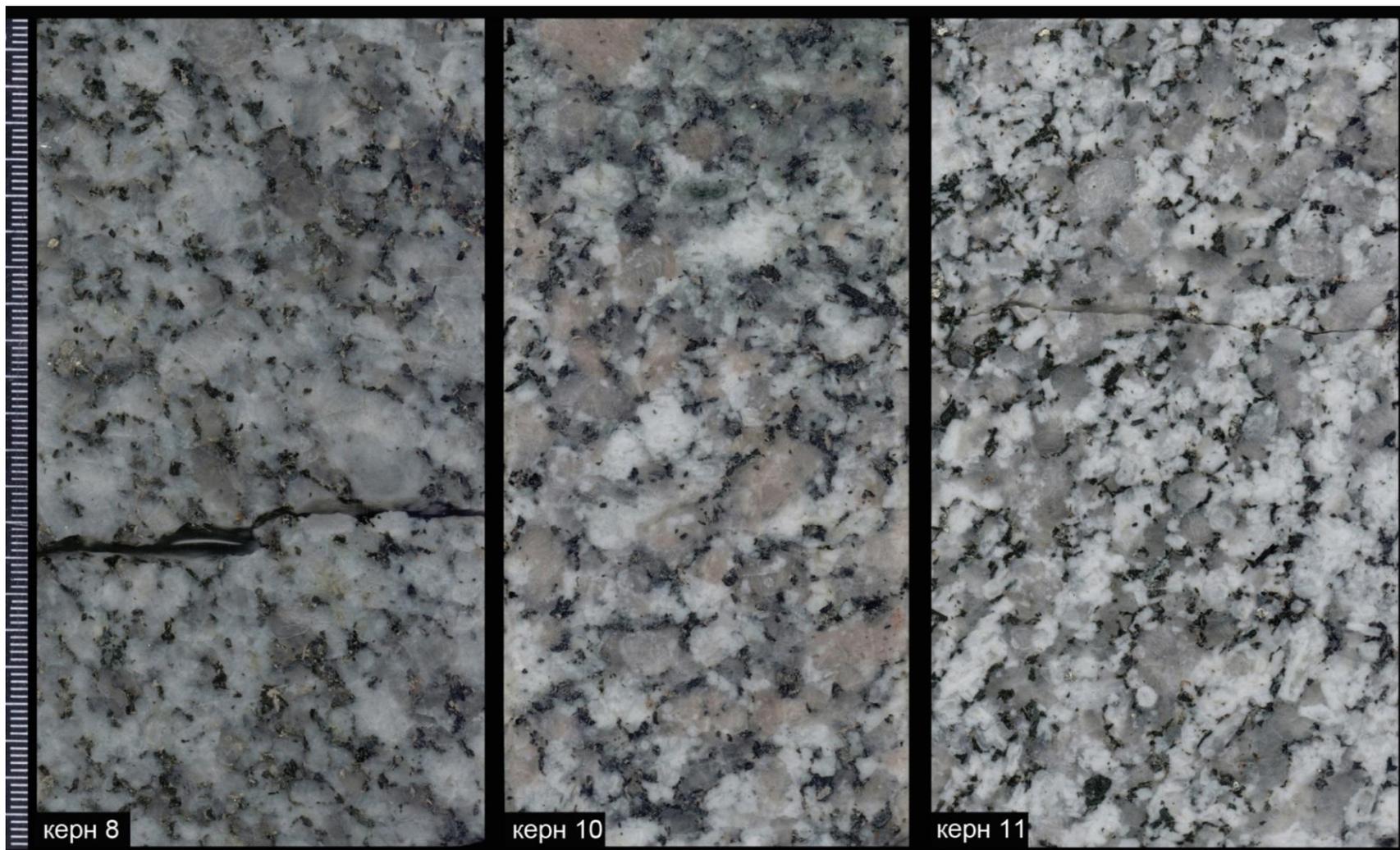


Рис.14. Гранит. Сканоизображения в воде

Порода лейкократовая, с разной степенью цветности полевых шпатов, контрастно разделяющей их на группы щелочных (КШ) и плагиоклазов (ПЛ). Структура средне-крупнозернистая. Последовательность главных породообразующих минералов (по убыванию) - полевые шпаты, кварц, темноцветы (5-10%). Текстура гранитовая с субдиагональной (~45-60°) упорядоченностью и ориентировкой минеральных компонентов.

ЛИТОТИПЫ. ГРАНИТ (важные моменты)

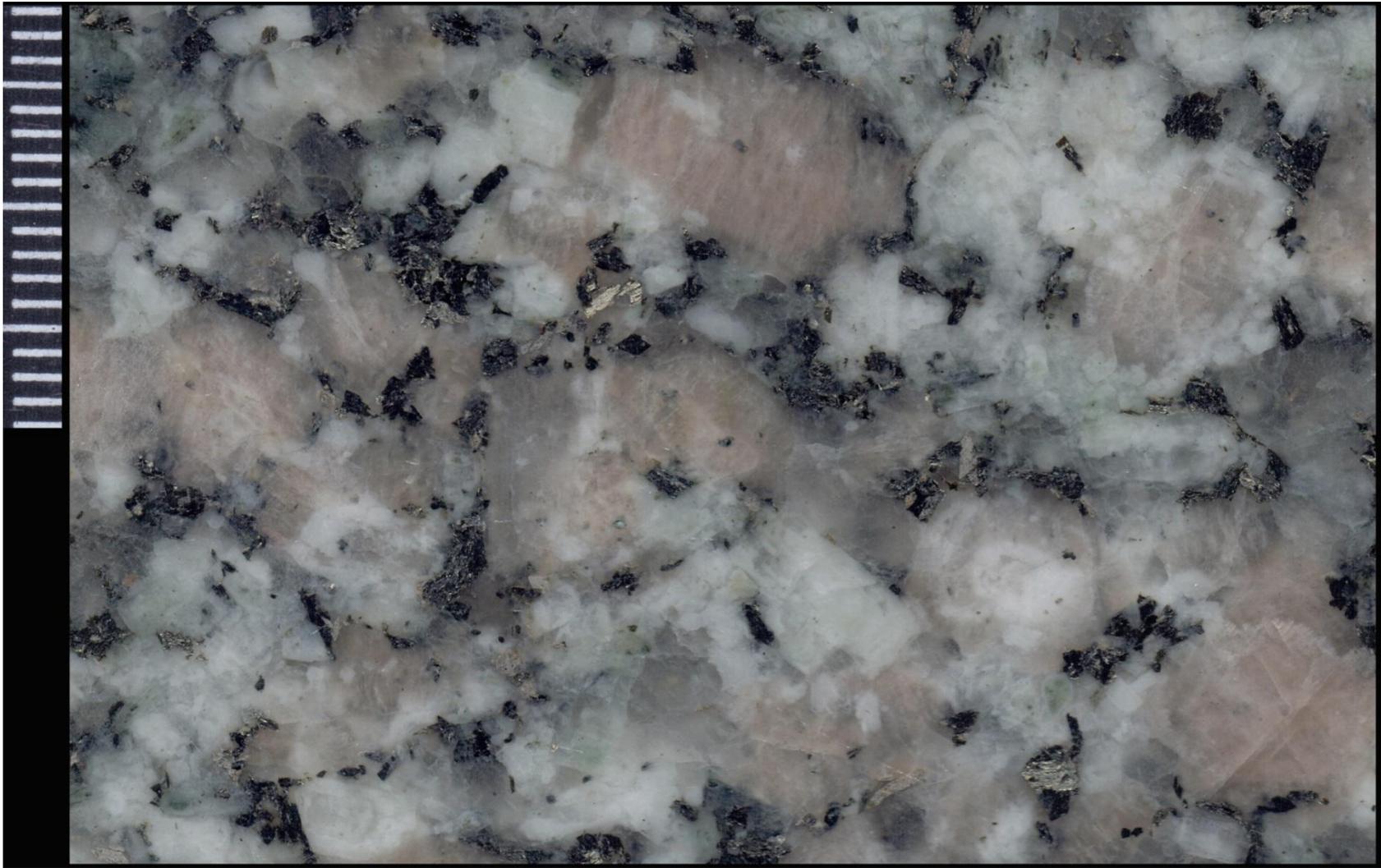


Рис.15. Гранит. Микроизображения в воде

КПШ характеризуются **большей прозрачностью**, пятнистой (от еле заметной до явной) **розоватостью**, **микровклиновой решеткой**, **Pl** - **меньшим размером**, **неравномерной** (от еле заметной до явной) и наложенной (пятнистой, зональной) **молочностью** (альбит) или **зеленоватостью** (эпидот, хлорит).

ЛИТОТИПЫ.ГРАНИТ(важные моменты)

