

DOI: 10.17353/2070-5379/23_2023

УДК 552.143:551.763.12(571.14)

Кудаманов А.И., Карих Т.М.

ООО «Тюменский Нефтяной Научный Центр» (ООО «ТННЦ»), Тюмень, Россия, aikudamanov@tnnc.rosneft.ru, tmkarikh@tnnc.rosneft.ru

ДЕФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ ДЕЛЬТЫ, СИНХРОННЫЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЮ, НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕХЕТСКОЙ СВИТЫ СУЗУНСКОЙ ПЛОЩАДИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рассмотрены отдельные аспекты деформаций в обстановках дельты, синхронных осадконакоплению, на примере продуктивного пласта НХ-1 берриас-валанжинского возраста нижнего мела Западно-Сибирской плиты. По керну в песчаниках дельтовой лопасти установлены две системы (по наслоению и в крест) плоских обособлений глинистого материала. В современных обстановках описаны деформации не тектонического происхождения, возникающие в процессе накопления песчаного материала в депоцентре дельты. Быстрое накопление больших масс дельтовых песков на недоуплотнённых глинах продельты приводит к разжижению и «сверхтекучести» глин. Неравномерное погружение песчаной лопасти сопровождается её изгибом, образованием чешуйчатого расслоения и отвесных трещинообразных зон разуплотнения, ориентированных вдоль береговой линии. Разжиженные глины внедряются по зонам деформации, формируя жилообразное заполнение. Аналогичные нетектонические деформации установлены в береговых обрывах, вскрывших породы карбона, триаса, мела.

Ключевые слова: *нижнемеловое осадконакопление, депоцентр дельты, разжижение глины, нижнехетская свита, Сузунская площадь, Западная Сибирь.*

Введение

Общие закономерности геологического строения Сузунского нефтегазоносного района (НГР), начиная с 30-х гг. XX века, описаны в трудах В.А. Балдина, В.П. Игошкина, А.Э. Конторовича, Н.Х. Кулахметова, Д.П. Куликова, А.А. Нежданова, И.И. Нестерова, З.З. Ронкиной, В.Н. Сакса, А.А. Трофимука и др. Исследования охватили широкий круг задач по вопросам стратиграфии, тектонике, литологии и палеогеографии, миграции углеводородов и формирования залежей.

В геологическом строении Сузунского НГР принимают участие метаморфические комплексы архейско-среднепротерозойского возраста, осадочные образования ранне-среднепалеозойского, позднепалеозойского-раннемезозойского и мезозойско-кайнозойского возраста [Розбаева, 2014]. Приводится краткая характеристика только отложений нижнего мела, поскольку они являются объектом исследования. Согласно стратиграфической схеме 1991 г. [Решение..., 1991], рассматриваемая территория изучаемого месторождения по нижнемеловым отложениям входит в состав Енисей-Хатангского структурно-фациального

района (СФР), Малохетский подрайон, располагаясь вблизи границы с Тазовским СФР (рис. 1А).

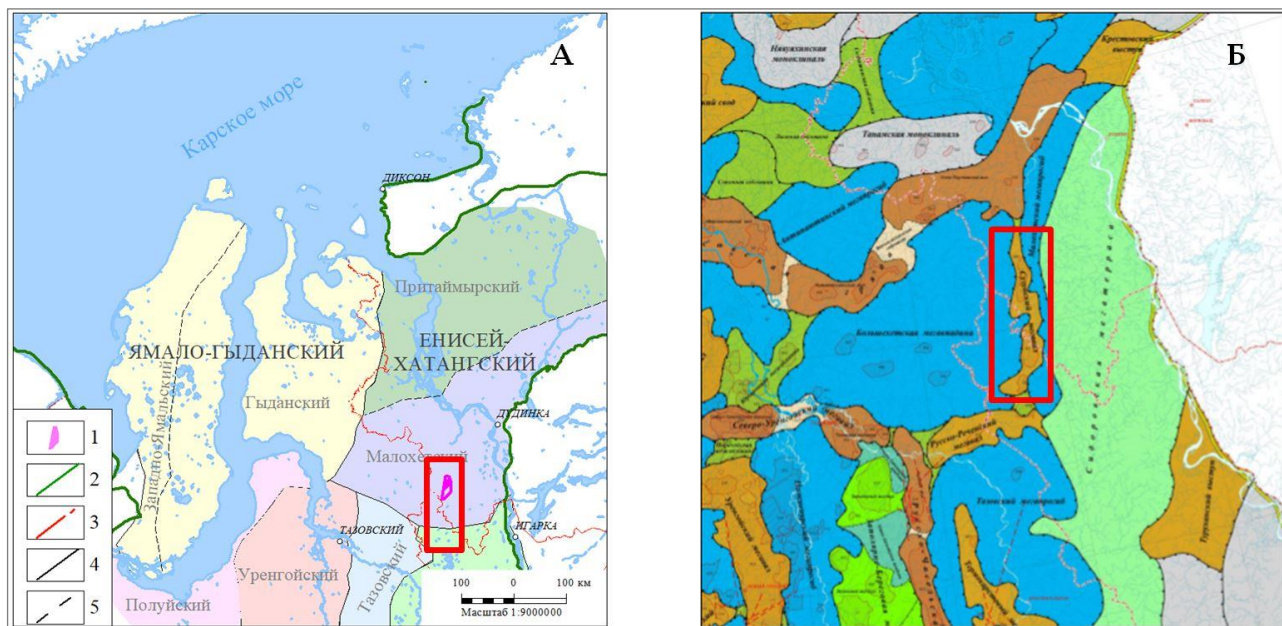


Рис. 1. Район работ на схеме структурно-фациального районирования берриаса-апта севера Западной Сибири [Решение..., 1991] (А) и фрагмент тектонической карты Западно-Сибирской плиты [Геопортал ЮГРА] (Б)

1 - район работ; границы: 2 - Западно-Сибирской плиты; 3 - административные; 4 - структурно-фациального района; 5 - подрайона.

Красный контур - Сузунский НГР [Розбаева, 2014].

В составе этого типа разреза выделяются (снизу-вверх) нижнехетская, суходудинская и малохетская свиты. Согласно тектонической карте Западно-Сибирской плиты (под ред. В.И. Шпильмана, 1998 г.), район исследования приурочен к Сузунскому мегавалу меридионального простирания, отделяющему Большехетскую мегавпадину и Малохетский мегапрогиб (рис. 1Б). Добыча углеводородов (нефти, газоконденсата и газа) из нижнемеловых отложений и доказанная региональная продуктивность верхнемеловых отложений свидетельствуют о значительных перспективах Сузунского НГР для восполнения ресурсной базы нефтегазодобывающей отрасли (рис. 1А).

Фактические данные

На севере Западно-Сибирской плиты (ЗСП), в пределах Сузунской площади пробурена разведочная наклонная скважина (под углом 45-50° к горизонту). Керном скважины охарактеризован, помимо других продуктивных пластов, нижнемеловой пласт НХ-1 (рис. 4). Видимая мощность - более 9 м (с учётом наклона - 6-7 м). Пласт НХ-1 сложен штормовыми мелко-среднезернистыми песчаниками фронта дельты волнового типа (вдольбереговой штормовой вал) [Розбаева, 2014; Черданцева, 2022].

