

НАПРАВЛЕНИЕ РАСПИЛОВКИ ПРИ ЛИТОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ КЕРНА (ПРАВИЛА И ПРИЕМЫ)

Трофимова Е.Н., Косолапова О.В.

(ПАО «Сургутнефтегаз», «СургутНИПИнефть»)

Введение

Керн - первостепенный источник информации для всех ступеней нефтедобычи. Иным путем получить информацию невозможно. СНГ является передовой компанией по отбору керна. Трудозатраты на отбор высокие. Основная задача изучения керна – получение максимальной информации.

В информативности литологического изучения керна направление распиловки играет особую роль. На сегодняшний день ПАО «Сургутнефтегаз» является единственной компанией в России, уделяющей повышенное внимание выбору направления распиловки.

В работе освещено развитие технологии ориентированной распиловки, приведены примеры, где распиловка керна по правилам значительно расширила область геологического познания недр. Входящие в технологию ориентированной распиловки правила и приемы, разработаны в процессе многолетнего литологического изучения керна. Многолетнее развитие технологии является отражением необходимости, важности и результативности ее практического применения.

Метод (правила, приемы)

Распиловка – процесс продольного разреза колонки керна на 2 части (1/3) вдоль хорды окружности поперечного сечения. Процесс входит в стандартный комплекс исследований в качестве обязательной процедуры, что связано в первую очередь с проведением профильных исследований керна (профильная проницаемость, фотографирование). Ориентированная распиловка – распиловка керна в заданном направлении. Направление распиловки – плоскость спила¹, линия движения пилы. При существующей технологии отбора керна в ПАО «Сургутнефтегаз» направление распиловки определяется литологом «СургутНИПИнефть».

При литологическом изучении керна выбор направления распиловки опирается на правила, прописанные в руководящем документе компании. А также на приемы, дополняющие правила в нестандартных ситуациях. Правила прописаны на основании опыта работ научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) литологии, накопленного за период 1998-2012 гг. при изучении керна месторождений ПАО «Сургутнефтегаз» и на основе ранее используемых методик изучения керна или горных пород в обнажениях.

Согласно правилам, в стандартном порядке продольная распиловка проводится в одном направлении состыкованного керна, плоскость спила ориентируется ортогонально направлению

¹ Спил керна - часть керна, полученная при распиловке. Отпил, «щечка», «горбушка» – меньшая часть (~25%) керна, полученная при распиловке.

основных текстурных элементов (рисунок 1). Изменения направления допускаются в нестандартных ситуациях, например, когда направление выбрать сложно, или когда требуется распиловить керн в разных направлениях. Сложность определения направления в первую очередь связана с тем, что текстурный рисунок пород не сопоставим с объемом колонки керна.

Большинство приемов разрабатывались и апробировались в период 2013-2020 гг. Основные ступени развития технологии отображены в таблице 1.

Таблица 1

Основные ступени развития технологии ориентированной распиловки

Период развития	Основные ступени развития. Приемы при нестандартных ситуациях
1999 - 2011 гг. Период разработки и апробации правил распиловки керна, поиск приемов распиловки в нестандартных случаях	Апробация на научно-технических конференциях, в публикациях. 2004 г. - первая публикация правила распиловки [1]. 2005 г. - распиловка образцов керна после экстракции. 2006 - 2007 гг. - распиловка керна глинистых отложений с пластическими деформациями. 2008 - 2009 гг. - распиловка керна в зонах трещиноватости. 2008 - 2009 гг. - распиловка керна органогенных известняков. 2010 г. - однонаправленная распиловка состыкованного керна в профильном направлении пластических деформаций.
2011 - 2012 гг. Период формулировки правил распиловки в РД 5753490-074	В стандартном порядке продольная распиловка проводится в одном направлении состыкованного керна, плоскость спила ориентируется ортогонально направлению основных текстурных элементов [2].
2012 - 2020 гг. Период внедрения и совершенствования правил распиловки керна, разработки и применения новых приемов распиловки в нестандартных случаях	2013 г. - распиловка керна с диаметром 5см. 2014 г. распиловка керна под разными углами. 2015 г. - повторная распиловка керна нефтенасыщенных тектонитов. 2016 г. - распиловка керна известняков из зоны сдвига. 2016 - 2017 гг. - распиловка битуминозных аргиллитов. 2018 г. - глубина свечения при повторной распиловке керна нефтенасыщенных тектонитов. 2019 г. - распиловка керна с одним направлением наклона. 2020 г. - повторная распиловка нефтенасыщенных апорадиоляритовых известняков. 2020 г. - распиловка керна в разных направлениях с указанием угла поворота.

Основная часть правил приведена ниже.

- При возможности и целесообразности продуктивные участки отложений по данным геофизических исследований скважин (ГИС) распиливаются полностью.

- В обязательном порядке распиловке подлежат: участки керна со сплошным или дискретным нефтенасыщением; участки, имеющие на фотоизображениях полноразмерного керна слабовыраженное свечение, характерное для нефтенасыщения; участки со сложной литологией.

- Если исследуемый объект без нефтенасыщения и по керну и по данным ГИС, то распиловка может проводиться частично, в зависимости от литологии и продуктивности отложений.

- Распиловка керна без нефтенасыщения, отбор которого проводился в буровом растворе на масляной основе или в буровом растворе в состав которого входил люминесцирующий химреагент, может проводиться частично для подтверждения отсутствия свечения на спиленной поверхности керна.

- Распиловка пород доюрского комплекса проводится в обязательном порядке, но с учетом крепости (цементации, кристалличности) пород. Если породы в связи с их скальной (или сливной) крепостью продольно распилить невозможно, их распиливают фрагментарно.

- Для распиловки керна на его поверхность или на фотоизображение керна наносится линия распиловки, после чего подается заявка на проведение данного вида инженерно-технических работ.

- Линия распиловки – это условная линия, которая отмечает центральную ось щечки спила. Она наносится на поверхность керна с учетом текстурного рисунка пород всего интервала, с учетом текстурного рисунка вышележащих отложений.

- При простом текстурном рисунке линия наносится с учетом направления трещин или зон трещиноватости, наклона контактов между литотипами. При сложном текстурном рисунке линия наносится так, чтобы плоскость спила проходила ортогонально направлению основных текстурных (макроструктурных) элементов. Например: в породах с полосчатой (слоистой, слойчатой, слоеватой) текстурой – ортогонально основному направлению полосчатости; в породах со сланцеватой текстурой – ортогонально направлению сланцеватости; в породах с конгломератовой или будинированной текстурой – ортогонально направлению максимального уплощения галек, будин; в породах со складчатыми деформациями – в профиль деформаций. Нанесение линии распиловки проводится в одном направлении состыкованного керна так, чтобы на спиленной поверхности кернового материала геологическая информация (текстурные и структурные особенности, нефтенасыщение пород и др. характеристики) отображались в едином профильном срезе, подобно срезу на обнажении.