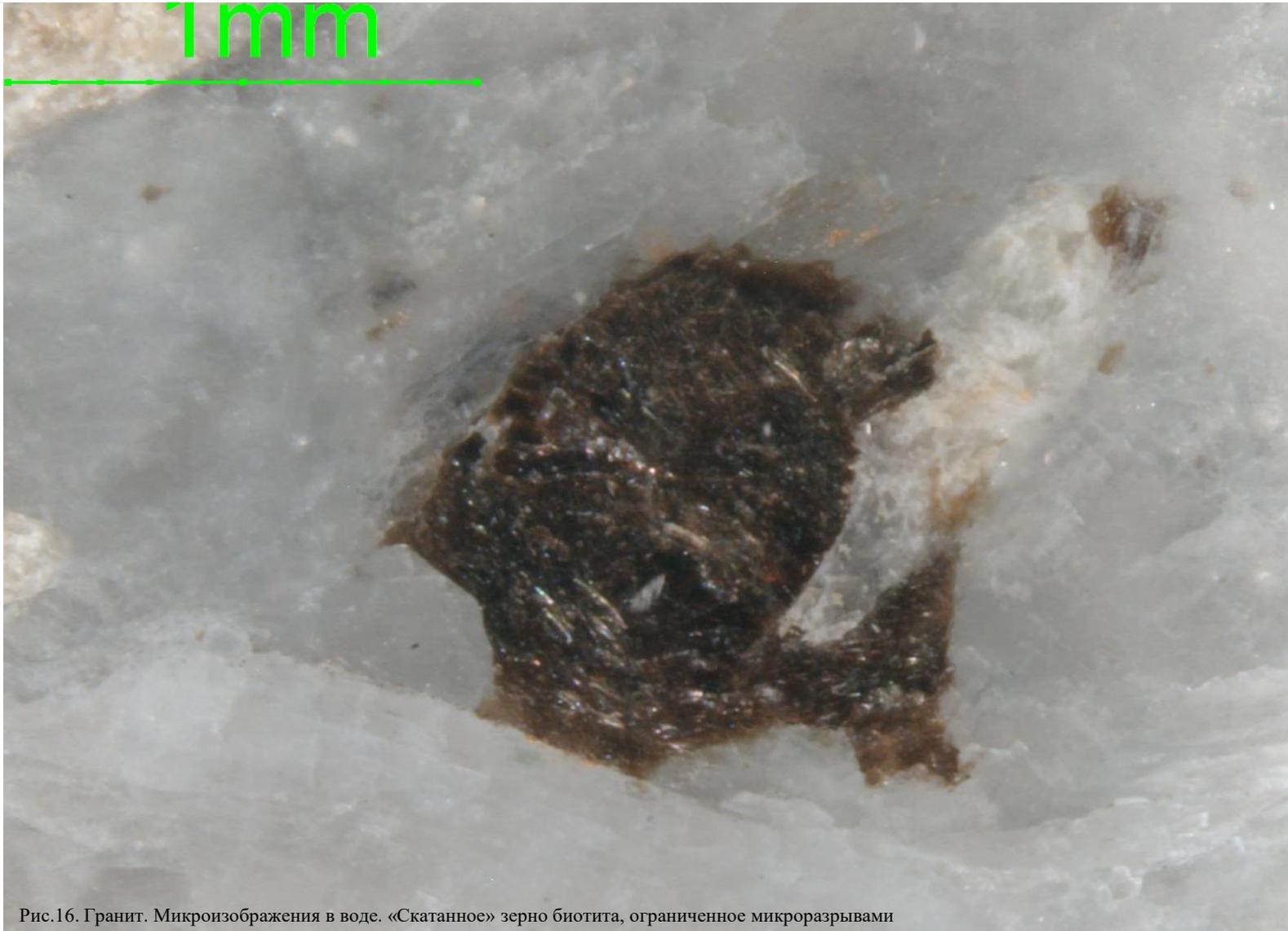


Рис.16. Гранит. Микроизображения в воде. «Скатанное» зерно биотита, ограниченное микроразрывами

Темноцветы в основном представлены в разной степени измененным **биотитом** с окраской черно-коричневого ряда, **многие** зерна деформированы. Отмечаются «скатанные» зерна, ограниченные микроразрывами.

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНОГРАНИТ (важные моменты)

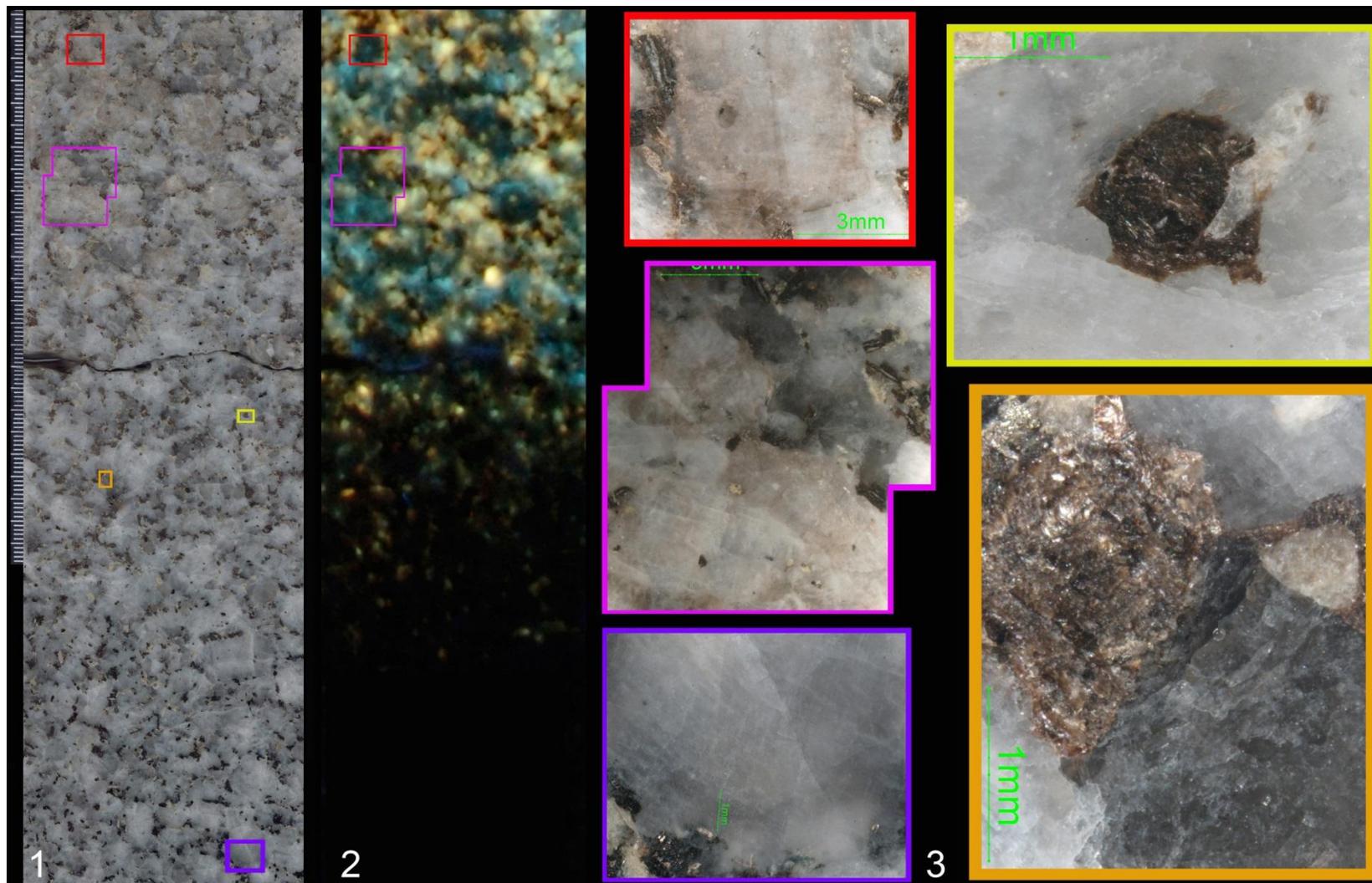


Рис.17. Зона перехода Гранит-Тектоногранит. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2), микроизображения (3)

Граница Гранит-Тектоногранит выделена по УВ-загрязнению КПШ, появлению свечения в УФО. На границе наблюдается максимальное сходство с «материнским» гранитом. Вверх по разрезу наблюдается потеря признаков коренной породы усиливается степень УВ-насыщения

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНОГРАНИТ (важные моменты)

Тектонизация повсеместная
субпараллельно-линейная, наклонная
(~15-30°), усиливающаяся от подошвы
к кровле.

Свечение синего и изумрудно-
зеленого спектра однозначно связано
с нефтенасыщением.

Рис.18. Тектоногранит.
Сканоизображение (1) и фотоизображение в УФО (2)

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНОГРАНИТ (важные моменты)

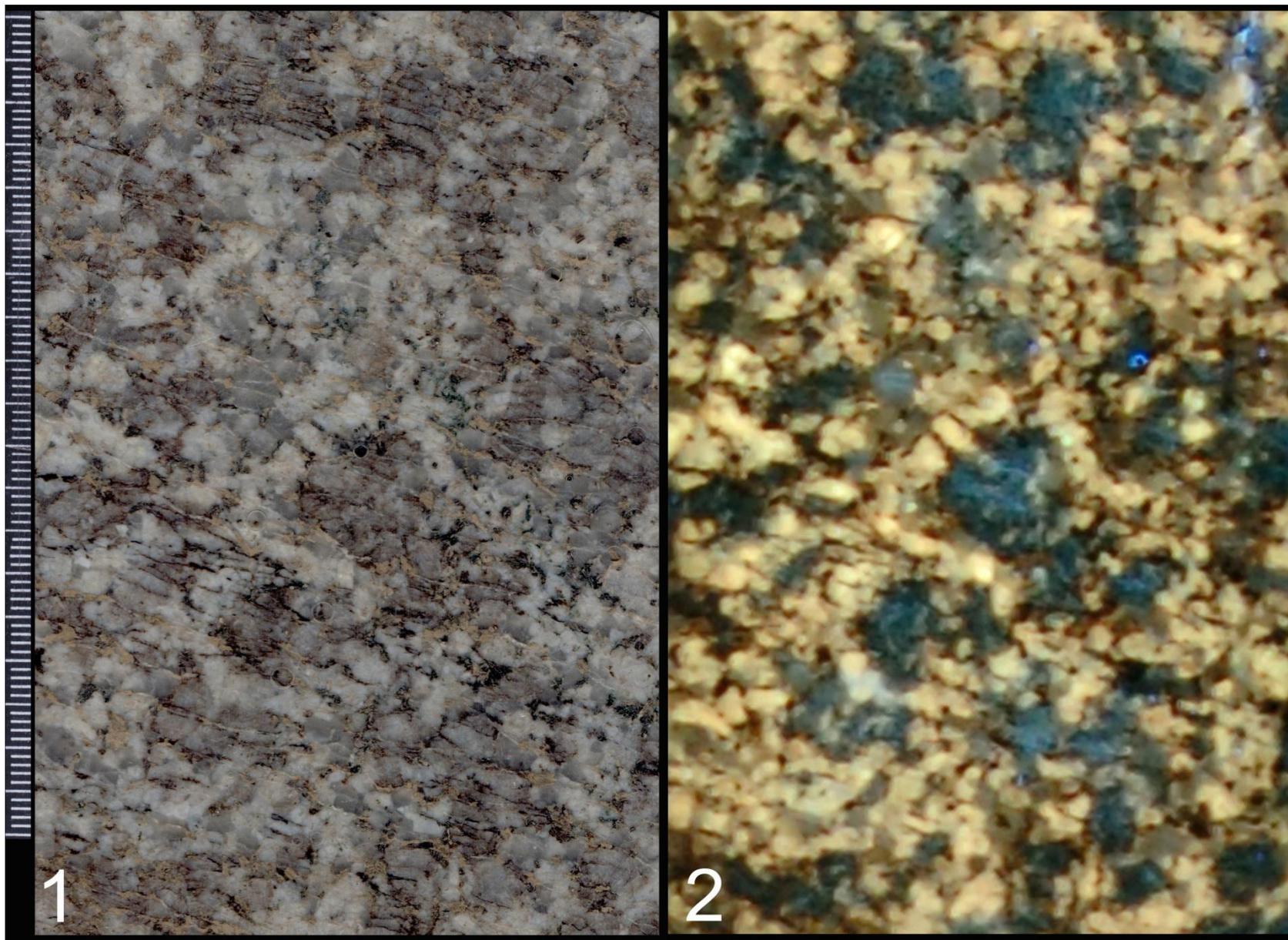


Рис.19. Тектоногранит. Сканоизображение (1) и фотоизображение в УФО (2)