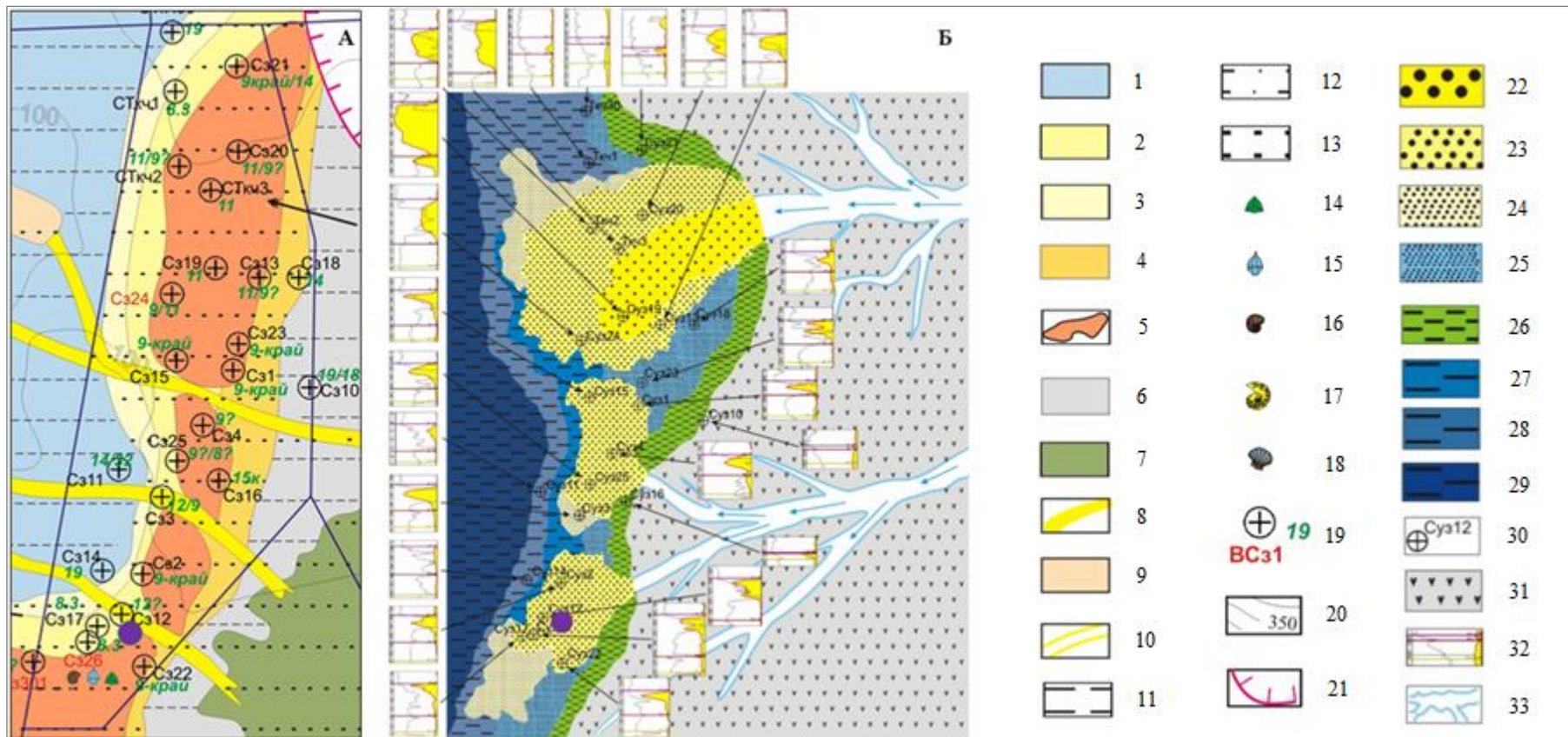


Рис. 2. Лито-фациальная карта пласта НХ₁₁¹ [Колпенская и др., 2014] (А) и литолого-фациальная модель пласта НХ-1 [Розбаева, 2014] (Б) Сузунской площади

(А) 1 - прибрежный мелководно-морской шельф; 2 - верхняя предфронтальная зона пляжа; 3 - нижняя предфронтальная зона пляжа; 4 - песчаная приливная отмель; 5 - вдольбереговые бары и барьерные острова; 6 - забаровая лагуна; 7 - приливная дельта; 8 - подводный канал; 9 - отливная дельта; 10 - предполагаемые каналы; 11 - преимущественно глинистые отложения; 12 - преимущественно алевритовые отложения; 13 - преимущественно песчаные отложения; 14 - споры и пыльца; 15 - диноцисты; 16 - фораминиферы; 17 - аммониты; 18 - двустворки; 19 - номер скважины и номер электрометрической фации; 20 - условный палеорельеф dh Нх - Cd11; 21 - предполагаемая зона отсутствия (размыва?) отложений пласта НХ₁₁.

(Б) 22 - устьевой бар; 23 - ближняя часть фронта; 24 - биотурбированная часть фронта; 25 - передовая зона пляжа; 26 - приливная часть берега; 27 - переход от дальней к передовой зоне пляжа; 28 - внутренний шельф; 29 - внешний шельф; 30 - номер скважины; 31 - суша; 32 - электрометрическая характеристика; 33 - дельта реки. Сиреневый овал - местоположение наклонной скважины НС.

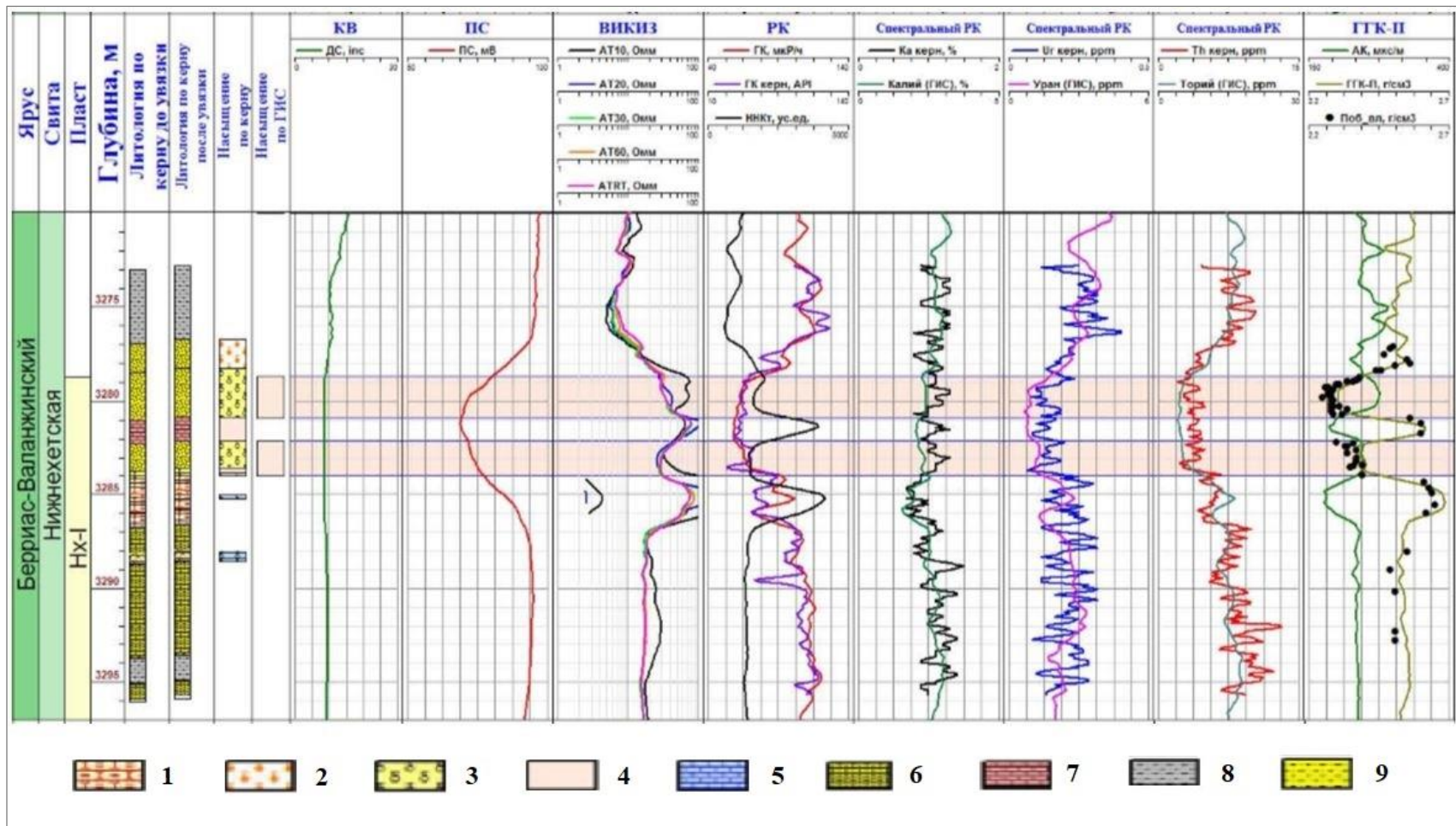


Рис. 4. Фрагмент планшета по скважине пласта НХ-1 Сузунской площади

1 и 7 - песчаник с карбонатным цементом; 2 - запах УВ; 3 - запах УВ, насыщение УВ; 4 - нефть; 5 - кальцит; 6 - алевролиты глинистые песчанистые; 8 - алевролит глинистый; 9 - песчаник алевритистый с глинисто-карбонатным цементом. Розовым цветом выделены продуктивные слои.

Штормовые (массивные) песчаники залегают на пачке (более 5 м) глинистых алевролитов с примесью растительного детрита (до 1-3%), с частыми линзовидными прослоями (1-2 см, редко до 4-5 см) светлых песчаных алевролитов (рис. 5-7) проксимальной части прodelьты волнового типа. Массивные хорошо сортированные песчаники дельты, неравномерно мелко-среднезернистые, в нижней части бугорчатые, преимущественно, с каолиновым цементом, неравномерно нефтенасыщенные (голубое свечение в ультрафиолетовом свете (УФ), рис. 3). В нижней части выделены два прослоя (1,3 и 1,8 м, с тусклым коричневатым свечением в УФ; с высокими значениями ННКТ и ГГК-II) карбонатных мелко-тонкозернистых песчаников с интервалом 1,4 м (рис. 4-9).