- Если в процессе подготовки керна был собран по стыкам, линия распиловки наносится на один кусок с учетом текстурного рисунка пород всего интервала распиловки. При простом текстурном рисунке линия наносится на первый кусок, распиловка проводится от начала интервала. При сложном текстурном рисунке линия распиловки наносится на кусок с текстурным рисунком, распиловка проводится от него к кровле и подошве интервала. Если местами между кусками керна отсутствуют стыки, линия распиловки на такие куски наносится с учетом текстурного рисунка породы состыкованного керна.

• Для распиловки керна с плохой связностью, проводится его фиксирование клейкой лентой (скотч²). Породы, извлеченные из зон повышенной трещиноватости, коллектора со слабой или очень слабой цементацией, сланцевые аргиллиты, а также раздробленные или разбитые по трещинам участки керна при возможности состыковываются и фиксируются лентой (скотчкуются). При этом на поверхность ленты (первые обороты) наносятся линии направления основных текстурных элементов или предполагаемая линия распиловки, которая корректируется в процессе скотчкования всего керна. После фиксации линия распиловки наносится на последние обороты ленты шариковой ручкой. Для сохранения сплошности керна с плохой связностью при (и после) распиловке, породы фиксируются с большой плотностью (4 оборота и более). При плотной фиксации после распиловки и керн, и «щечка» остаются скрепленными с липкой лентой.

• Если керн сборке не подлежит, он выкладывается в раздробленном виде, при этом распиловка (при возможности) проводится отдельными кусками.

• При распиловке керна в зонах крупных пластических (складчатых) деформаций, осложненных поворотом текстурного профиля, линия распиловки корректируется. При незначительном и постепенном повороте профильная распиловка проводится с коррекцией на поворот - от центра пластического перегиба. При резком развороте линии изгиба, в месте изменения направления распиловки указывается угол разворота. Коррекция на поворот также возможна в глинистых отложениях с разноразмерными и разноформенными будиноидами для их профильного спила.

• При стандартной распиловке (1/3) у аргиллитов, особенно тектонизированных, щечка расчленяется по трещинам на мелкие части или разрушается. Для качественной распиловки аргиллитов, особенно у керна с малым диаметром, рекомендуется проводить распиловку 50/50. У толстых спилов вероятность разрушения снижается, вероятность изготовления шлифа увеличивается. После распиловки (50/50) одна половина керна может использоваться для изучения и отбора образцов, другая хранится неизменной, для новых профильных исследований, которые однозначно появятся в ближайшем будущем.

Применяемая технология распиловки керна дает возможность отобразить изменение угла наклона залегания изучаемых отложений, а также выбуривать полноценные цилиндры для петрофизических исследований из центральной части керна в едином направлении по интервалу бурения и по напластованию (рисунок 2). Согласно правилам направление распиловки обозначается 10 лет.

Результаты

Роль направления распиловки отражена в первой части работы [3], где подробно освещены только результаты исследований. В качестве примеров результативности ориентированной распиловки рассмотрены четыре объекта изучения керна доюрского комплекса и более 10 объектов осадочного

² Скотч [scotch tape, от англ. - шотландский] – торговое название ленты с клейким слоем. Скотчкование – фиксация чего-либо скотчем.

чехла. Результаты визуализированы на изображениях керна и схематических реконструкциях отложений (28 изображений в публикации, более 40 изображений в презентации).

В рамках данной работы приведены: 1) основные итоги в период (2005 - 2020 гг.) внедрения и совершенствования правил распиловки керна со ссылками на публикации; 2) основные выводы результатов исследований [Трофимова, 2020] в период 2019 - 2020 гг.

Основные итоги внедрения и совершенствования правил распиловки керна.

2005 г. Распиловка образцов-цилиндров апорадиоляритовых известняков [4] после экстракции показала наличие слабого свечения в ультрафиолетовом освещении (УФО) и выделение законсервированных углеводов (УВ) при растворении известняков в HCl. Следовательно, экстракция УВ из образцов исследуемых пород стандартно используемыми методами проходит частично, а возможно только на поверхности.

2006 - 2007 гг. Опробован и внедрен новый метод макроскопического изучения керна, основанный на однонаправленной распиловке состыкованного керна в профильном направлении пластических деформаций, который впервые позволил реконструировать крупные деформации по керну [5-6].

2008 - 2009 гг. В зонах трещиноватости [7] перед распиловкой керн состыковывается и скотчуется. Это позволяет детально и «полноразмерно» изучать керн разбитый по трещинам.

2008 - 2009 гг. Керн органогенных известняков распиливается полностью [8]. Для контрастности изображения литологических составляющих, спиленная поверхность протравливается 5% раствором соляной кислоты.

2013 г. Распиловка керна с диаметром 5см проводится после выбурирования цилиндров. Для изучения (при необходимости) спилов в местах выбурирования торцевая поверхность образцов-цилиндров фотографируется и сканируется.

2014 г. Для изучения и сопоставления морфологии тонкой слоистости и разрывов участок керна был распилен под разными углами [9]. Разрывы на поверхностях А и В, на поверхности Б выглядят как элементы слоистости. Изучение текстурного рисунка на разнонаправленных спилах керна показало, что если в тонкослоистой толще вдоль субгоризонтальных разрывов не фиксируются маркеры смещения, разрывы смотрятся как согласные или несогласные элементы (слойки, микрослойки) слоистости.

2015 г. При повторной (через 10 лет) распиловке керна и изучении спила [10] нефтенасыщенных апогранитовых тектонитов выявлено свечение УВ, сохранившееся (законсервированное) в кристаллической решетке минералов.

2016 г. При изучении керна известняков из зоны сдвига [11] для продольной распиловки крупнокусовой керн был соскотчкован и распилен в профильном направлении удлинения кусков. Скотчкование кусков керна проводилось согласно признакам отбора при бурении, нанесение линии распиловки на скотч - с учетом желаемого спила. После макроизучения керна на спиле разнолитотипные

куски известняков были распилены на несколько параллельных плиток. Последние изучались на макро-, мезо- и микроуровнях по незначительно измененной методике изучения органогенных известняков.

2016 - 2017 гг. Технология полной состыковки и полной продольной распиловки керна отражает на спиле аргиллитов [12] всю геометрию и концентрацию их трещиноватости. Технология дает единообразное представление о характере всего объекта исследования: 1) позволяет полноценно (не выборочно) проводить сравнительный анализ трещиноватости и литологии, как на полноразмерной, так и на спиленной поверхности; 2) дает единообразное представление о характере свечения на фотоизображениях в УФО, отражающего «скрытый» структурно-текстурный рисунок, интенсивность и изменение УВ-насыщения, кальцитизации; 3) позволяет выявлять продуктивные зоны – зоны концентрации микротрещиноватости с черной маслянистой УВ-пятнистостью и «выпотами» нефти (зоны сланцевой нефти).

2018 г. Через 2 месяца после распиловки нефтенасыщенных апогранитовых тектонитов синий спектр свечения УВ наблюдался только на свежем спиле [13]. Глубина свечения «легких» УВ составляла около 2см.