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ (важные моменты)

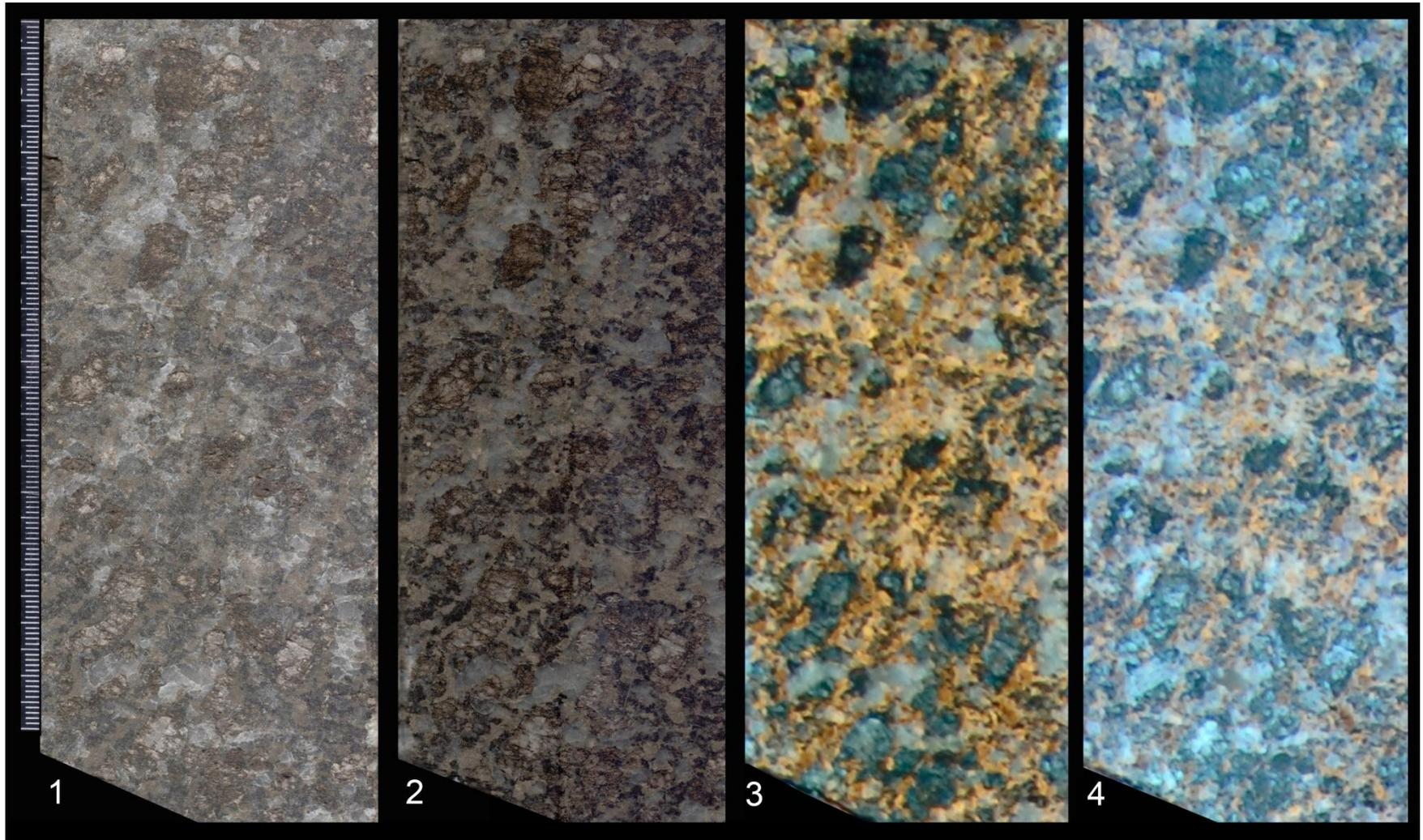


Рис.20. Тектонит апогранитовый. Сканоизображения: 1) поверхность сухая; 2) поверхность в воде. Фотоизображения в УФО: 3) через 10 минут после распиловки (поверхность мокрая); 4) через 4 дня после распиловки (поверхность сухая)

Порода имеет сходство с тектоногранитом по облику и распределению минеральных компонентов, по характеру нефтенасыщения ПШ. По сравнению с тектоногранитами, тектонизация интенсивная, дезинтеграция породы со смещениями и течением в диагонально-вертикальном направлении. Степень тектонизации неравномерна, но в целом усиливается вверх по разрезу. Порода является основным (~75%) литотипом и коллектором в зоне нефтенасыщения Объекта.

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ (важные моменты)

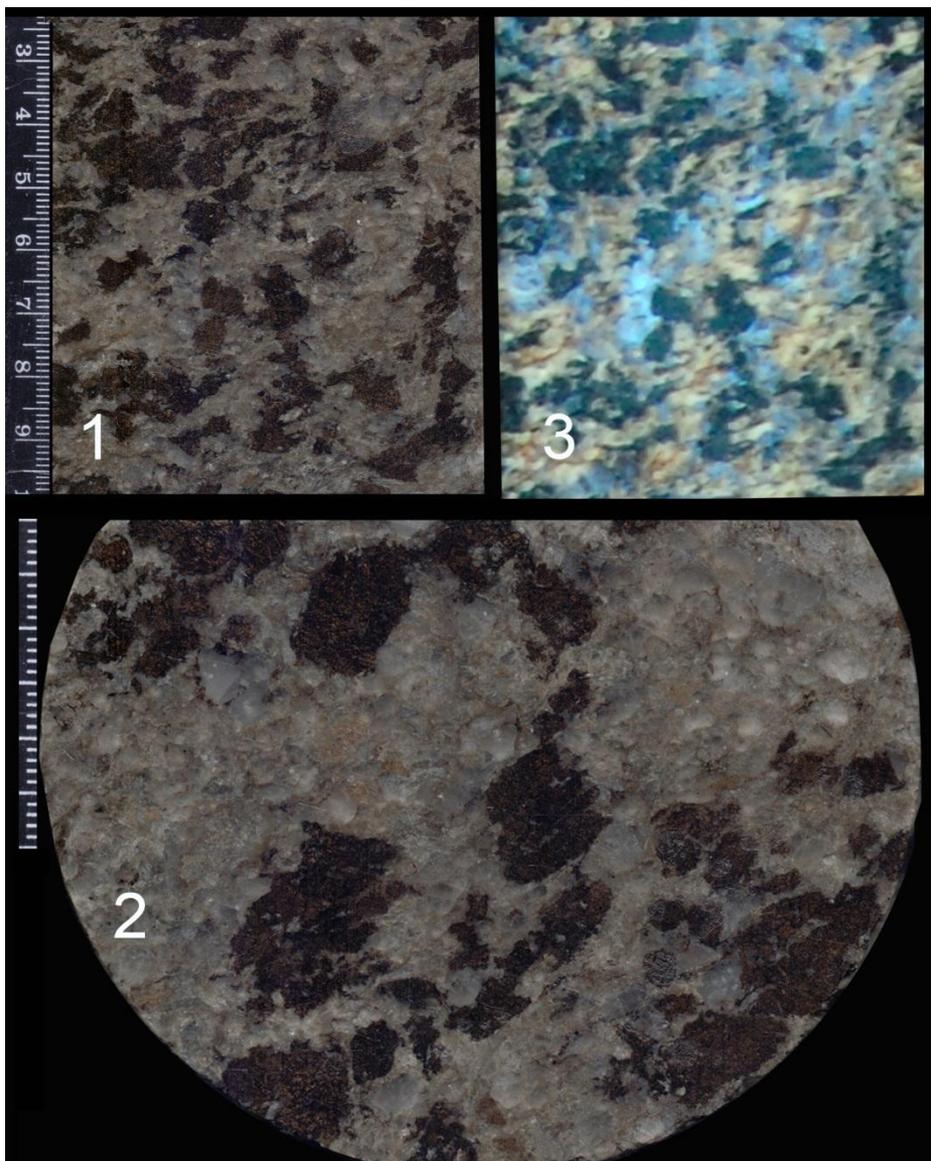


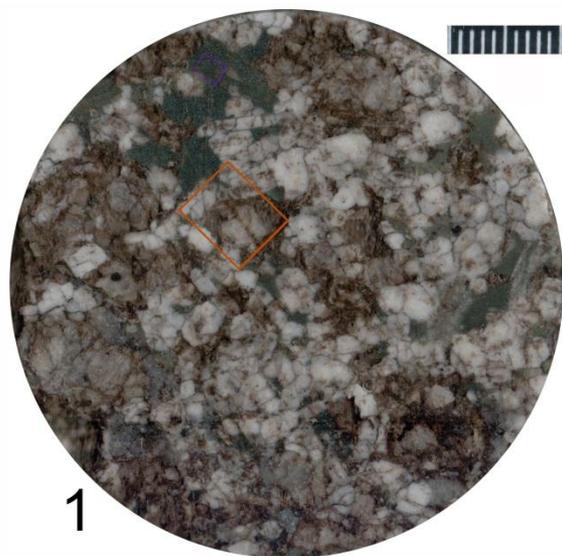
Рис.21. Тектонит апогранитовый. Сканоизображения: продольный спил (1); поперечный спил (2). Фотоизображение в УФО (3)



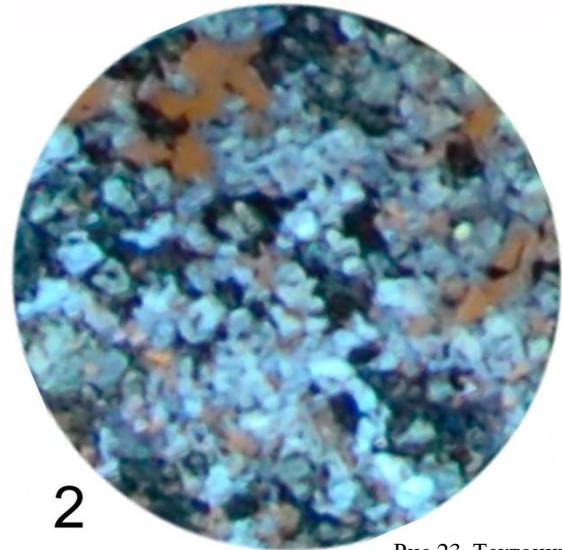
Рис.22. Тектонит апогранитовый, зона милонитизации. Микроизображение в воде

Структура катакластическая (от 2см и меньше) апогранитовая (средне-крупнозернистая) **милонитизированная** - с элементами и очковыми зонами милонитизации.