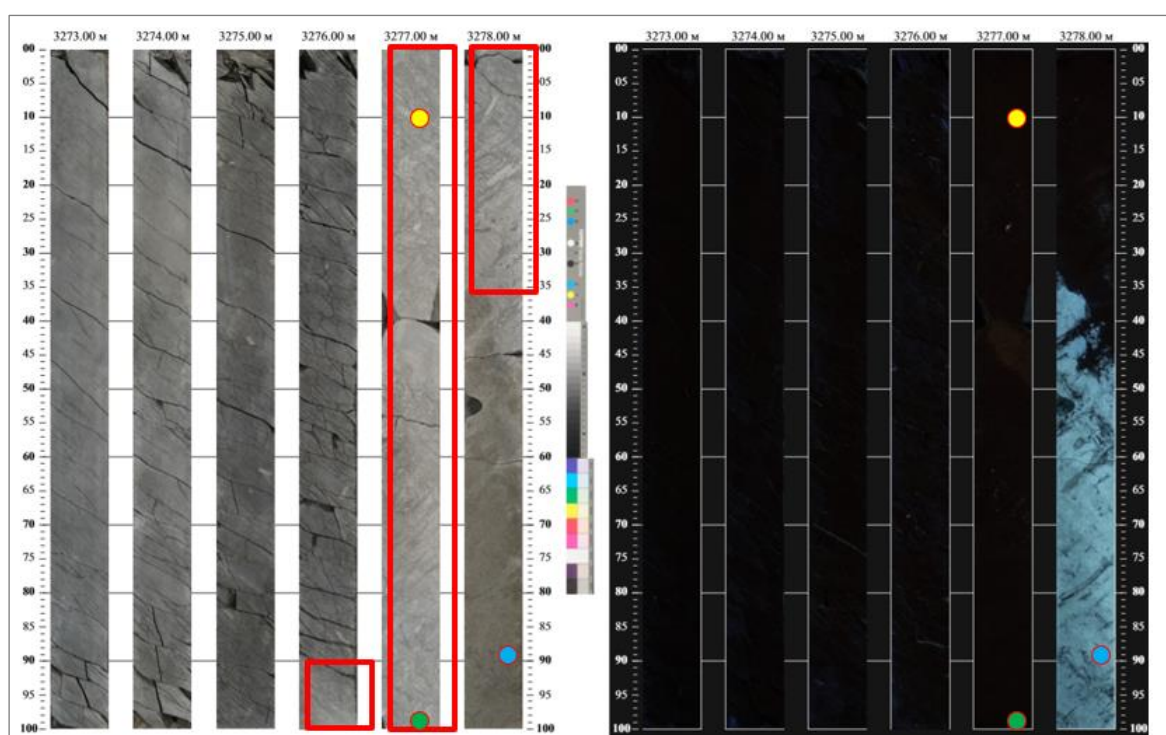


Рис. 5. Фото керн в дневном и ультрафиолетовом освещении пласта НХ-1 Сузунской площади
Интервал по бурению 3273,00-3291,00 м, всего керн - 18,00 м (верх). Красный контур - песчаники мелко-среднезернистые с глинистым цементом (25%), до базального распределения (без продуктивного насыщения). Жёлтый овал - обр. 1, зелёный - обр. 2 (K_n - 8,2%; K_{np} - 0,4 мД), голубой - обр. 3 (K_n - 18,0%; K_{np} - 175,5 мД).

Все песчаники со следами крупных пескожилов, иногда умеренно биотурбированные (*Asterosoma*, *Chondrites*, *Cosmorhapha*, *Lockeia*, *Palaeophycus*, *Phycosiphon*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Helminthopsis*, *Skolithos*, *Zoophycos*, вертикальные и горизонтальные ходы). С глубиной размерность псаммита снижается, доля глины возрастает (биотурбация прослоями достигает интенсивной степени). Карбонаты цемента (потери в кислоте 36-48%), по данным определения общей карбонатности, представлены кальцитом (33-44%), единично с примесью доломита (более 8%). На фото керн в УФ голубоватая окраска характерна для интервалов с

продуктивным насыщением; тёмный коричневатый оттенок свидетельствует о карбонатной цементации (рис. 9).

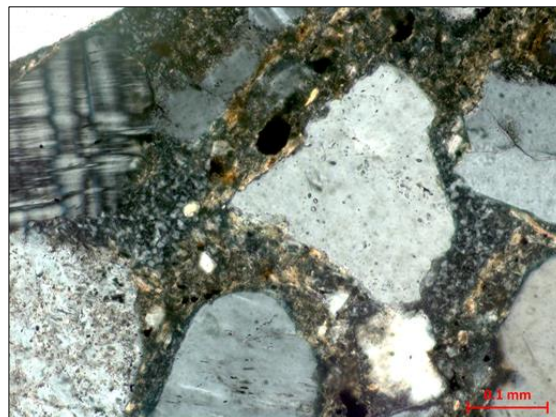
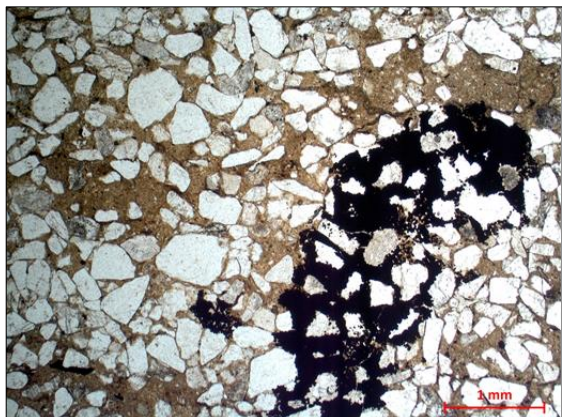


Рис. 6. Фото шлифа 1 (обр. 1) пласта НХ-1 Сузунской площади

Песчаник мелко-среднезернистый, с неравномерным алеврито-глинистым матриксом, редким поровым цементом (каолинит), с редким пиритом (глинистый песчаник). Вид слева - без анализатора, справа - с анализатором. Глубина по бурению - 3277,09 м.

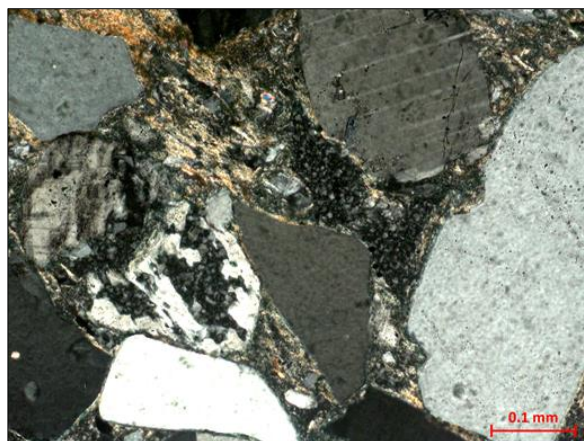
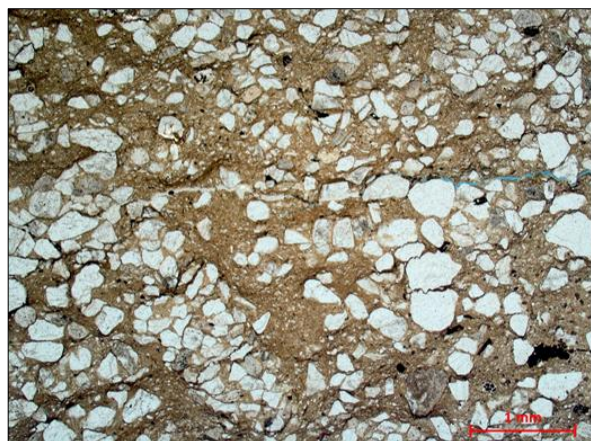


Рис. 7. Фото шлифа 2 (обр. 2) пласта НХ-1 Сузунской площади

Песчаник мелко-среднезернистый (шлиф 1; глинистый песчаник). Вид слева - без анализатора, справа - с анализатором. Глубина по бурению - 3277,97 м.

На рис. 5 важно обратить внимание на инт. 3276,90-3278,35 м (1,45 м), залегающий в кровле пласта НХ-1 (непосредственно под пачкой алевритистых глин дистальной части проделты), сложенный песчаниками мелко-среднезернистыми с глинистым базальным цементом (по гранулометрическому анализу 32-36%).