2019 г. Распиловка керна проводится у всех интервалов с одним направлением наклона (правило «пионерского салюта»).

2020 г. Распиловка апорадиоляритовых известняков (рисунок) спустя 17 лет подтвердила «законсервированность» УВ в их кристаллической массе. У таких известняков извлечение УВ при добыче возможно только из кавернозно-трещинного пространства.

2014-2020 гг. Параллельная или разнонаправленная распиловка керна, например, со сложным рисунком кальцитизации (рисунок 3) или нефтенасыщения (рисунок 4).

2020 г. В зонах крупных пластических изгибов и крупной будинажной делимости распиловка может проводится в разных направлениях. При смене направления распиловки указывается угол поворота (рисунок 5).

Основные выводы из результатов [Трофимова, 2020] исследований.

- Изучение пород корневой и продуктивной части гранитного массива подтвердило теоретические и экспериментальные работы российских и зарубежных ученых [14, 15, 16, 17 и др.] возможности минерального рождения нефти. Начальная тектонизация гранитов порождает углеводороды, последующая – генерирует, конечная - способствует миграции. Тектонизированные граниты (рисунок 6) являются «нефтематеринскими» породами для толщи юрских отложений.

- Породы доюрского комплекса из зоны известняково-метаморфического меланжа, характеризуются повсеместной тектонизацией и динамофлюидаальной упорядоченностью, «проявляющейся» (рисунок 7) только по реконструкциям [18]. Наличие известняково-метаморфических меланжей может указывать на близость известковых массивов или на их полное тектоническое разрушение в зонах тектонических покровов.

•Породы из зон тектонизации магматических пород относятся к категории динамометаморфических (рисунок 8). В объекте изучения сплошное нефтенасыщение в тектонитах приурочено к диагональным тектоническим зонам, согласным с направлением текстурной тектонизации.

•Зоны локальной кальцитизации (или карбонатные «перемычки» по данным геофизических исследований скважин) в продуктивных объектах осадочного чехла являются одной из причин отсутствия корреляции водонефтяного контакта.

•Детальное изучение темных глинистых объектов показало сложную геометрию их залегания. Складчато-надвиговая геометрия глинистых толщ объясняет их мощность.

•Субгоризонтальные разрывы, нарушающие крупные пластические деформации осадочного чехла свидетельствуют о «стирании» пластических форм деформации в процессе многомиллионного тектонического течения.

•Распиловка в профиль тектонизации «проявляет» реликты первично складчатого рисунка, «рождение» складчатых перегибов без усилия смятия - только за счет изменения направления тектонических смещений.

•Ромбовидная делимость в породах осадочного чехла по основным направлениям разрывных нарушений указывает на зону сдвига.

•Линзовидность, деформированность и нефтенасыщение в мощных (до 190м) толщах с тонким строением и нефтенасыщением [Усманов, 2004] связаны с тектоническим будинированием.

•Правильно выбранное направление распиловки в аргиллитах «проявляет» будинаж (рисунок 9), субвертикальную опережающую [19] трещиноватость, зоны сланцевой нефти средней и слабой продуктивности [20]. Приуроченность сланцевой нефти к участкам тектонизации является еще одним примером приуроченности полезных ископаемых к сдвиговым зонам.

•Повторная (спустя 17 лет) распиловка (рисунок 10) нефтенасыщенных апорадиоляритовых известняков [Усманов, 2006] подтвердила «законсервированность» УВ в породной кристаллической массе и подвижность нефти в кавернозно-трещинном пространстве, что согласовывается с притоками.

Большая часть примеров из результатов изучения отображают сложность и неизведанность геологического пространства, многие не вписываются в преобладающее понимание геологии и тектоники недр Западно-Сибирского региона. Выявление разных форм (пластическая, инъективная, разрывная, кусковая) тектонической деформации пород Западной Сибири на разных стратиграфических объектах и на разных уровнях изучения керна неоспоримо свидетельствует о масштабности (территориальной, временной) сдвиговой тектоники. Современная преобладающая горизонтальность сейсмических данных является отражением последнего периода сдвиговой тектоники, в которой горизонтальные смещения преобладали. Миллионные периоды тектонической деятельности неоднократно «стирали» ранее существовавшее и «рисовали» новое. Последние миллионы «нарисовали» существующее, в котором однозначно определяются самые «молодые» вертикальные формы (разрывы, складки).

Заключение

Технология ориентированной распиловки является разработкой компании. В первом 10-летию этого столетия были разработаны основные правила ориентированной распиловки. Применение правил во втором 10-летию способствовало качеству и снижению трудозатрат, а также позволило получить новые и важные данные для компании.

Правила и приемы обеспечивают единообразие технологических действий при определении направления распиловки в процессе литологического изучения керна, решают проблему зависимости литологической и петрофизической информации относительно сторон света и угла залегания отложений, являются руководством при малом опыте работы, в ситуациях, когда направление выбрать сложно, или, когда требуется распилить керн в разных направлениях. Результаты изучения ориентированного спила керна расширили область геологического познания компании и в прикладном направлении, и в научном. А также, в очередной раз подтвердили невозможность извлечения полученной информации другим способом.

Благодарности

Авторы выражают признательность всем сотрудникам научно-исследовательского отдела исследования керна «СургутНИПИнефть», которые были причастны к внедрению и совершенствованию приемов распиловки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Усманов И.Ш., Трофимова Е.Н., Карлов А.М., Медведева Е.А., Дроздова И.А. Технология описания керна сложнопостроенных литологически неоднородных отложений. – Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 34-36.
2. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Быкова О.А., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Сахарова В.Р., Травина Ю.А., Цесарж И.Л. Корректное литологическое изучение керна - путь к правильному пониманию геологии и нефтеносности месторождений нефти и газа // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры / Материалы XVI научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: ООО «ИздатНаукаСервис», 2013. – Т. 2. – С. 130-142.
3. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Власова С.А., Дякина А.В., О.В.Косолапова, Новикова Н.В., В.Р.Сахарова, Цесарж И.Л. О направлении распиловки при литологическом изучении керна // Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири / Материалы XXIII научно-практической конференции. – Ханты-Мансийск: ООО Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2020. – С. 297-321.
4. Усманов И.Ш., Карлов А.М., Трофимова Е.Н., Дякина А.В. Нефтенасыщенные известняки баженовской свиты // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры / Материалы IX научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2006. – Т. 1. – С. 185-194.

5. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Медведева Е.А., Усманов И.Ш., Куриленкова Г.А., Карлов А.М. Макроизучение керна к вопросу формирования аномальных разрезов баженовской свиты и клиноформного строения неокомского комплекса // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры / Материалы XI научно-практической конференции: в 2 т. - Ханты-Мансийск: Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2008. – Т.1. – С. 240-259.
6. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Медведева Е.А., Усманов И.Ш., Куриленкова Г.А., Карлов А.М. Макроизучение керна к вопросу геодинамического формирования современного строения отложений Западно-Сибирского чехла. – Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 52-56.
7. Трофимова Е.Н., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Сахарова В.Р., Цесарж И.Л. Методика макроизучения трещиноватых пород // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры / Материалы XIII научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2010. – Т.2. – С. 380-387.
8. Трофимова Е.Н., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Сахарова В.Р., Цесарж И.Л. Методика макроизучения органогенных известняков // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры / Материалы XIII научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2010. – Т.2. – С. 388-394/
9. Трофимова Е.Н., Алексеева Е.В., Артюшкина Е.В., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Цесарж И.Л. Деформации горных пород, которые нужно учитывать при корреляции пластов и моделировании залежей, месторождений / Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры. / Материалы XVII научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: ОАО «Тюменский Дом печати», 2014. – Т. 2. – С. 220-233.
10. 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-рудопоявления (по материалам изучения керна в разрезе месторождений Западно-Сибирского нефтегазоносного района) // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры / Материалы XIX научно-практической конференции: в 2 т. Том 2. – Ханты-Мансийск: ООО Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2016. – Т. 2. – С.221-242.
11. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дроздова И.А., Дякина А.В., Медведева Е.А., Цесарж И.Л. Технология и результаты изучения керна известняков из зоны сдвига // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. / Материалы XIX научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: ООО Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2016. – Т. 2. – С.204-220.
12. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дякина А.В., Травина Ю.А., Цесарж И.Л., Шестерякова И.В. О деформациях горных пород (по материалам изучения керна на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз») // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО-Югры. / Материалы XX научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: ООО Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2017. – Т. 2. – С. 269-296.
13. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дякина А.В., Новикова Н.В., Сахарова В.Р., Цесарж И.Л., Шестерякова И.В. Граниты. Тектонизация, УВ-зарождение, нефтенасыщение (по

материалам изучения керна на месторождениях ПАО «Сургутнефтегаз») // Пути реализации нефтегазового потенциала Западной Сибири / Материалы XXII научно-практической конференции: в 2 т. – Ханты-Мансийск: ООО Издательский Дом «ИздатНаукаСервис», 2019. – Т. 2. – С. 178-206.

14. 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.

15. Молчанов В.И. Генерация водорода в литогенезе. Новосибирск. Наука, 1981. С.143.

16. 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.

17. Родыгин А.И. Динамометаморфические породы – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2001, 360 с.

18. Очерки структурной геологии сложнодислоцированных толщ / под редакцией В.В. Белоусова и И.В. Кирилловой, Москва: издательство «Недра», 1970. – 304с.

19. Осокина Д.Н., Яковлев Ф.Л., Войтенко В.Н. Изучение тектонического разрыва как объекта, объединяющего мегатрещину, ее поля (напряжений, деформаций), и вторичные структуры (тектонофизический анализ) // Проблемы тектонофизики. К 40-летию создания М.В. Гзовским лаборатории тектонофизики в ИФЗ РАН. – М.: Изд-во ИФЗ РАН, 2008. – С. 89-102.

20. Трофимова Е.Н., Артюшкина Е.В., Быкова О.А., Дякина А.В., Травина Ю.А., Цесарж И.Л., Шестерякова И.В. О деформациях горных пород (по материалам изучения керна на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз») // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 8. – С. 10-13.

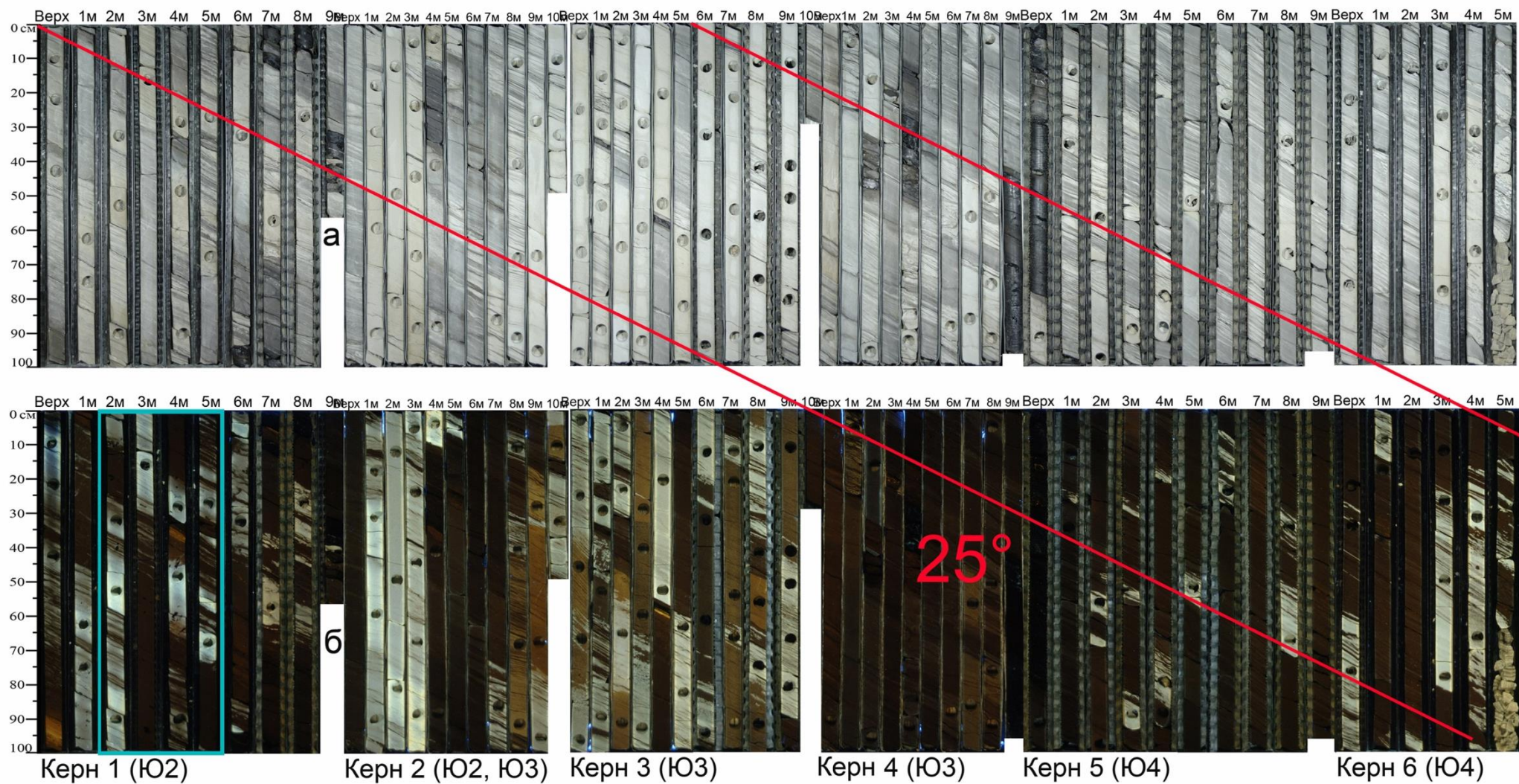
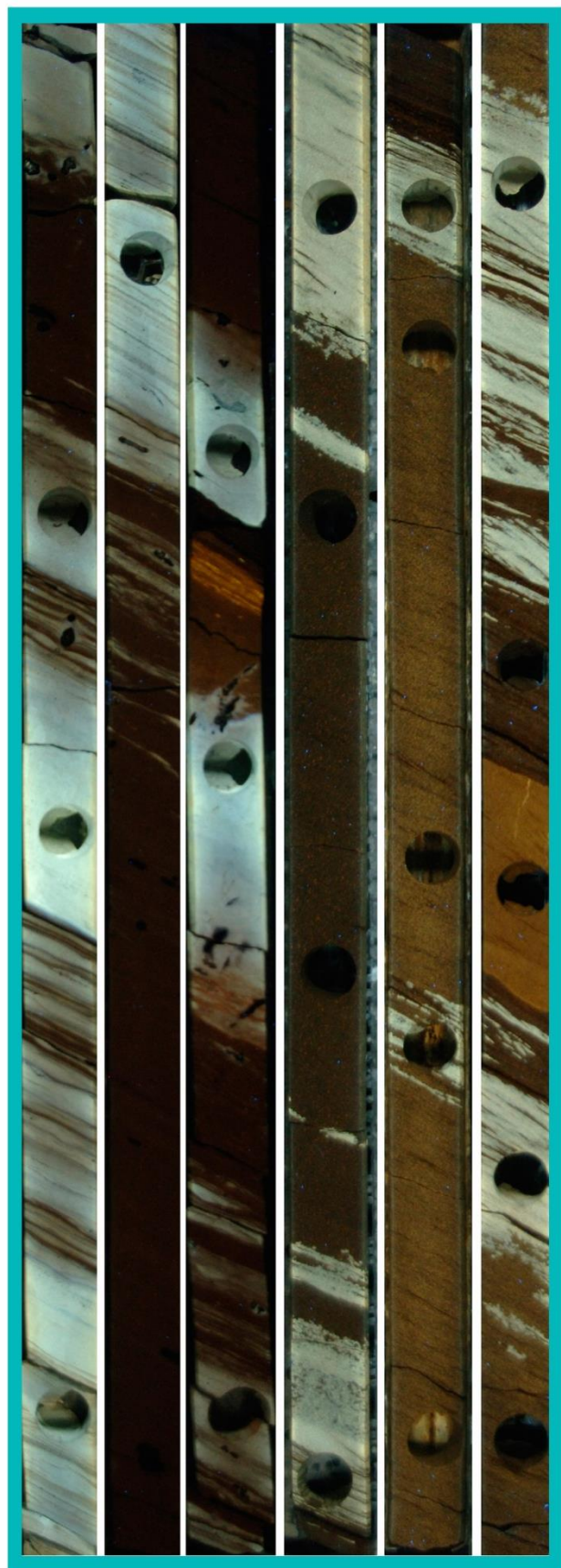