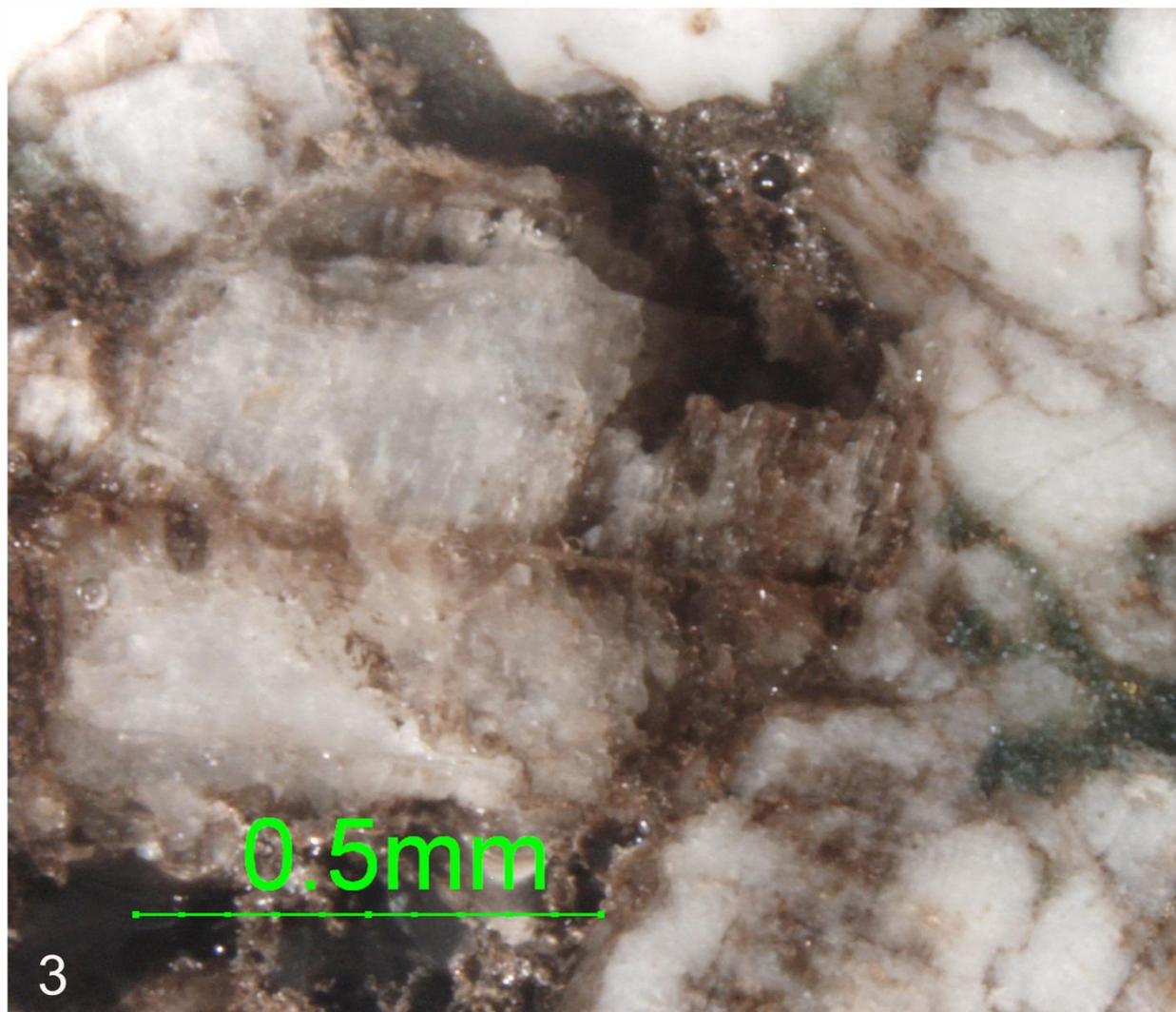
ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ (важные моменты)



1



2



3

Рис.23. Тектонит апогранитовый. Характер нефтенасыщения. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2), микроизображение (3)

Нефтенасыщение пятнистое, однозначно связано с тектонизацией минеральных зерен, в большей степени полевых шпатов. На мезо- и микроуровне помимо крупных «щелочных» пятен бурое нефтенасыщение наблюдается пятнами в плагиоклазах, в микротрещинах секущих или окружающих полевые шпаты и кварц.

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ (важные моменты)



Рис.24. Тектонит апогранитовый. Микроизображение. Двойник КПШ загрязненный УВ.

Окраска КПШ отражает степень их изменения - чем темнее, тем интенсивнее. В слабоизмененных разностях еще просматривается минеральный облик, отмечаются двойники.

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНИТ АПОГРАНИТОВЫЙ (важные моменты)

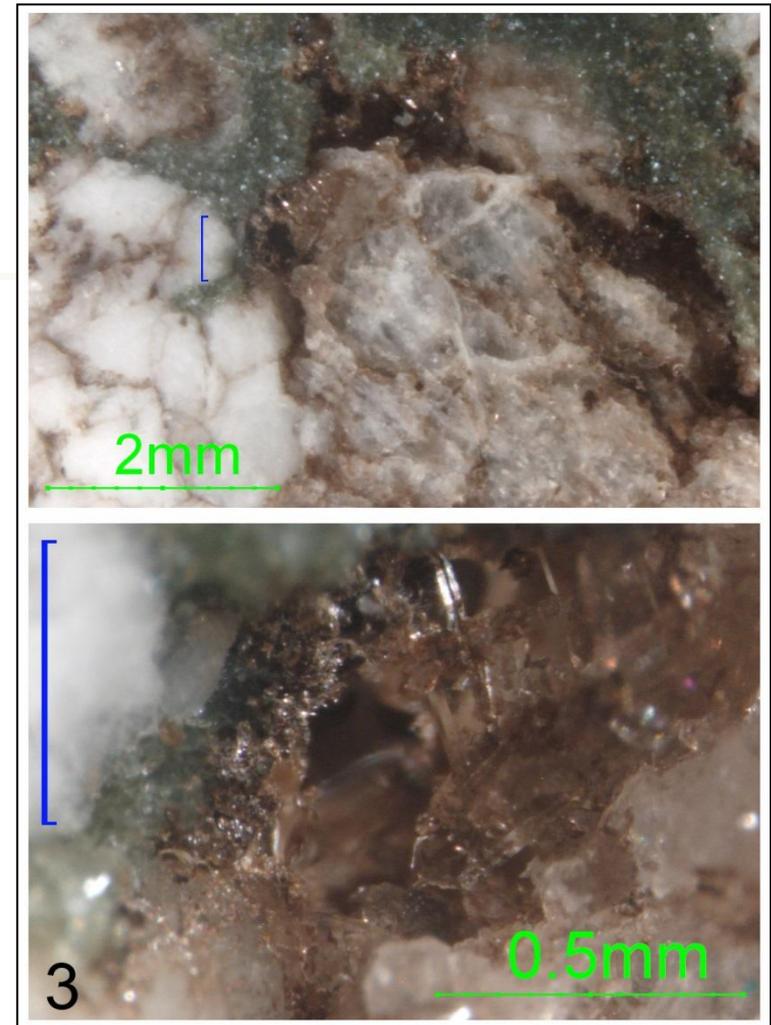
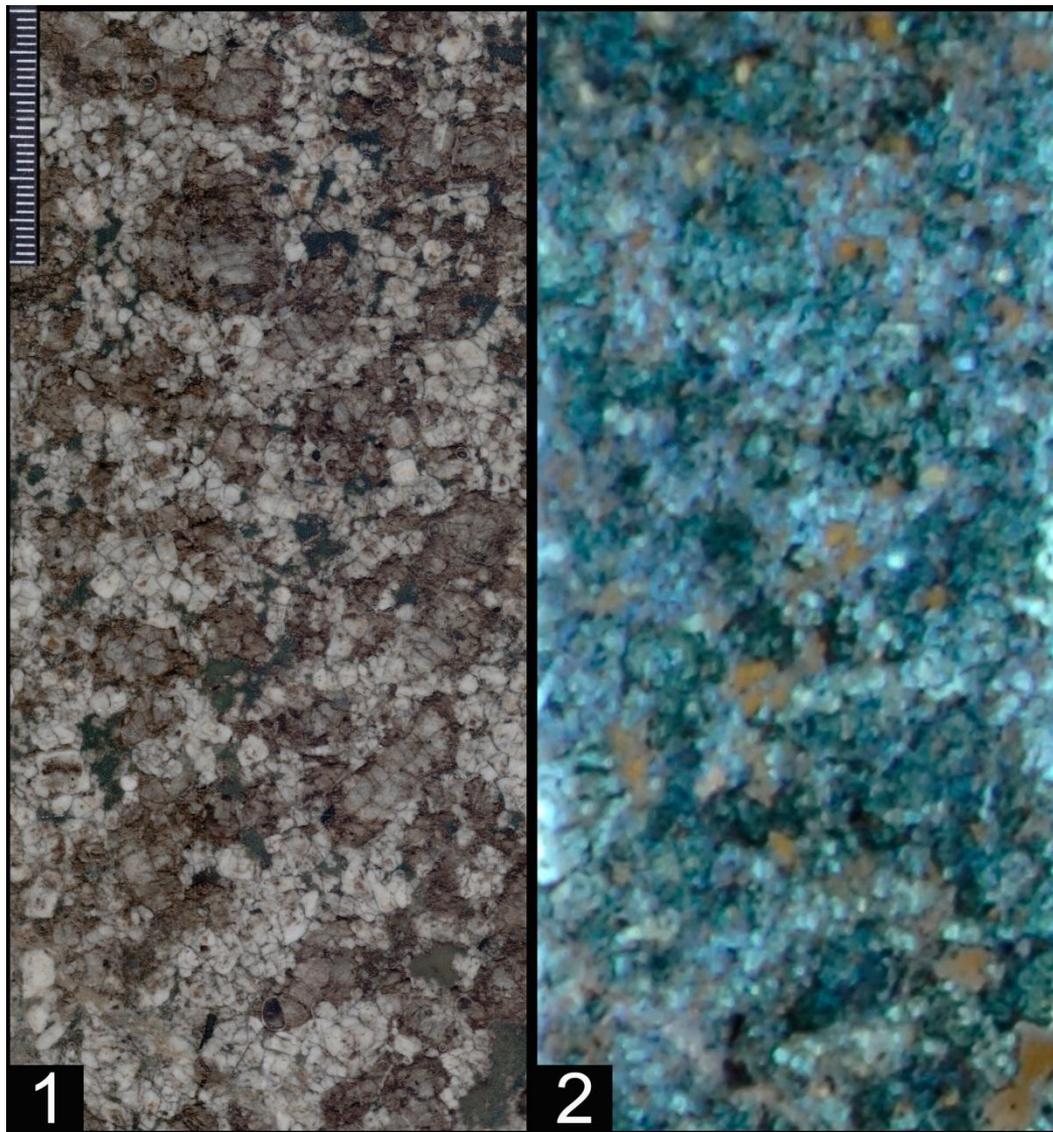


Рис.25. Тектонит апогранитовый.

Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2), микроизображения (3).

Коллектор кавернозно-порово-трещинный. Кавернозно-поровая емкость приурочена к бурым пятнам замещенного микроклина. В наиболее крупных полостях наблюдаются кристаллы прозрачного кварца (от 1мм до 0,3мм).

ЛИТОТИПЫ. УЛЬТРАТЕКТОНИТ¹ АПОГРАНИТОВЫЙ

(важные моменты)

Порода приурочена к зоне интенсивного динамометаморфического преобразования вышележащего апогранитового тектонита (от мелкого катаклазита до тонкого милонита). В милонитизированных участках порода более светлая, без нефтенасыщения, в катаклазированных - более темная, с нефтенасыщением.

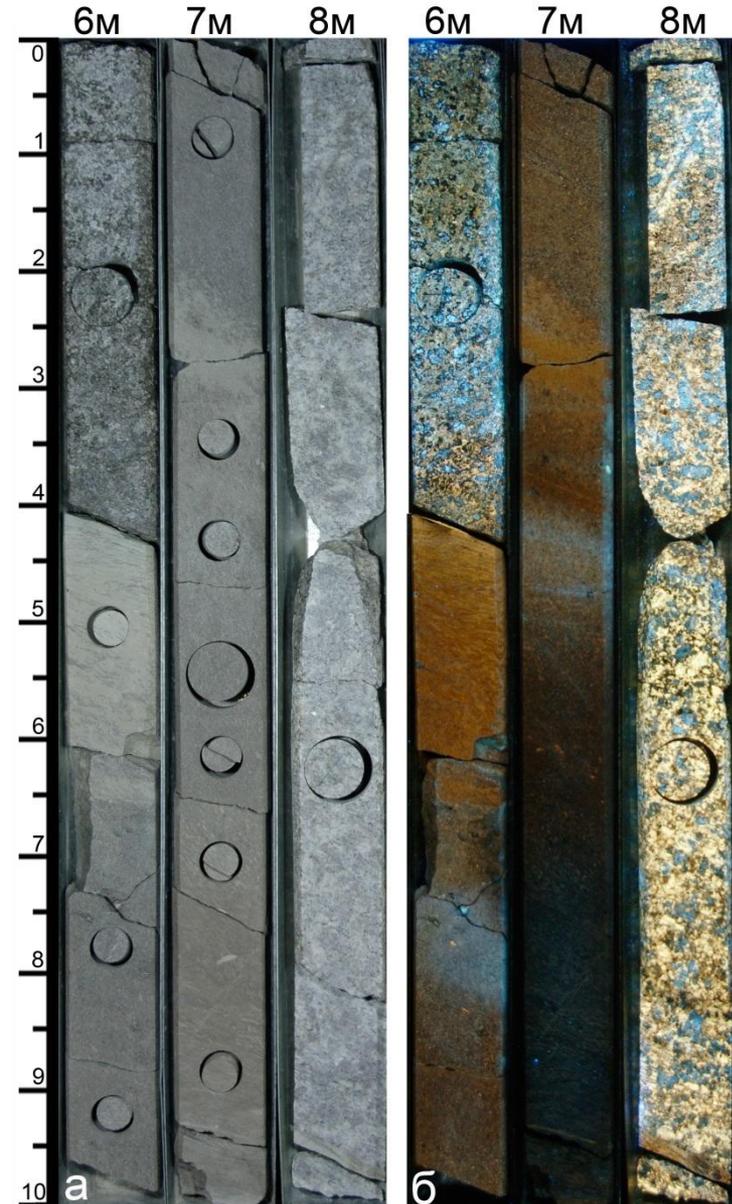


Рис.26. Ультратектонит апогранитовый (6,40-8,00м). Фотоизображения в ДО (а) и УФО (б)



Рис.27. Ультратектонит апогранитовый (7,80-8,00м). Сканоизображения в ДО (1) и фотоизображение в УФО (2)

ЛИТОТИПЫ. УЛЬТРАТЕКТОНИТ¹ АПОГРАНИТОВЫЙ

(важные моменты)

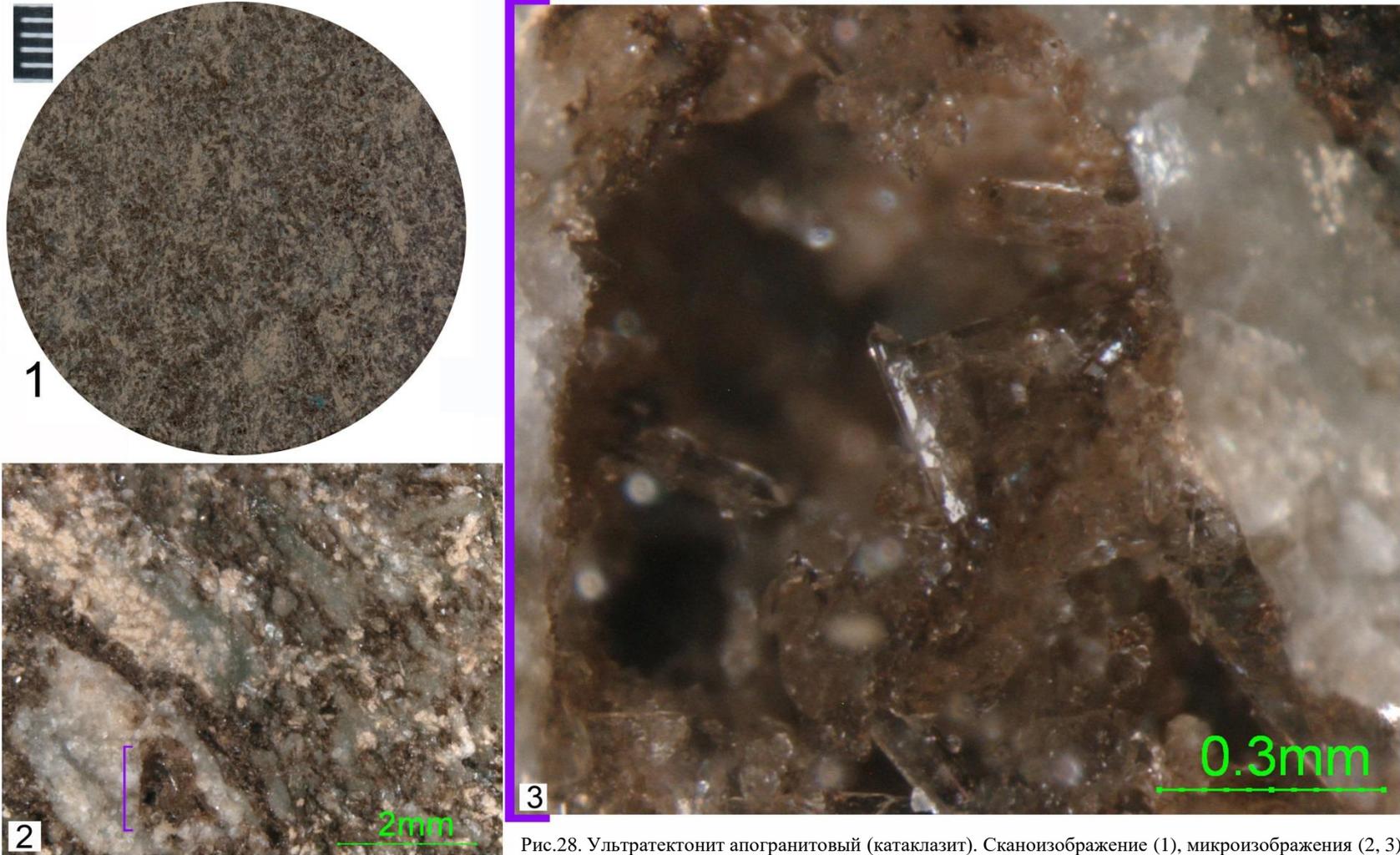


Рис.28. Ультратектонит апогранитовый (катаклазит). Сканоизображение (1), микроизображения (2, 3)

Структура катакластическая: в темных до 2мм с порфиропятнами до 1см, в светлых – до 0,15мм. **Текстура динамофлюидальная,** микротонкая, с однонаправленной пятнистостью, слоеватостью, слоегато-слоичатостью, сланцеватостью. **Текстурный рисунок, контакты и делимость породы субпараллельны (~15-35°) наклону тектонизации** гранитов и апогранитовых тектонитов. **Коллектор поровый.** На микроуровне в крупных открытых порах (до 1мм) наблюдаются удлиненные микрокристаллы (до 0,1мм) прозрачного кварца

ЛИТОТИПЫ. УЛЬТРАТЕКТОНИТ¹ АПОГРАНИТОВЫЙ

(важные моменты)

Наиболее мощный участок милонитизации закономерно приурочен к кровле зоны (рис.29), где вдоль контакта (~20-25°) ультратектонит переходит в разломный (h ~1см) тектоносланец.