Примесь карбонатных минералов не отмечается (потери в кислоте 2,7-3,2%), как и продуктивное свечение в УФ освещении (литотип *глинистых песчаников*). В шлифах (рис. 7 и 8) - хорошо видно, что обломочные зёрна зачастую не контактируют друг с другом и не образуют сплошного обломочного каркаса. Цементирующая масса (*агрегат глинистых минералов*) «обволакивает» зёрна обломочного материала, препятствуя им упираться друг в друга и формировать каркас и межзерновые поры (пустотное пространство). Массивный

(незакономерный) облик внутреннего строения глинистых мелко-среднезернистых песчаников не дает возможность однозначно интерпретировать условия осадконакопления данного литотипа. На микроуровне для *глинистых песчаников* характерны сглаженные контуры обломочных зёрен (см. рис. 7), что, возможно, является результатом частичного растворения.

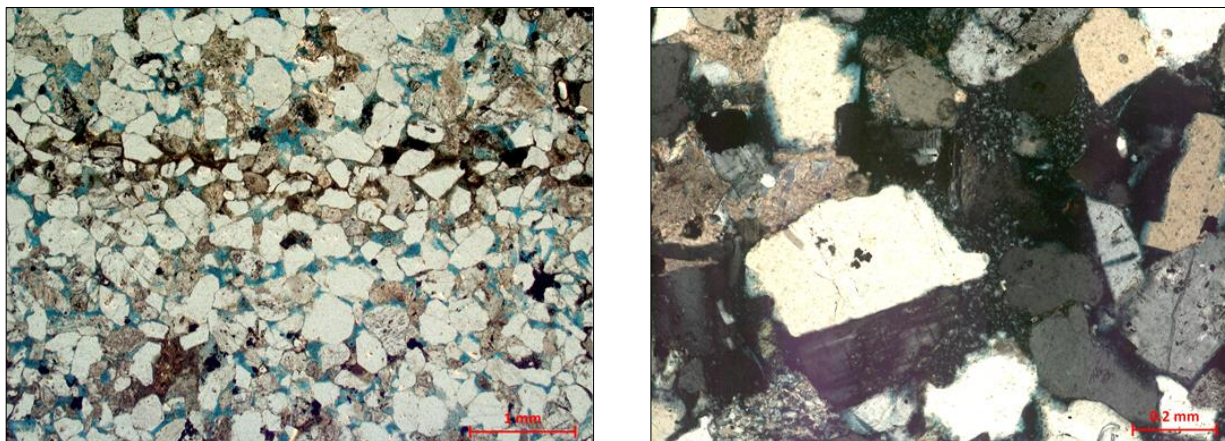


Рис. 8. Фото шлифа 3 (обр. 3) пласта НХ-1 Сузунской площади

Песчаник крупно-мелко-среднезернистый, с плёчно-поровым глинистым, поровым карбонатным цементом, редким органическим веществом в виде каёмки по стенкам пор. Продуктивно насыщенный. Вид слева - без анализатора, справа - с анализатором. Глубина по бурению - 3278,89 м.

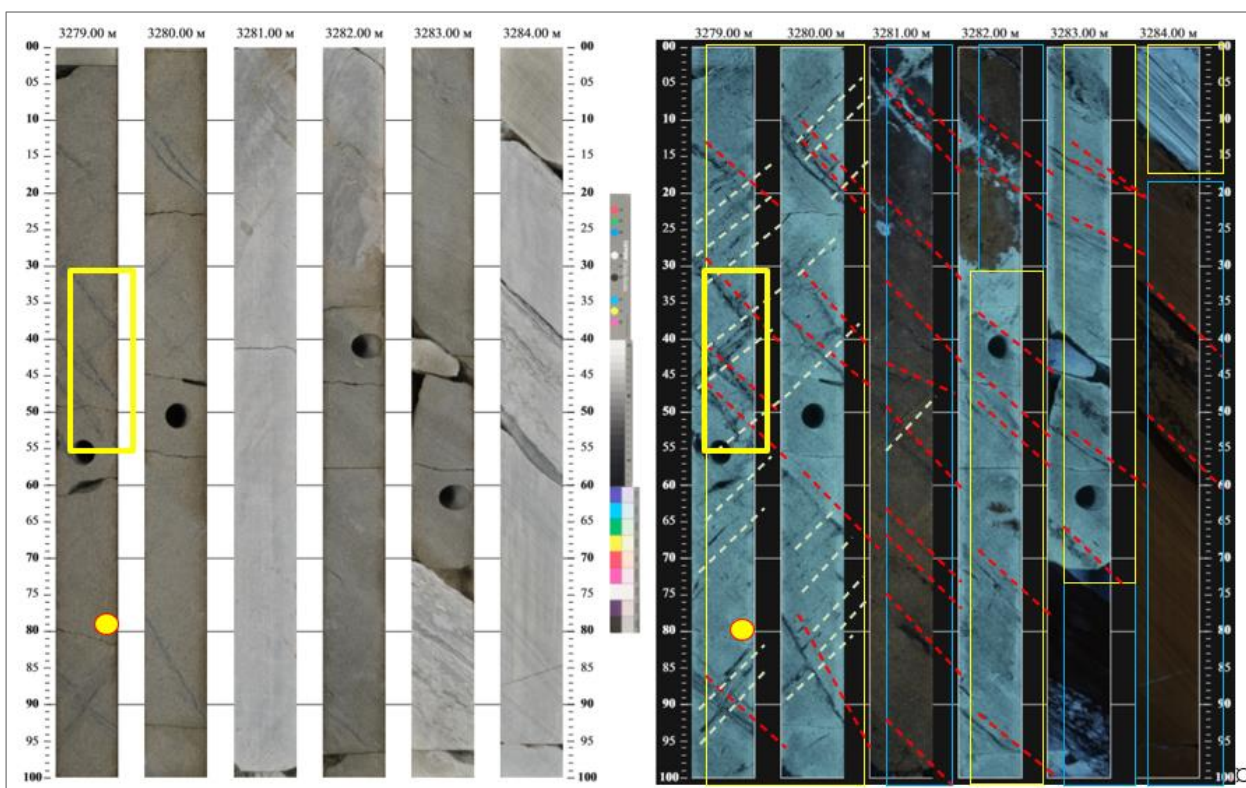


Рис. 9. Фото ядра в дневном и ультрафиолетовом освещении пласта НХ-1 Сузунской площади
Интервал по бурению - 3273,00-3291,00 м (средняя часть). Жёлтый контур - нефтенасыщенные песчаники; синий контур - карбонатные песчаники; красный пунктир - слойки глины вдоль наслоения; светлый пунктир - слойки глины в крест наслоения с ходами Scolithos; жёлтый овал - место отбора обр. 4; жёлтый контур - фрагмент ядра (см. рис. 8).

Характерна различная форма обломочных зёрен в близко расположенных слоях глинистых песчаников (см. рис. 6-7) и продуктивных песчаников (см. рис. 8-9). Одни - овальные, сглаженные, словно окатанные (следы частичного растворения). Другие - угловатые, с частыми (более 50% зёрен) следами регенерации. Это свидетельствует о различной постседиментационной истории обломочного материала данных литотипов. Ниже по разрезу залегает пачка чередования карбонатных и продуктивных песчаников (см. рис. 9).

На распиле вдоль оси и на тыльной стороне керна отчётливо проявилась «крестообразная» система тонких глинистых прослоев (рис. 8 и 12; особенно заметно в УФ-освещении продуктивно насыщенных слоёв) с частыми следами биотурбации. Система прослоев глин прослеживается как в продуктивных, так и в карбонатных песчаниках. На рис. 10 показан увеличенный фрагмент керна (выделен на рис. 9) с признаками проникновения глин по наслоению и в крест наслоения.

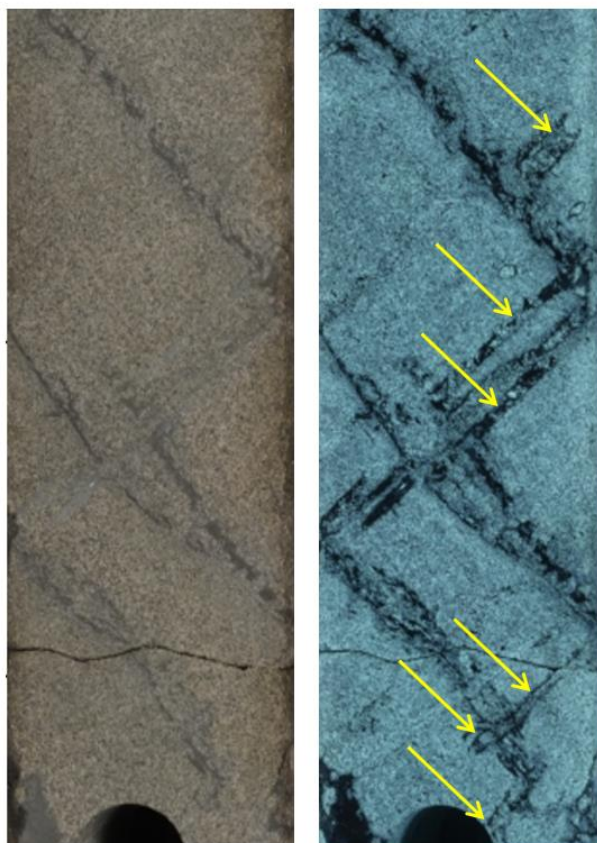


Рис. 10. Фото фрагмента керна (25 см) в дневном и ультрафиолетовом освещении пласта НХ-1 Сузунской площади
Жёлтыми стрелками указаны следы Skolithos.