Рисунок 1. Фотоизображения однонаправленно распиленного керна (d - 5см) в дневном (а) свете (ДО) и ультрафиолетовом (б) свете (УФО).

Объект 16(6421), глубина 2953-3012 м, 2019 г.



1



2

Рисунок 2. Фотоизображение (1) в УФО (фрагмент рисунка 1) с отверстиями выбуренных вдоль напластования цилиндров. Фотоизображения куска керна с отверстием выбуренного вдоль напластования цилиндра.



Рисунок 3. Фотоизображения керна с двумя параллельными спилами в зоне сложного рисунка кальцитизации. Сканоизображение (1) первого спила в воде, фотоизображение первого спила в УФО (2), фотоизображения второго спила в ДО (3) и УФО (4).

Объект 1(42), глубина 2366-2367 м, 2019 г.

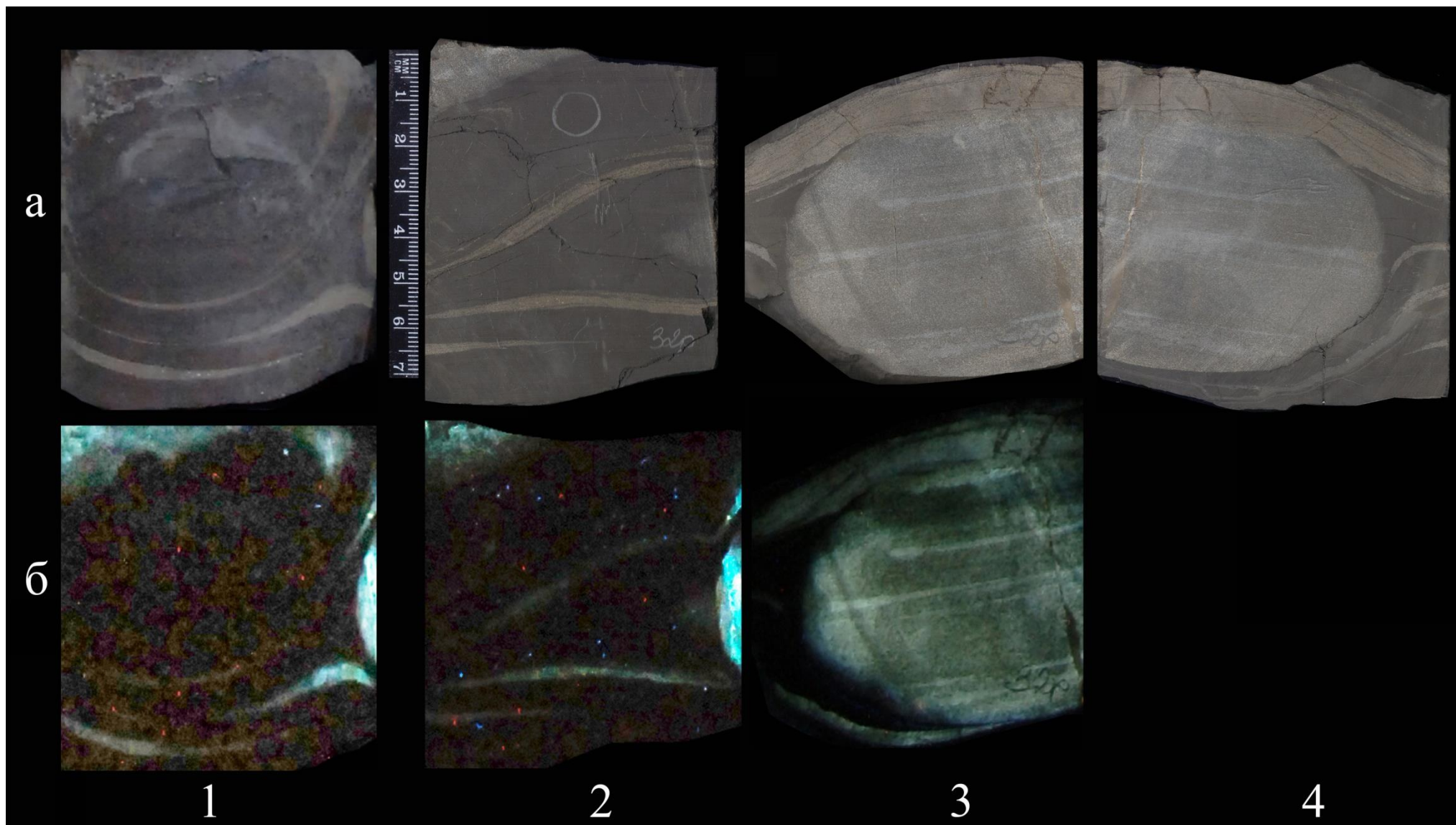