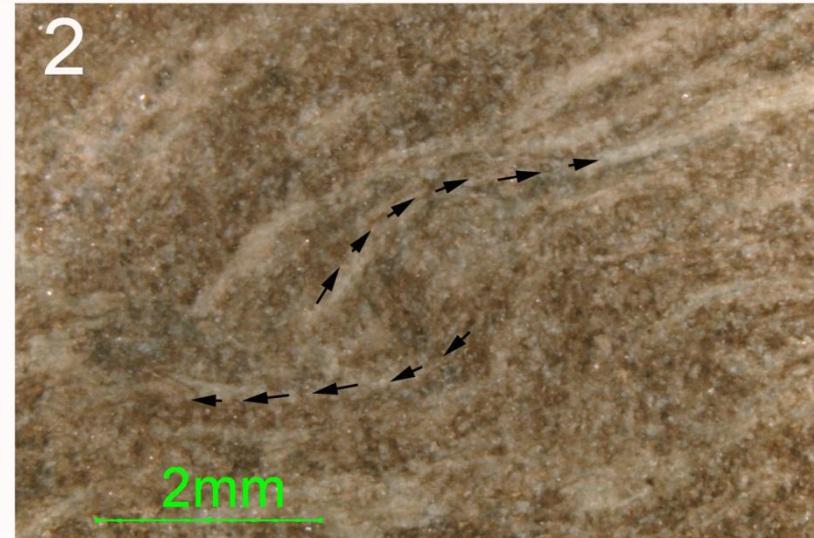
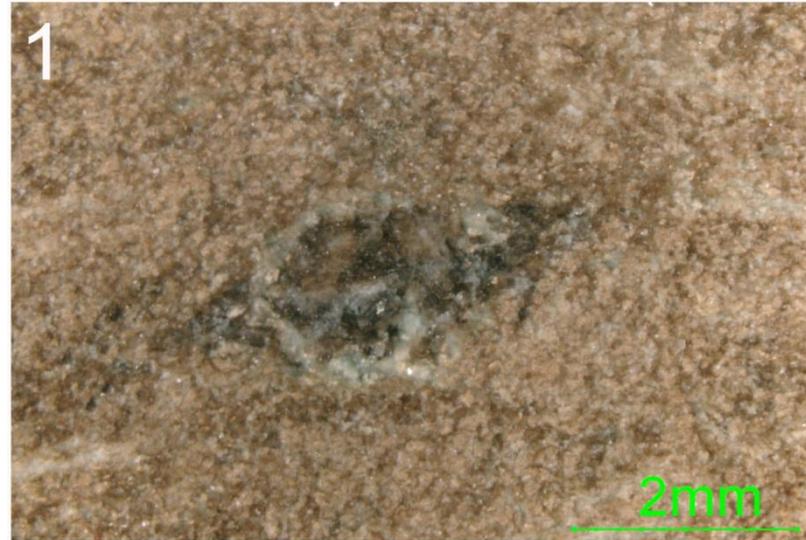
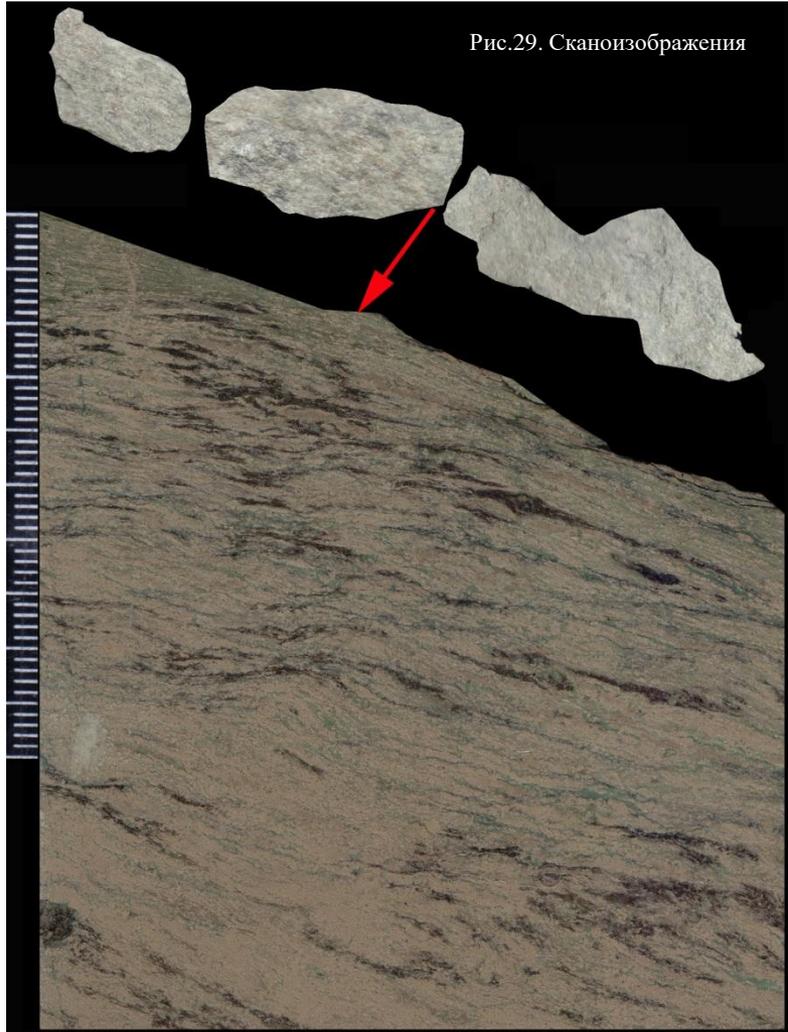
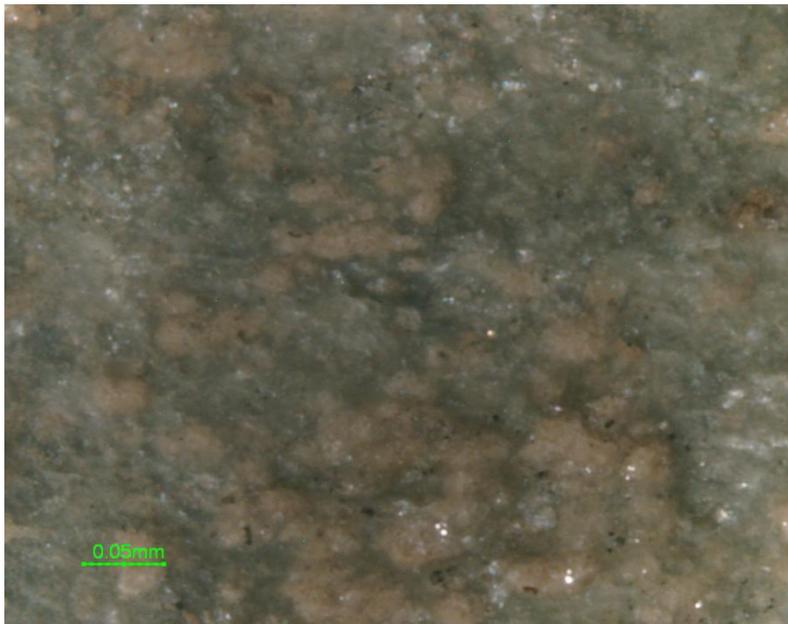
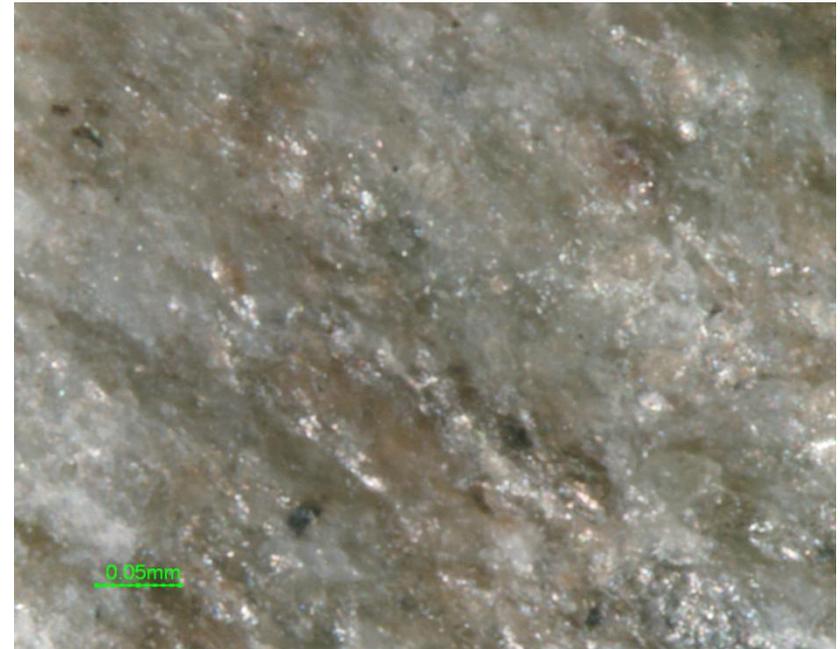
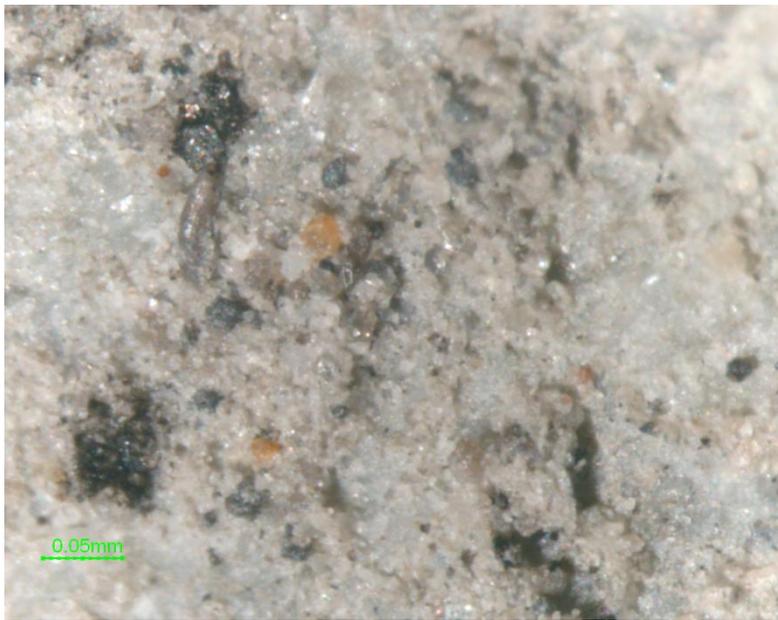


Рис.30. Ультратектонит апогранитовый (зона милонитизации). Микроизображения: милонит с реликтами мелкого катаклазита (1); милонит с микротекстурными элементами сдвига (2)

ЛИТОТИПЫ.

ТЕКТОНОСЛАНЕЦ разломный



Окраска светло-серая, состав карбонатно-кремнисто-слюдистый. На микроуровне тектоносланец микропятнистый, с черными и черно-зелеными микровключениями, с единичными вкраплениями пирита, с редкими микрокристаллами с прозрачно-серой (типа кварц) и оранжевой (типа циркон) окраской. Подобный «циркон» наблюдался в зоне милонажа на контакте гранит-диорит (рис.5). Микрооблик породы аналогичен микрооблику криптозернистых фрагментов ультраметаконита.

Рис.31. Тектоносланец, микроизображения

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНОКЛАСТОЛИТ МИКСТИТОВЫЙ

Порода серая с неравномерной буростью, разнокластическая (предположительно зона меланжа). На фоне преобладающей пелито-алеврито-псаммитовой (до 2мм) массы «плавают» псефитовые обломки (до 4см) с разной окраской, формой, составом. Обломки как поли-, так и мономинеральные. Отдельные имеют сходство с обломками тектонитов, в некоторых из них отмечаются признаки УВ. В пограничной зоне с тектонитами наблюдаются: крупные фрагменты тектонита, ограниченные зонами смешивания и очковой милонитизации.