По глинам отчетливо видны следы биотурбаторов (особенно хорошо распознаваемые в УФ-освещении); по наслоению - плохо выраженные горизонтальные ходы планолитосов; в крест наслоения - ходы мелких *Skolithos*.

Вопросами диагностики и систематизации ихновидов в отложениях Западной Сибири в рабочем порядке занимались многие специалисты (в последние годы, например, К.В. Зверев, А.П. Вилесов, А.В. Храмова, П.А. Ян и Л.Г. Вакуленко [Ян, Вакуленко, 2001], О.С. Чернова [Чернова, 2009]). Общепринятой классификации, видимо, не создано (по крайней мере, авторам не известно). Большинство исследователей используют классификации других авторов, например [Coates, MacEachern, 2007; Knaust, 2017] или создают свои синтетические варианты систематик - на основе опубликованных работ перечисленных авторов (рис. 11).

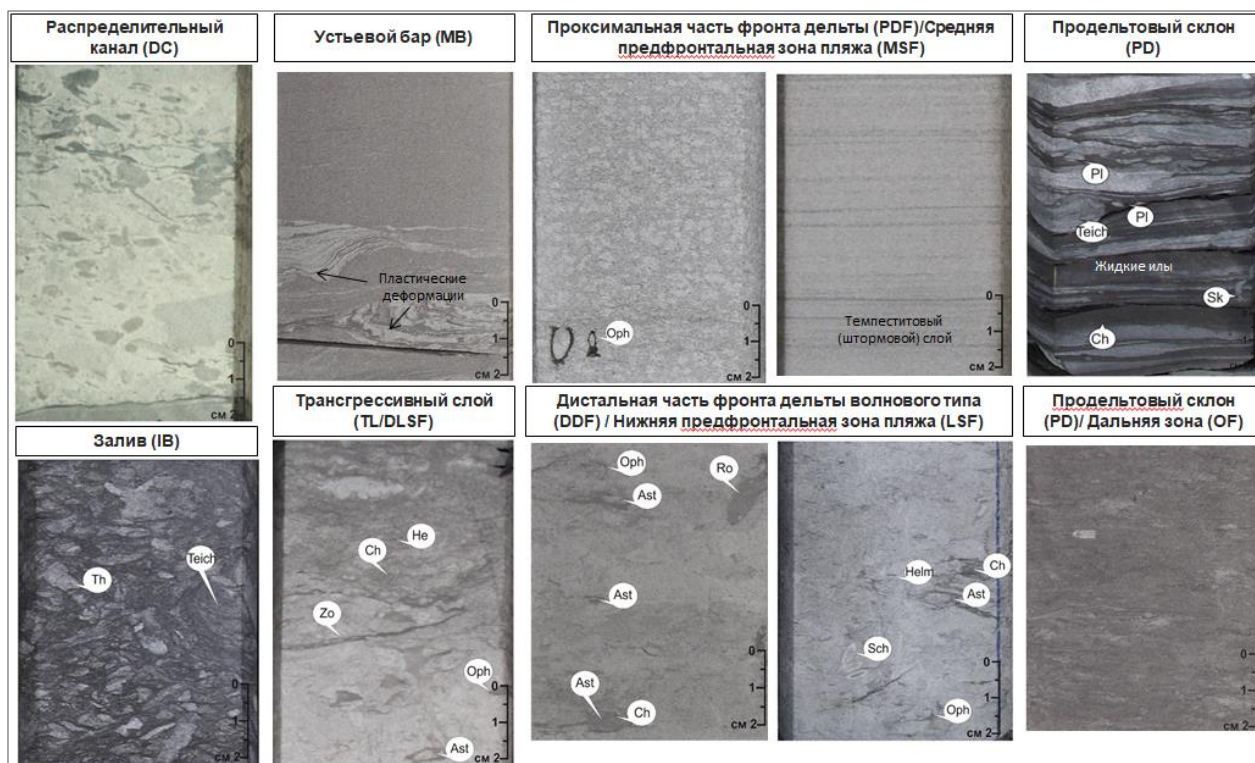


Рис. 11. Фото текстурных и ихнологических признаков фаций [Coates, MacEachern, 2007]

Фронт дельты: песчаники с полого-волнистой, бугорчатой текстурой, участками интенсивно биотурбированные, *Rosselia* (Ro), *Ophiomorpha* (Op), *Cylindrichnus* (Cy), *Thalassinoides* (Th), *Palaeophycus* (Pa), *Diplocraterion* (Di), *Phycosiphon* (Ph), *Arenicolites* (Ar). Продельта: *Teichichnus* (Te), *Planolites* (Pl), *Phycosiphon* (Ph), *Chondrites* (Ch), *Protovirgularia* (Pr), *Zoophycos* (Zo), *Trichichnus* (Tr), *Asterosoma* (As), *Thalassinoides* (Th), *Palaeophycus* (Pa), *Gyrochorte* (Gr).

Приведённый выше список ихнофоссилий, установленных в изучаемых отложениях, не противоречит утверждению авторов о дельтовом генезисе пласта НХ-1.

На рис. 12 (фото керна в дневном освещении) представлена пачка отложений продельты, подстилающих песчаники пласта НХ-1. В верхней части пачки отмечаются карбонатизированные песчаники (коричневатые цвета в УФ-освещении). На рис. 13 показана обратная сторона (не распиленная) фрагментов керна.

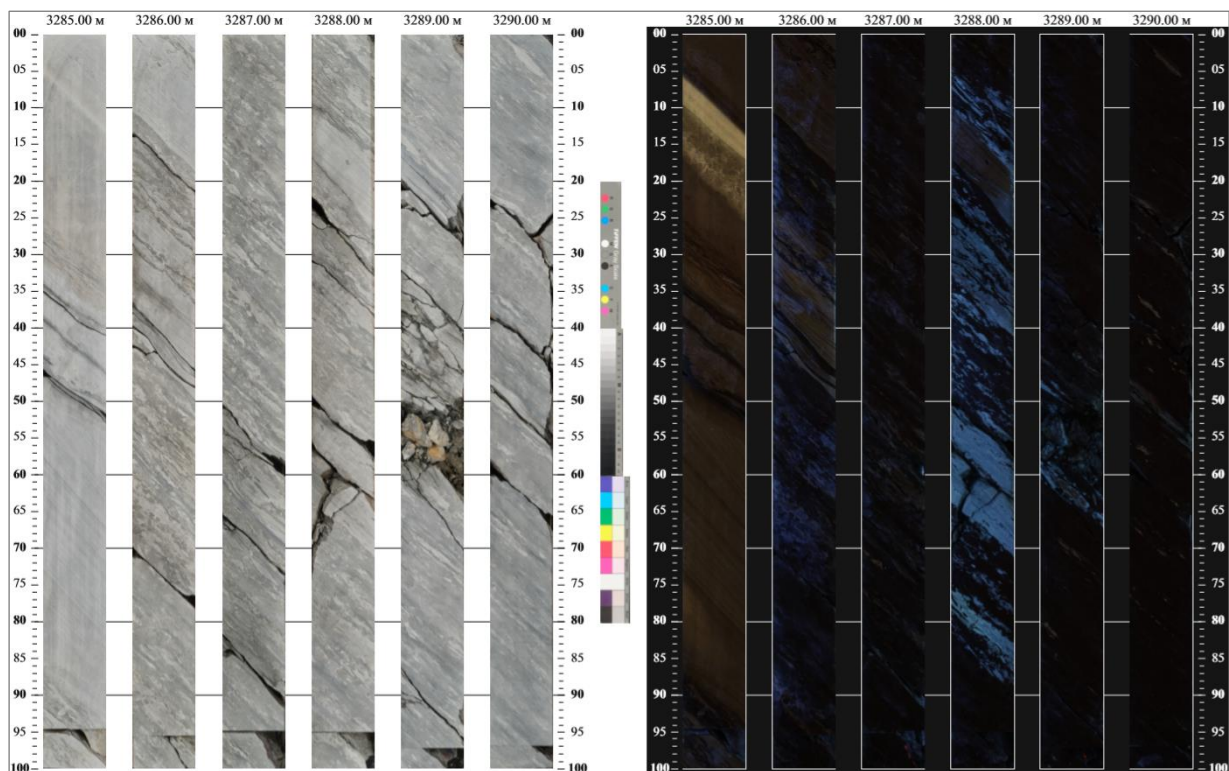


Рис. 12. Фото керна в дневном и ультрафиолетовом освещении пласта НХ-1 Сузунской площади

Интервал по бурению - 3273,00-3291,00 м, всего керна - 18,00 м (нижняя часть).