Рисунок 4. Изображения керна на полноразмерной (1) и спиленной (2-4) поверхности в ДО (а) и УФО (б). Зона сложной литологии и нефтенасыщения. Будиноид и обрамляющие его шлейфы со свечением нефтенасыщения.
Объект 9(9457), глубина 2812 м, 2017 г.

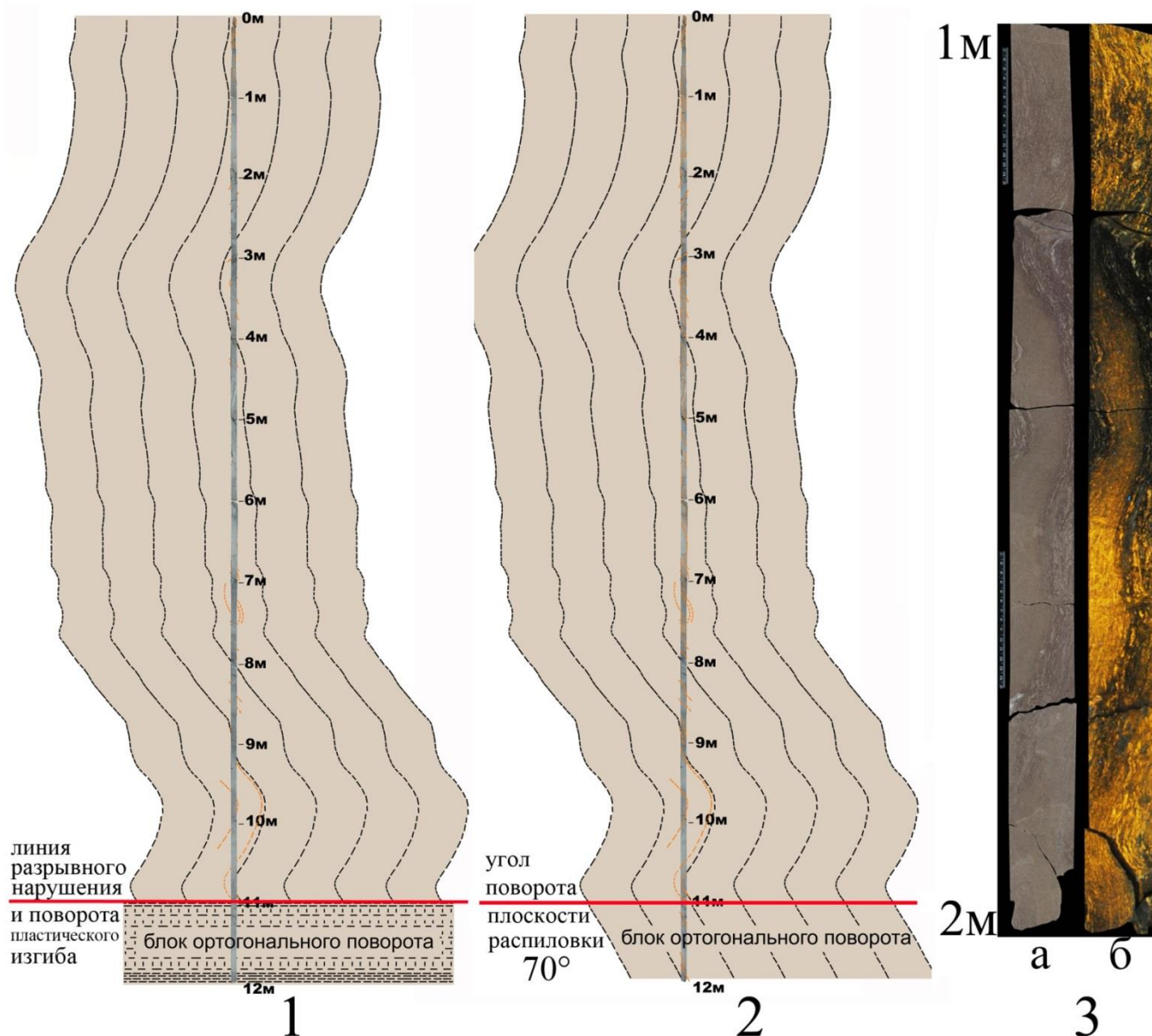


Рисунок 5. Схематические реконструкции (выполнены Е.Н.Трофимовой) залегания отложений. Реконструкция по керну с однонаправленной (1) распиловкой. Реконструкция по керну с поворотом (2) плоскости спила на 70° . Изображения (3) керна в ДО (а) и УФО (б).
Объект 9(3031), глубина 2622-2634 м, 2021 г.

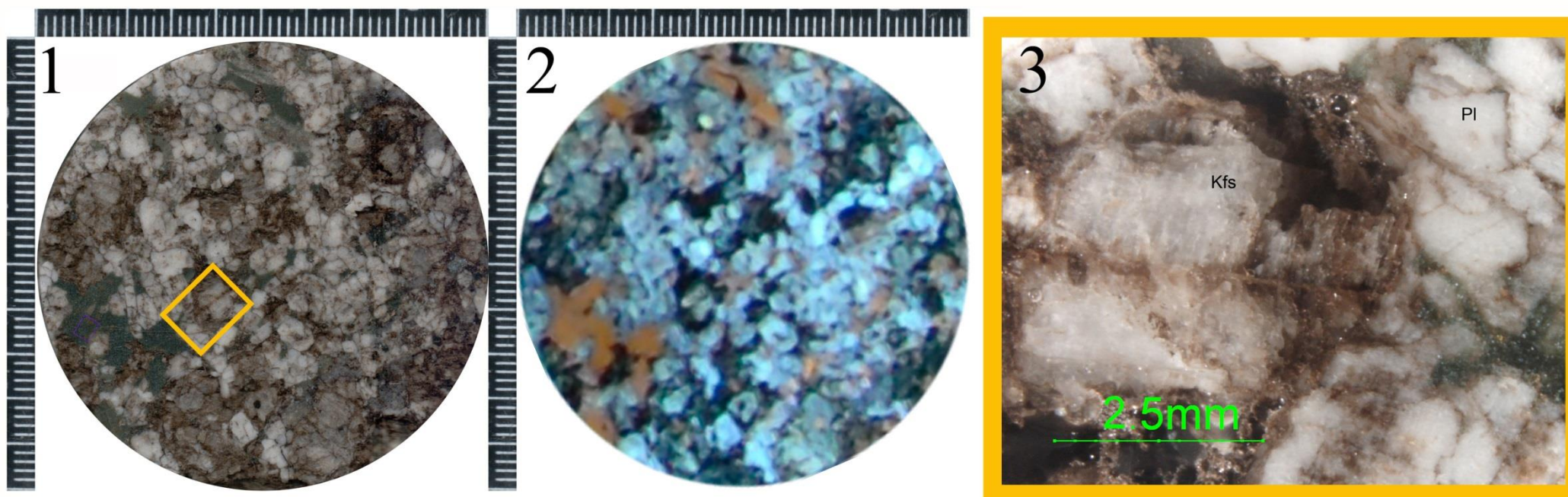


Рисунок 6. Изображения апогранитового тектонита с нефтенасыщением: сканоизображение (1), фотоизображение в УФО (2), микроизображение (3).