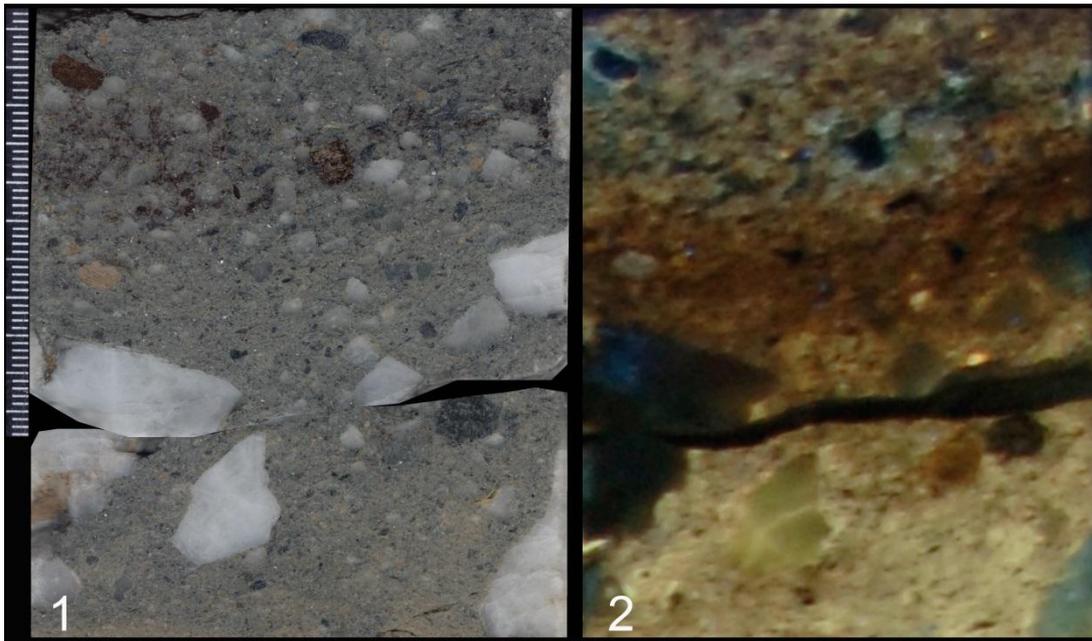


Рис.32. Тектонокластолит микститовый. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2)

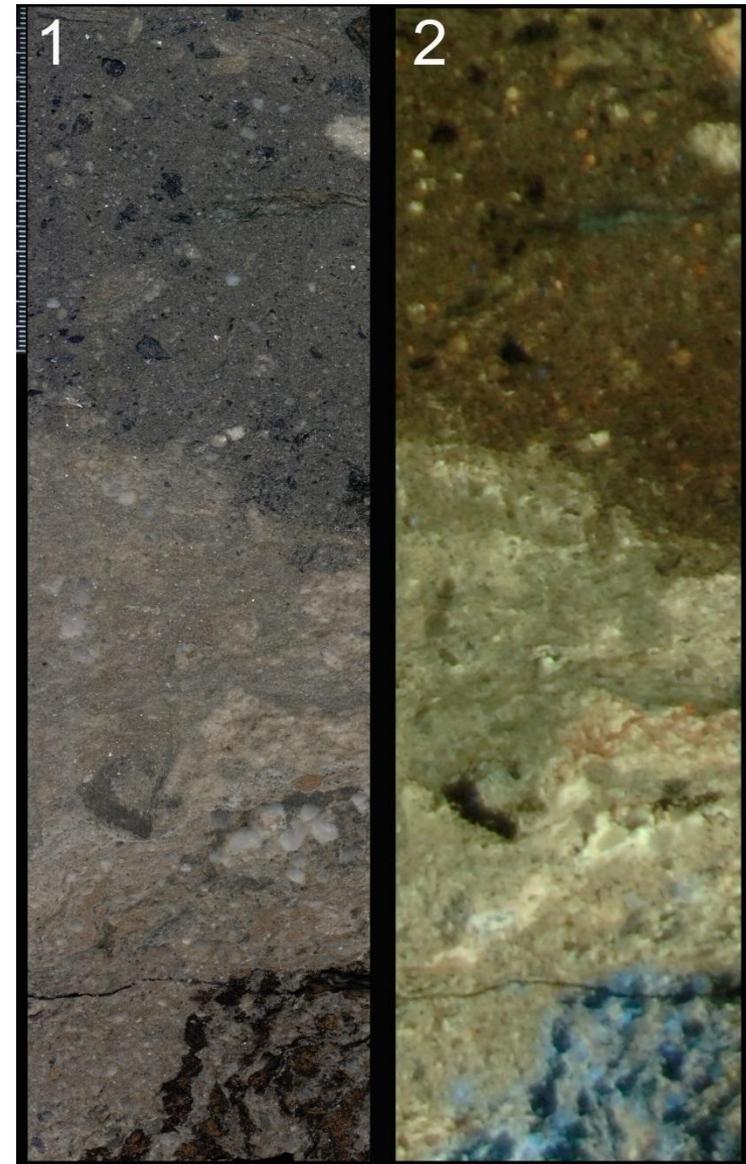


Рис.33. Пограничная зона тектонокластолит-тектонит. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2)

ЛИТОТИПЫ. ТЕКТОНОКЛАСТОЛИТ МИКСИТОВЫЙ

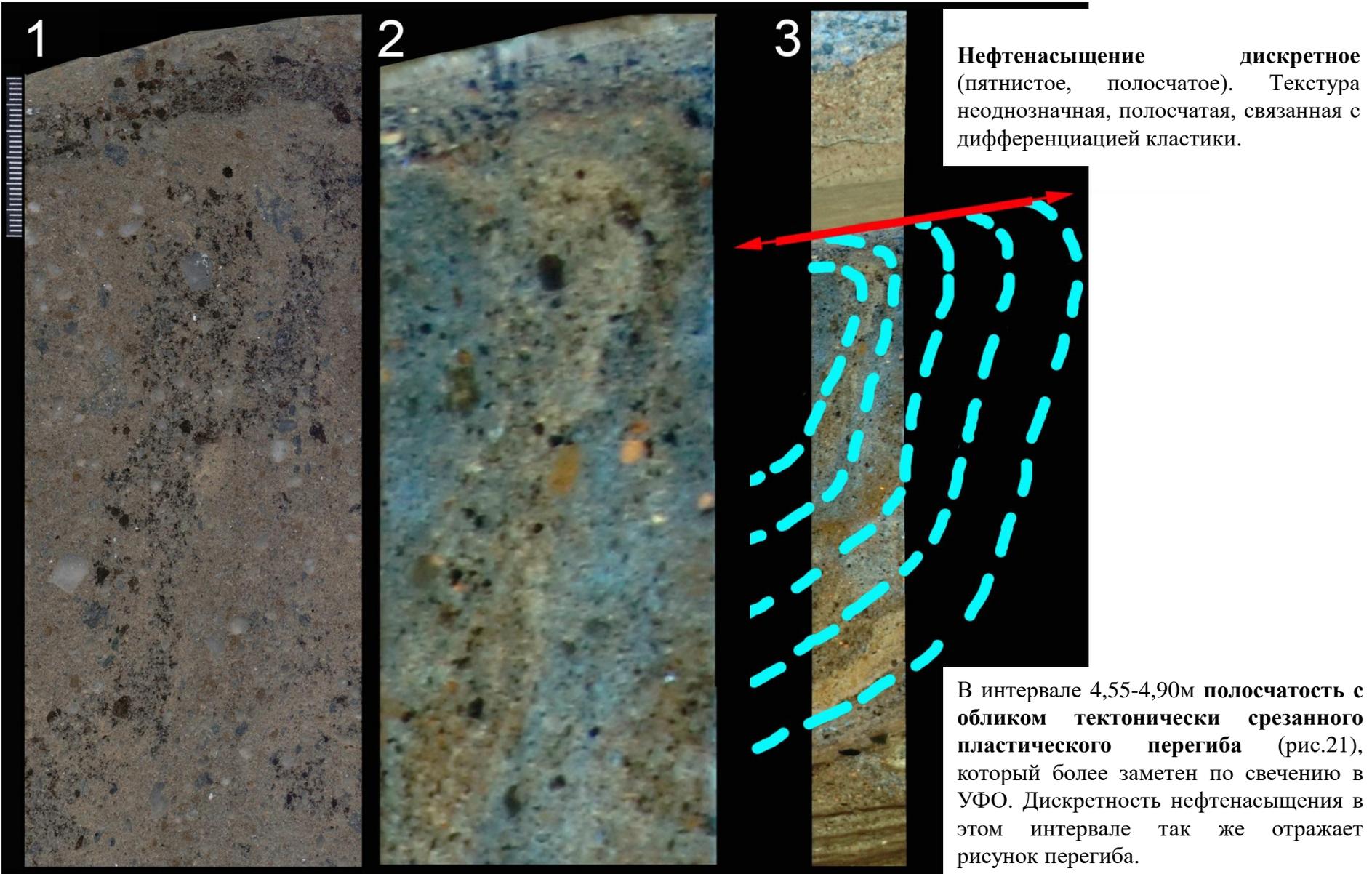
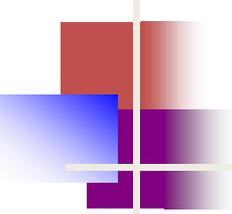


Рис.34. Тектонокластолит микситовый. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2), схематическая реконструкция изгиба (3)



ВЫВОДЫ

- **Нефтенасыщение** приурочено к тектонитам и ультратектонитам в зоне дезинтеграции и динамометаморфического преобразования гранита на границе «Чехол-Фундамент».
- **Генерация УВ** имеет прямую связь с динамометаморфизмом гранитов, приурочено к зернам полевых шпатов, в большей степени щелочных.
- **Однозначное УВ-зарождение** проявляется в зоне однонаправленного сдвига в кровле гранитного массива.
- **Тектонизация** гранитов сопровождается сдвиговыми движениями, которые порождают изменение кристаллической структуры и физико-химического состава минералов. Диспергирование минеральных компонентов (слюд, полевых шпатов, пирита) способствует высвобождению элементов, в том числе водорода и углерода. Свободный водород связываясь со свободным углеродом порождает УВ флюиды. «Не отрицая эндогенных источников водорода, необходимо учитывать возможность его регенерации в процессе милонитизации» [10], что доказано экспериментально [11, 12].
- **УВ зарождается** в ПШ – пленками в микротрещинах тектонизации, пятнами (пятнистое, решетчато-пятнистое) в кристаллической решетке. Диспергирование ПШ ведет к микрозернистому замещению и пропитыванию УВ. Последующая (разрушающая) тектонизация ПШ способствует миграции УВ.
- **Ультракатаклаз** превращает крупнозернистые апогранитовые тектониты с пятнистым нефтенасыщением в однородный мелкокластический коллектор с однородным нефтенасыщением. Крупные фрагменты тектонитов являются свидетельством их политектонизации. **Милонитизация** вытесняет УВ из ультракатаклазитов и образует криптозернистые непроницаемые породы-изоляторы.
- **Коллектор кавернозно-порово-трещинный.** Основной емкостной объем приурочен к зернам полевых шпатов, соединенных трещинными каналами фильтрации.