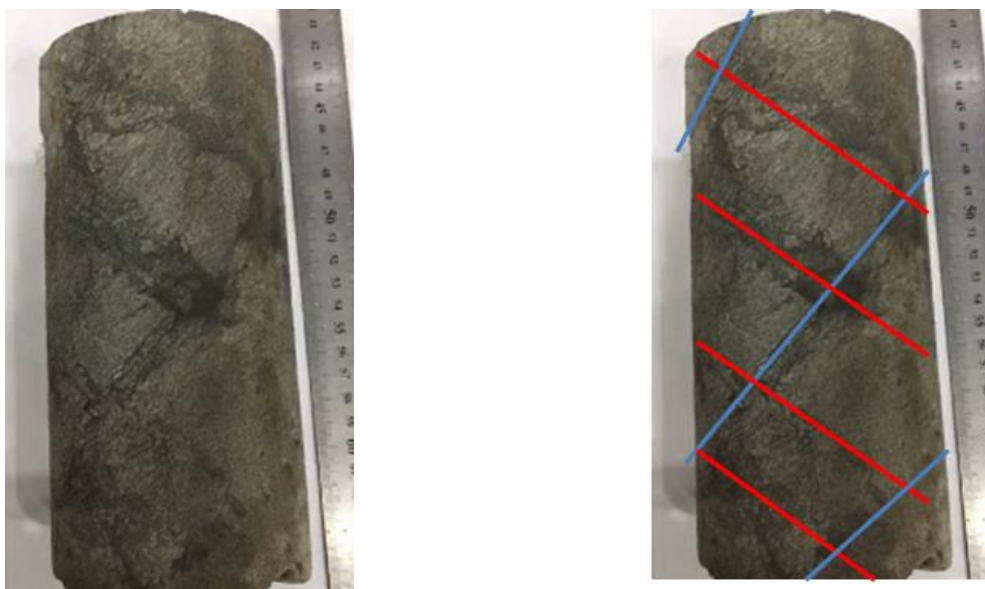


Рис. 13. Фото обратной стороны фрагментов распиленного керна в дневном освещении пласта НХ-1 Сузунской площади

Интервал по бурению - 3279,80-3280,00 м. Синие линии - глины в песчаниках по наслоению; красные линии - зоны глин в песчаниках в крест наслоения (с ходами биотурбаторов).

В шлифе 4, в продуктивных песчаниках установлено протяжённое обособление глинистого материала (толщиной до 1 мм; рис. 14) с включением обломочных зёрен. Отмечаются частично растворённые зёрна полевых шпатов (содержащие дополнительную

пористость), частая регенерация кварца, реже - полевых шпатов. Удлинения обломочных зёрен песчаника не обладают закономерной ориентировкой, но чешуйка биотита (по центру в верхней части шлифа) направлена в крест простирания обособления глины. Обособление глинистого материала не имеет контрастных границ с вмещающим псаммитом и разбито в крест удлинению полыми микротрещинами (шириной до 0,01 мм) на блоки (будины).

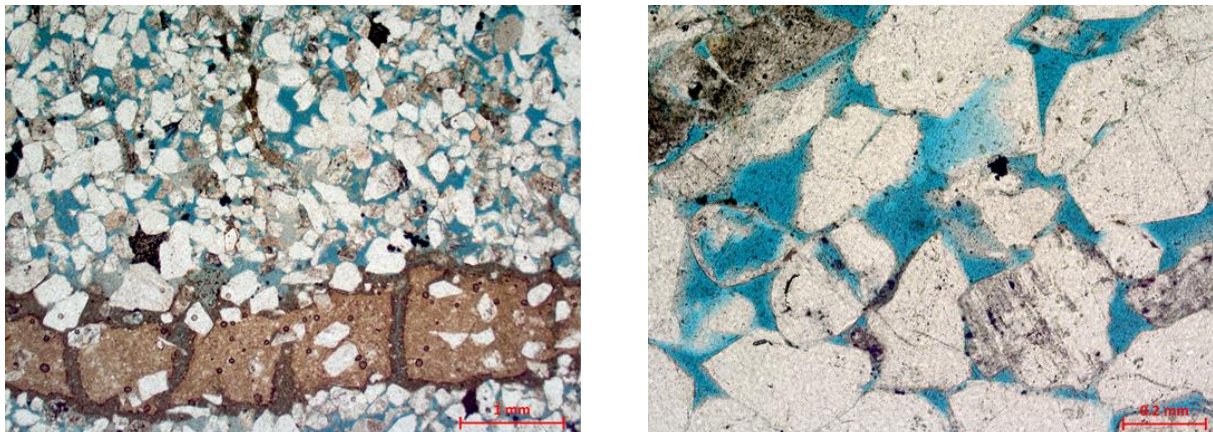


Рис. 14. Фото шлифа 4 (обр. 4) пласта НХ-1 Сузунской площади

Песчаник мелко-крупно-среднезернистый, аркозовый, с плёчно-порovým глинистым, регенерационным полевошпат-кварцевым цементом, с редкой примесью органического вещества. Без анализатора. Коэффициент пористости, K_p - 23,5%; коэффициент проницаемости, $K_{пр}$ - 1085,9 мД. Глубина по бурению - 3279,79 м.

В микротрещинах и на границах блоков обособления глинистого материала установлены следы пропитки голубой эпоксидной смолой (проницаемые зоны).

Теоретические представления

Особенности распределения фаций (обстановок) в дельтовых условиях определяются режимом каждой конкретной дельты, что придаёт им индивидуальный характер. Обычно наблюдаются синхронные деформации разного уровня и масштаба проявления. Существует отдельный класс деформаций, связанных с осадочными факторами, проявленными во время захоронения быстро осаждавшихся илов **в средней и нижней частях дельты**. Так, в дельте Миссисипи эти процессы вызвали серию иловых диапиров, ротационных оползней, рытвин фронта дельты, поверхностных потоков илов и **глубоко расположенных разрывов** (рис. 15).

Дополнительные виды движения осадков дельты в значительной мере снижают обоснованность генетических интерпретаций разрезов и песчаных тел дельтовых осадков (рис. 16). Деформации присущи, в основном, для фронтальной части дельты. Неустойчивость возникает при повышенных скоростях накопления осадков, например, в устьях рек. Действие ударов волн усиливается концентрациями газа в осадках (в результате разложения органики). Наличие газа может вызвать кратковременное разжижение осадков и привести к образованию

поверхностных оползней и потоков илов, а также оно приводит к развитию сверхдавления. Подобные состояния глин в дельте Миссисипи отмечены на глубине 15 м от современной поверхности осадков.

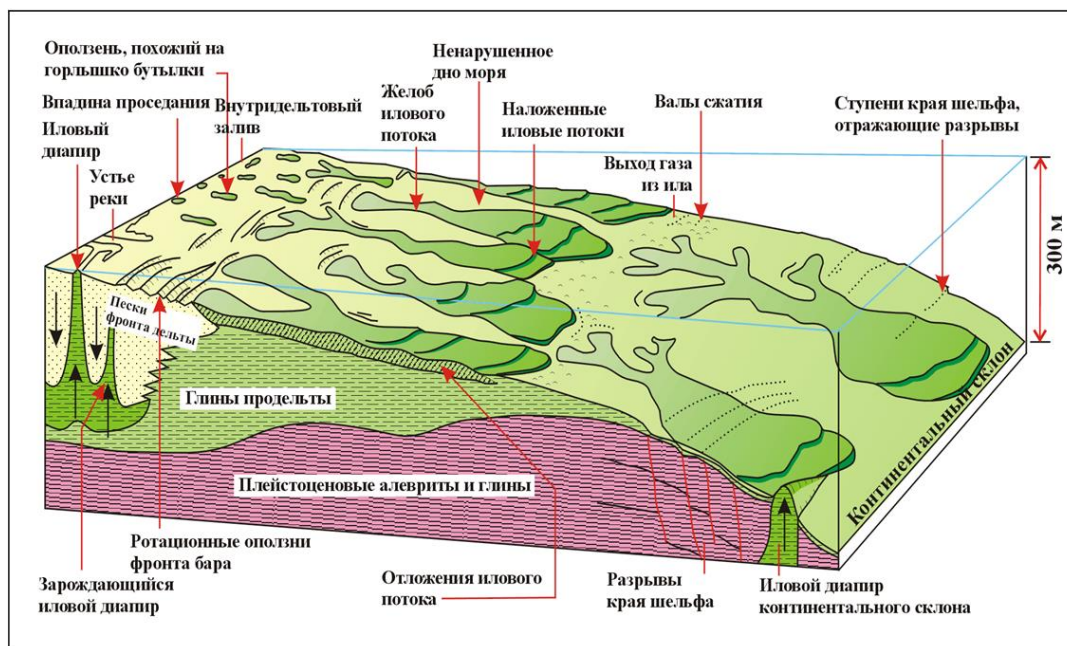


Рис. 15. Обобщённая схема основных типов осадочных деформаций, возникших в результате поверхностной нестабильности осадков, и глубинного течения глин под влиянием повышенного давления в дельте р. Миссисипи [Кудаманов, 2007], (по [Обстановки..., 1990], с дополнениями)

Глубинное течение глин с повышенным давлением является главным механизмом погружения в депоцентре, а также создает широкий спектр разномасштабных деформационных особенностей, таких как иловый диапиризм и развитие разрывов (вероятно, с внедрением разжиженных глин в полости разрывов).