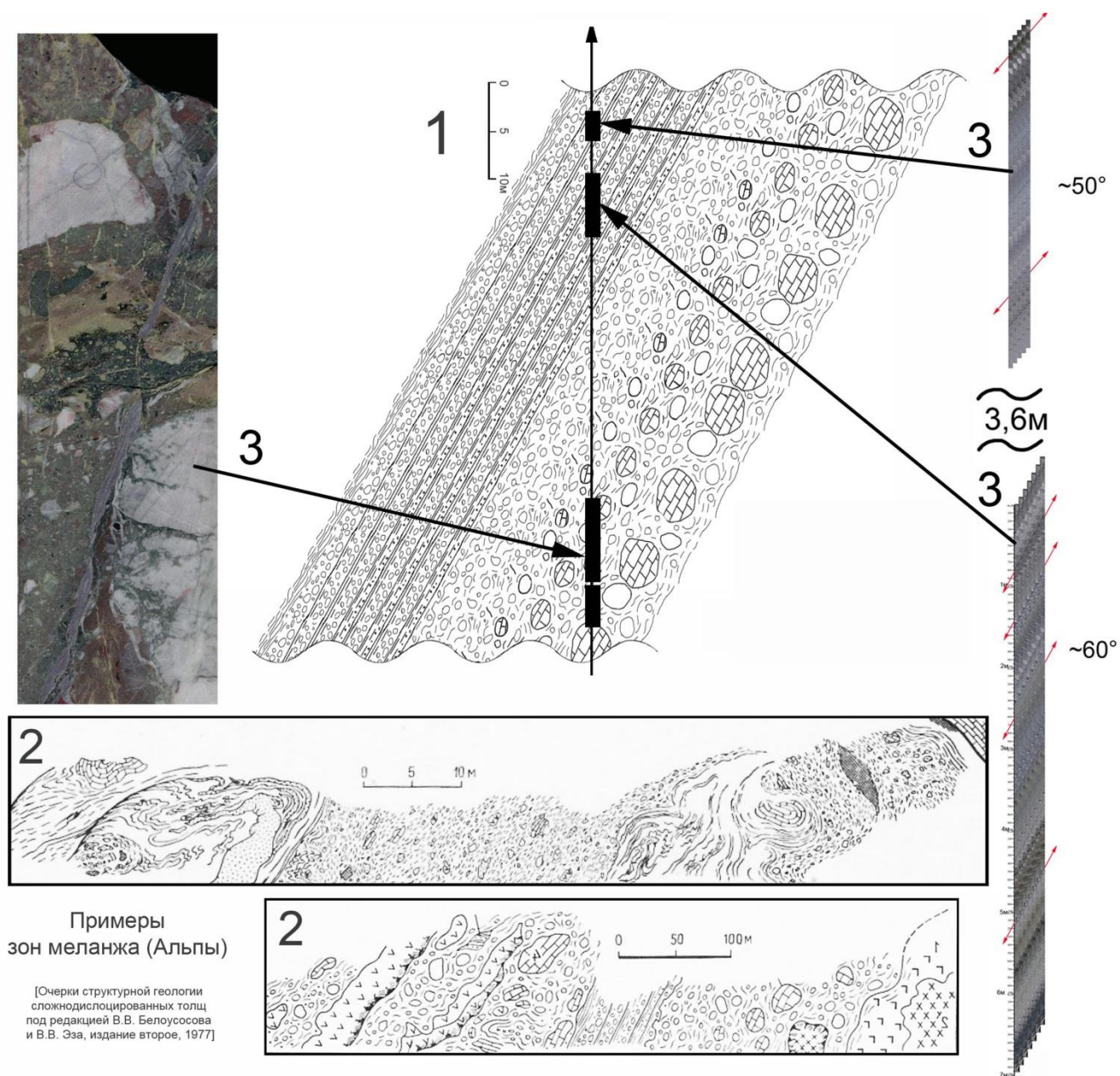


Рисунок 7. Схематическое изображение (1) залегания керна Объекта 2. Примеры (2) зон меланжа (Альпы) [Очерки структурной геологии сложнодислоцированных толщ под редакцией В.В. Белоусова, 1970 г.]. Изображения керна (3) на спиле и на схематической реконструкции.