P.S.

В период 2018-2019г.г. коллективом авторов было проведено изучение **керна из краевой зоны данного гранитного массива**, где крупные блоки апогранитовых метаморфитов расчленены и «обтекаются» сланцами. Метаморфиты фрагментами со слабо измененным гранитоидным или пегматоидно-гранитоидным обликом. Сланцы с реликтами апогранитовых метаморфитов, многие из которых будинированы. Большая часть керна с признаками УВ, причем в первые дни изучения запах УВ ощущался на расстоянии. Свечение **нефтенасыщения** (сине-голубой спектр) наблюдается и в метаморфитах (блоках, реликтах, зернах), и в сланцах. В участках с гранитоидным обликом характер свечения и приуроченность к измененным ПШ аналогичны наблюдаемой в разрезе Объекта. **Апогранитовые сланцы с УВ-насыщением** можно отнести к еще одному источнику сланцевой нефти.

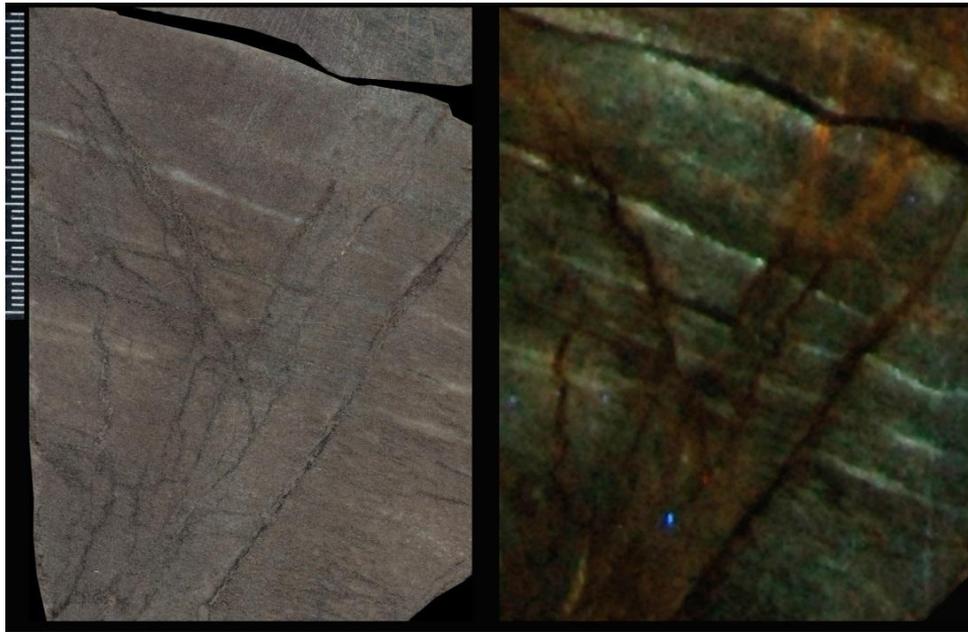


Рис.35. Апогранитовый сланец с нефтенасыщением. Сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2)

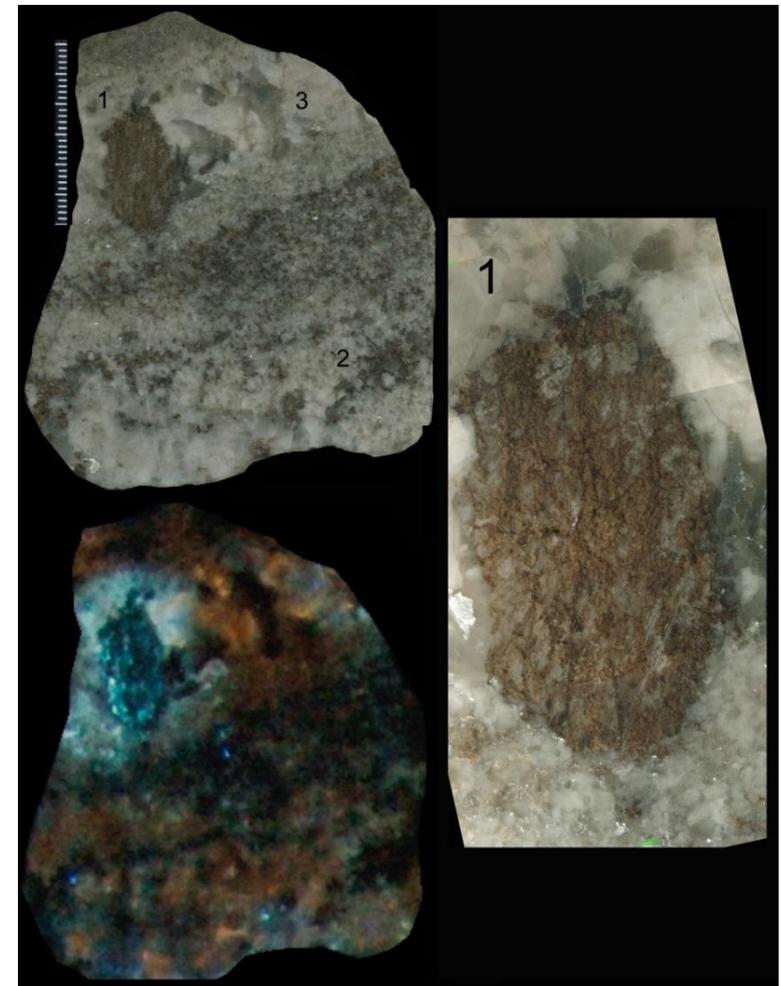
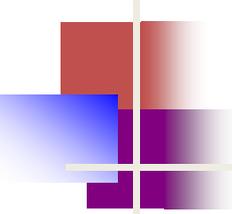


Рис.36. Апогранитовый метаморфит с нефтенасыщением. Сканоизображение (а), фотоизображение в УФО (б), микроизображение (в)

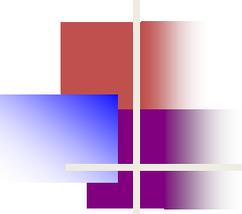
Авторы надеются, что представят вторую часть изучения Объекта «Граниты. Структурно-текстурные и минеральные изменения в продуктивной зоне» на **XX юбилейной** конференции «Геология и разработка месторождений с ТРИЗ».



ХІХ научно-практическая конференция
**ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
С ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ**

Спасибо за внимание!

Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дякина А.В.,
Новикова Н.В., В.Р.Сахарова, Цесарж И.Л., Шестерякова И.В.
ПАО «Сургутнефтегаз», «СургутНИПИнефть»
Сургут, 30 лет Победы, 25, кернохранилище
4trofi@surgut.ru



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дроздова И.А., Дякина А.В., Карлов А.М., Медведева Е.А., Цесарж И.Л. Элементы сдвига в зонах нефте-рудопроявления (по материалам изучения керна в разрезе месторождений Западно-Сибирского нефтегазоносного района) // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. Том 2 (девятнадцатая научно-практическая конференция 2015г.). - Ханты-Мансийск, ООО «ИздатНаукаСервис», 2016. С.221-242. // URL: <http://www.crru.ru/smi.html>
2. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В. Выявление элементов сдвига в колонке керна и изучение сдвиговых деформаций горных пород на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. Том 2 (двадцатая научно-практическая конференция 2016г.) - Ханты-Мансийск, ООО «ИздатНаукаСервис», 2017. С.246-268. // URL: <http://www.crru.ru/smi.html>
3. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В. Выявление элементов сдвига в колонке керна и изучение сдвиговых деформаций горных пород на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» // URL: http://ipktek.ru/templates/new_style_1/images/konkurs_2016/sec9/pr/pr.pdf (дата обращения 10.10.2018)
4. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 200 с.
5. Яцканич Е.А., Чухланцева Е.Р., Яцканич И.М., Лашнева З.В. Проявления динамометаморфизма на Уренской площади и нефтеносность катаклазитов на примере скважины 13 // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. Том 2 (десятая научно-практическая конференция 2006г.). - Ханты-Мансийск, ООО «ИздатНаукаСервис», 2007. С.371-374. // URL: <http://www.crru.ru/smi.html>
6. Иванов К.С., Коротеев В.А., Печеркин М.Ф., Федоров Ю.Н., Ерохин Ю.В. (ИГиГ УрО РАН) История геологического развития и строение фундамента западной части Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология и геофизика, 2009, No 4, с. 484—501
7. Пономарев В.С., Иванов К.С., Ерохин Ю.В. Вещественный состав гранитоидов фундамента Узбекской площади Шаимского района (Западная Сибирь) // Граниты и эволюция Земли: геодинамическая позиция, петрогенезис и рудоносность гранитоидных батолитов. Материалы I Международной конференции. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. - С. 302-305.
8. Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В.. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. Труды ГИН РАН. В.619. М.: ГЕОС, 2018, 331 с. // URL: http://www.ginras.ru/library/pdf/619_2018_leonov_etal_granites.pdf
9. Кузнецов Ю. А. Микроклин (опыты систематики полевых шпатов) / Ю. А. Кузнецов // Известия Томского политехнического института [Известия ТПИ]. — 1953. — Т. 74, вып. 1. — [С. 47-107]. // URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/8215>
10. Родыгин А.И. Динамометаморфические породы. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2001. с.153.
11. Молчанов В.И., Архипенко Д.К. Разложение воды продуктами тонкого измельчения минеральных веществ // Физ.-хим. Изменения минералов в процессе сверхтонкого измельчения. Новосибирск. Наука. 1966. С.86-101.
12. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Осипов С.Л. Тонкое диспергирование горных пород как предпосылка петрохимических преобразований в условиях динамометаморфизма // Структура линеаментных зон динамометаморфизма. Новосибирск, 1988. С.29-41.