Оползни вращения (листрические оползни). Оползневые блоки целиком сохраняются, и не несут следов текстур течения, образуя явно аномальные, мелководные песчаные фации, залегающие среди глубоководных, илистых и алевритовых фаций. Блоки могут иметь наклон в сторону берега под углом до 30°. Вращательное оползание блоков является составной частью процесса выдвигания дельты и влияет на характер погребенных фаций (см. рис. 16).

Обвальные впадины - чашеобразные депрессии Ø около 100 м и глубиной 1-3 м, при разжижении осадков штормами с нагромождением изолированных блоков осадков в центральных частях. Протягиваются от мелководья (7-10 м) на глубину до 100 м и врезаны на 3-20 м. Являются путями для потоков илов и обломков, вытекающих из обвальных депрессий в их вершине. В устьях ложбин потоки илов растекаются по поверхности продельты, формируя слои жидких илов. Отдельные лопасти достигают мощности 10-15 м и содержат эрратические блоки осадков диаметром до 30 м и крупнее.

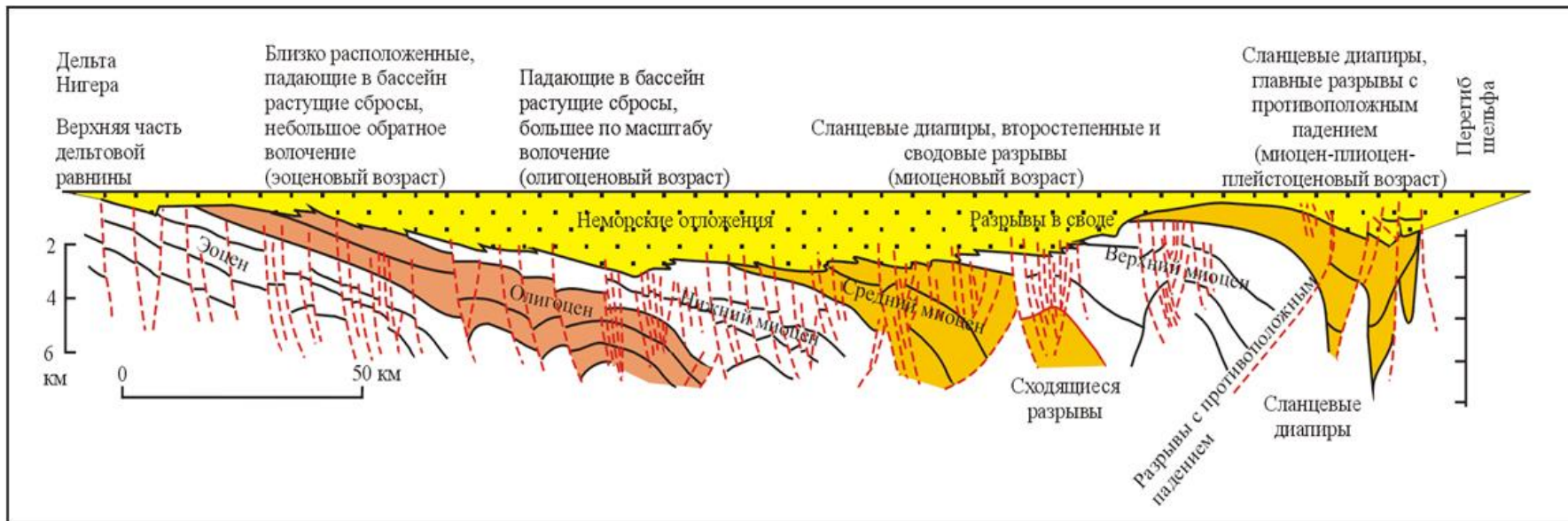


Рис. 16. Профиль через депоцентр дельты Нигера, иллюстрирующий обширное образование растущих разрывов, смещающихся по мере продвижения дельты в бассейн и выше по разрезу [Кудаманов, 2007], (по [Обстановки..., 1990], с дополнениями) *Преувеличение вертикального масштаба в 5 раз.*

Оползни края фронта дельты и разломы (Миссисипи) формируют зону крутых откосов на дне моря высотой до 30 м; опущенные крылья сбросов являются местами предпочтительного накопления осадков. Растущие разрывы образуются при быстром захоронении илов, в условиях повышенного давления и недоуплотнения. Глубинное течение глин способствует быстрому погружению лопасти на краю дельты, что ведёт к появлению крупных разрывов с выпуклой поверхностью, расположенных параллельно линии берега. Глубина проникновения разрывов может составлять 1-7 км, амплитуда - до 1 км (на континентальном склоне). Более мощные отложения с повышенным содержанием песка обнаруживаются на опущенном крыле, где представлены отдельным разрезом фронта дельты или серией вертикально надстроенных разрезов. Растущие разломы определяют предпочтительные центры накопления осадков внутри общего депоцентра.

Примеры осадочных деформаций в обнажениях палео-дельт

Оползни и диапиры описаны в древних дельтах. Растущие разрывы обнаружены в отложениях мела в Колорадо, триаса - на Шпицбергене, карбона - в Северной Европе. На Шпицбергене серия растущих разломов обнажается примерно перпендикулярно их простирацию. Расстояние между разрывами - в среднем 500 м. В отложениях карбона Западной Ирландии на глубине в поднятом крыле разрывов наблюдаются пластически деформированные аргиллиты и алевролиты со слабым проявлением диапиризма.

Интерпретация

С учётом характеристики современных и древних нетектонических деформаций дельт, особенности строения пласта НХ-1 на Сузунской площади могут быть результатом параллельного развития комплекса процессов.

Вдольбереговой вал (6-7 м) образовался в результате разрушения и переотложения песка фронта дельты (в начальные фазы трансгрессии) серией штормов на глинистых илах продельты. «Быстрое» накопление песчаной толщи, с изоляцией илов продельты приводит к неоднородному уплотнению. Неравномерно обезвоживаясь, илы не доуплотняются. Глины дополнительно насыщаются газово-жидкими продуктами разложения органики, что проявляется разжижением и «сверхтекучестью» глин. Течение глин вниз по рельефу дна бассейна и во фланги сопровождается «проседанием» уплотнённых песков депоцентра и образованием трещинообразных зон разуплотнения. Разжиженные глины внедряются в зоны разуплотнения, а также происходят взмучивание неуплотнённых песков в кровле (до 1,5 м) дельтовой лопасти и цементация их жидкими глинами (с «уничтожением» первично осадочных текстур и коллекторских свойств).

«Жидкие илы» со временем постепенно «усыхают», уменьшаясь в объёме, с разрушением своей сплошности по типу образования такыров (см. рис. 14). Одновременно происходит удаление газово-жидких флюидов из недоуплотнённых илов в более пористые дельтовые песчаники, с частичным растворением зёрен обломочных фракций. Быстрая дегазация приводит к выпадению карбонатов из раствора (карбонатный цемент 36-48% - базального типа; см. рис. 9). Возможно, развитие подобных событий происходило неоднократно (импульсивно), что обусловило формирование чередования прослоев карбонатных песчаников и пористых коллекторов.

Выводы

1. Существует отдельный класс деформаций в обстановках дельты, связанных только с осадочными факторами (нетектонического генезиса).
2. Следы внедрения разжиженного глинистого материала в зоны разуплотнения (по наслоению и в крест) и «пропитки» рыхлых песков в кровле пласта НХ-1 взмученным глинистым материалом удовлетворительно объясняется проявлением деформаций не тектонического характера, синхронным осадконакоплением дельты волнового типа (установленной комплексом геолого-геофизических методов).
3. Агрессивные газово-жидкие флюиды (продукты разложения растительных остатков в илах продельты), постепенно мигрирующие в проницаемые пески пласта НХ-1, с последующей быстрой дегазацией при формировании деформаций (зон разуплотнения) обуславливают наличие прослоев с базальной карбонатной цементацией (коричневатое свечение в УФ).
4. Проникновение разжиженных глин в кровлю песчаного тела взмучивает рыхлые пески (до 1,5 м) уничтожает первичные текстуры и вторично плотно цементирует их глинистым материалом, нацело нивелируя пористость и проницаемость. Проработка песчаного материала флюидами создаёт чередование слоёв (1-2 м) песчаников с улучшенными коллекторскими свойствами (за счёт частичного растворения) и песчаников с базальным цементом (за счёт вторичной карбонатной цементации).