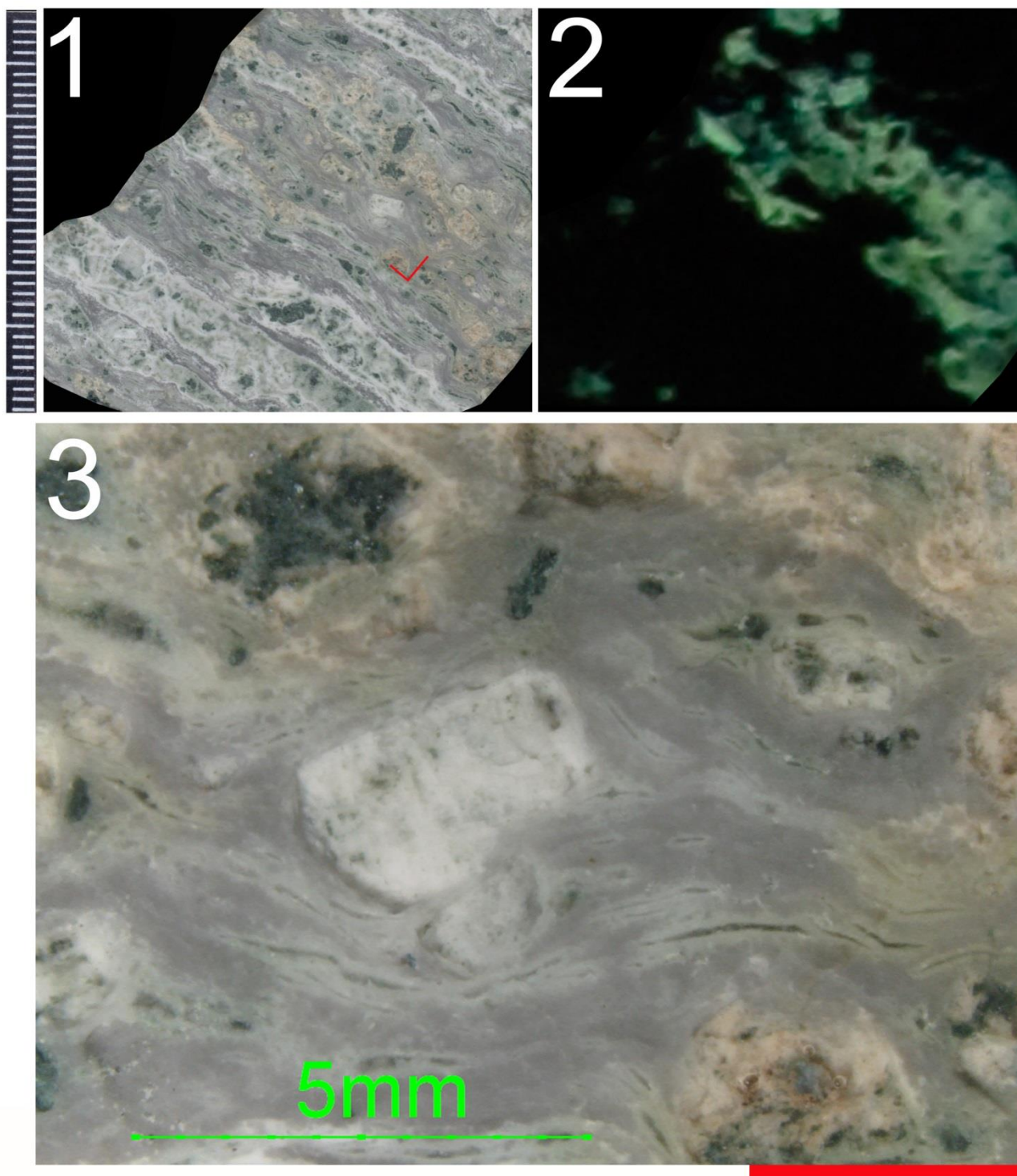


Рисунок 8. Сканоизображение (1), фотоизображение (2) в УФО, микроизображение (3) динамометаморфита на спиле керн. В центре микроизображения милонитовый порфироид (σ-тип).

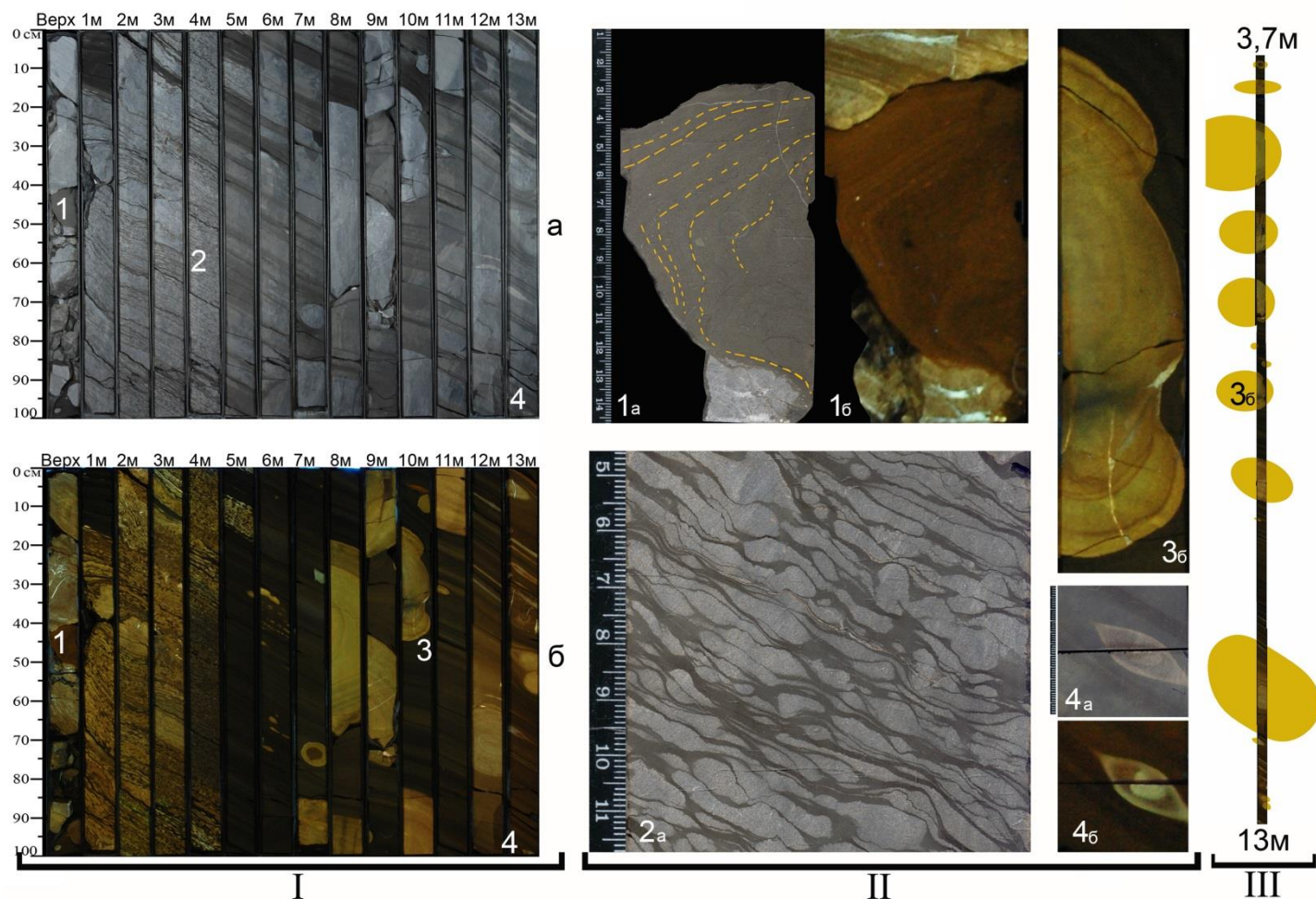


Рисунок 9. Изображения спиленной поверхности керна. Фоторазрез (I) керна в ДО (а) и УФО (б).
 Фрагменты фоторазреза (II) керна: 1 – фрагмент складки затекания между крупными будинами. 2 –
 мелкий будинаж. 3 – краевая часть крупного будиноида с концентрически зональным рисунком
 кальцитизации в УФО. 4 – мелкий будиноид с зональным свечением нефтенасыщения. Схематическая
 реконструкция (III) по спилу керна зоны (3,7-13,0м) крупной будинажной делимости.
 Объект 2 (15331), глубина 3288-3302 м, 2020 г.



2002 год
(спил 2002 г.)



2020 год
(спил 2002 г.)



2020 год
(спил 2020 г.)

Рисунок 10. Фотоизображения спиленной поверхности керна в УФО [Усманов, 2006].