Литература

Геопортал ЮГРА АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана». - <https://maps.crru.ru/smmaps/cmViewer.php>

Колпенская Н.Н., Низяева И.С., Танинская Н.В., Шиманский В.В., Бакуев О.В., Найденов Л.Ф. Обстановки осадконакопления продуктивных горизонтов верхнеюрских и

нижнемеловых отложений восточного борта Большехетской впадины Западно-Сибирской плиты // Геология нефти и газа. - 2014. - № 6. - С. 2-10.

Кудаманов А.И. Геологическое строение и условия формирования отложений валанжина на примере продуктивных пластов Сургутского свода Западно-Сибирской плиты // Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. - Томск: ТГУ, 2007. - 194 с.

Обстановки осадконакопления и фации: В 2-х т.: Пер. с англ. / Под ред. Х. Рединга. - М.: Мир, 1990. - Т. 1. - 352 с. - Т. 2. - 384 с.

Решение 5-го межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. - Тюмень: ЗапСиб-НИИГНИ, 1991. - 54 с.

Розбаева Г.Л. Детальная литолого-фациальная модель отложений нижнехетской свиты в Сузунском НГР (Западная Сибирь) // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. - Тюмень, 2014. - 16 с.

Черданцева Д.А. Геологическое строение и условия формирования нижнемеловых нефтегазоносных отложений Лодочного вала // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. - Томск, 2022. - 23 с.

Чернова О.С. Седиментология резервуара. - Томск: Изд-во ЦППС НД, 2009. - 250 с.

Ян П.А., Вакуленко Л.Г. Смена состава ихнофоссилий в келловей-оксфордских отложениях Западно-Сибирского бассейна как отражение цикличности седиментогенеза // Геология и геофизика. - 2011. - Т. 52 (№ 10). - С. 1517-1537.

Coates L., MacEachern J.A. The Ichnological signatures of river- and wave-dominated delta complexes: differentiating deltaic from non-deltaic shallow marine successions, Lower Cretaceous Viking Formation and Upper Cretaceous Dunvegan Formation, West-Central Alberta. SEPM Society for Sedimentary Geology. 2007. Vol. 52, pp. 227-254. DOI: [10.2110/pec.07.52.0227](https://doi.org/10.2110/pec.07.52.0227)

Ichnology and Sedimentology of Shallow to Marginal Marine Systems: Ben Nevis & Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin / S.G. Pemberton, M. Spila, A.J. Pulham, T. Saunders, J.A. MacEachern, D. Robbins, I.K. Sinclair. Geological Association of Canada Short Course Notes, 2001. - Vol. 15. - 343 p.

Knaust D. Atlas of trace Fossils in well core: appearance, taxonomy and interpretation. - Springer, 2017. - 209 p.

Kudamanov A.I., Karikh T.M.

Tyumen Petroleum Research Center LLC, Tyumen, Russia, aikudamanov@tnnc.rosneft.ru, tmkarikh@tnnc.rosneft.ru

SYNSEDIMENTARY DELTA DEFORMATIONS - AS AN EXAMPLE OF THE NIZHNE KHETA FORMATION OF THE SUZUN AREA OF WESTERN SIBERIA

Certain aspects of deformations in delta settings synchronous with sedimentation are considered on the example of the Berriasian-Valanginian productive level NK-1 of the Lower Cretaceous of the West Siberian plate. According to the core study, in the sandstones of the deltaic lobe, two systems (by layering and in a cross) of flat segregations of clay material were established. In modern settings, deformations of non-tectonic origin are described that occur during the accumulation of sandy material in the depocenter of the delta. The rapid accumulation of large masses of delta sands on undercompacted clays of the prodelta leads to liquefaction and "superfluidity" of clays. The uneven subsidence of the sand blade is accompanied by its bending and the formation of scaly stratification and sheer fissure-like decompaction zones oriented along the coastline. Liquefied clays are introduced along the deformation zones, forming a vein-like filling. Similar non-tectonic deformations have been established in coastal cliffs that have exposed rocks of the Carboniferous, Triassic, and Cretaceous.

Keywords: Lower Cretaceous sedimentation, delta depocenter, clay liquefaction, Nizhne Kheta Formation, Suzun area, Western Siberia.

References

Cherdantseva D.A. *Geologicheskoe stroenie i usloviya formirovaniya nizhnemelovykh neftegazonosnykh otlozheniy Lodochnogo vala* [Geological structure and formation conditions of the Lower Cretaceous oil and gas bearing strata of Lodochny High]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk, Tomsk, 2022, 23 p.

Chernova O.S. *Sedimentologiya rezervuara* [Reservoir sedimentology]. Tomsk: Izd-vo TsPPS ND, 2009, 250 p.

Coates L., MacEachern J.A. The Ichnological signatures of river- and wave-dominated delta complexes: differentiating deltaic from non-deltaic shallow marine successions, Lower Cretaceous Viking Formation and Upper Cretaceous Dunvegan Formation, West-Central Alberta. In J.A. MacEachern, K.L. Bann, M.K. Gingras, S.G. Pemberton (Eds.), *SEPM Short Course Notes*. SEPM Society for Sedimentary Geology. 2007, vol. 52, pp. 227-254. DOI: [10.2110/pec.07.52.0227](https://doi.org/10.2110/pec.07.52.0227)

Geoportal YuGRA AU «Nauchno-analiticheskiy tsentr ratsional'nogo nedropol'zovaniya im. V.I. Shpil'mana» [Geoportal YUGRA AE «V.I. Shpilman research and analytical centre for the rational use of the subsoil»]. <https://maps.crru.ru/smaps/cmViewer.php>

Ichnology and Sedimentology of Shallow to Marginal Marine Systems: Ben Nevis & Avalon Reservoirs, Jeanne d'Arc Basin / S.G. Pemberton, M. Spila, A.J. Pulham, T. Saunders, J.A. MacEachern, D. Robbins and I.K. Sinclair. Geological Association of Canada Short Course Notes, 2001, vol. 15, 343 p.

Knaust D. *Atlas of trace Fossils in well core: appearance, taxonomy and interpretation*. Springer, 2017, 209 p.

Kolpenskaya N.N., Nizyaeva I.S., Taninskaya N.V., Shimanskiy V.V., Bakuev O.V., Naydenov L.F. *Obstanovki osadkonakopleniya produktivnykh gorizontov verkhneyurskikh i nizhnemelovykh otlozheniy vostochnogo borta Bol'shekhetskoy vpadiny Zapadno-Sibirskoy plity* [Sedimentary environments of the productive levels of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous strata of the eastern side of the Bolshe Kheta depression of the West Siberian Plate]. *Geologiya nefi i gaza*, 2014, no. 6, pp. 2-10.

Kudamanov A.I. *Geologicheskoe stroenie i usloviya formirovaniya otlozheniy valanzhina na primere produktivnykh plastov Surgutskogo svoda Zapadno-Sibirskoy plity* [Geological structure and conditions for the formation of Valanginian strata on the example of productive levels of the Surgut

dome of the West Siberian Plate]. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk, Tomsk: TGU, 2007, 194 p.

Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii [Depositional environments and facies]. Editor Kh. Reding. Moscow: Mir, 1990, vol. 1, 352 p., vol. 2, 384 p.

Reshenie 5-go mezhhvedomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po mezozoyskim otlozheniyam Zapadno-Sibirskoy ravniny [Decision of the 5th interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Mesozoic strata of the West Siberian Plain]. Tyumen': ZapSib-NIIGNI, 1991, 54 p.

Rozbaeva G.L. *Detal'naya litologo-fatsial'naya model' otlozheniy nizhnekhetskoy svity v Suzunskom NGR (Zapadnaya Sibir')* [Detailed lithofacies model of the Nizhne Kheta Formation in the Suzun petroleum bearing region (Western Siberia)]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk, Tyumen', 2014, 16 p.

Yan P.A., Vakulenko L.G. *Smena sostava ikhnofossilii v kellovey-oksfordskikh otlozheniyakh Zapadno-Sibirskogo basseyna kak otrazhenie tsiklichnosti sedimentogeneza* [Changes in the composition of Ichnofossils in the Callovian-Oxfordian strata of the West Siberian Basin as a reflection of the cyclicity of sedimentogenesis]. *Geologiya i geofizika*, 2011, vol. 52, no. 10, pp. 1517-1537.

© Кудаманов А.И., Карих Т.М., 2023

