

УДК 553.98(98)

## Седиментационно-емкостная модель юрских отложений Гыданской и Енисей-Хатангской (западная часть) нефтегазоносных областей

А.П. Афанасенков<sup>1</sup>, Т.Е. Ермолова<sup>1\*</sup>, И.А. Мушин<sup>1</sup>, Б.К. Фролов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ВНИГНИ), Российская Федерация, 105118, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 36

\* E-mail: ermolova@vniigni.ru

**Тезисы.** Важнейшим элементом оценки ресурсного потенциала слабоизученных территорий северного обрамления Сибирской платформы является прогноз распространения коллекторов нефтегазоносных комплексов. Так, седиментационный анализ юрского продуктивного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) по данным изучения керна и интерпретация результатов геофизических исследований скважин позволили выделить генетические типы отложений. Проведена типизация разрезов скважин. Разработанная авторами седиментационно-емкостная модель юрских отложений отражает последовательную смену типов разреза от основных областей размыва к областям аккумуляции осадочного материала: от комплекса отложений аллювиально-дельтовой равнины к отложениям дельтового склона и разным зонам мелководного шельфа. Во всех продуктивных горизонтах улучшенные коллекторы приурочены к дельтовым отложениям: палеоруслам и конусам выноса субаэральных частей дельт (средневзвешенная пористость отложений мальшевского горизонта – 12–16 %), фронтальным отмелям и барам субаквальных частей дельт (пористость – 15–20 %), конусам выноса в пределах дельтового склона (пористость – 15–16 %). В группе мелководного шельфа наиболее высокие коллекторские свойства отложений связаны с песчаными фациями пляжей, отмелей, кос (пористость – 16–18 %).

По данным 2D-сейсморазведки и синтетического сейсмического регионального куба выделены сейсмофации и построены карты седиментационных зон, отражающие районирование территории по типам разреза с разным генезисом и свойствами коллекторов. Улучшенные коллекторы дельтового генезиса (отложения палеорусел, фронтальных отмелей) тяготеют к зонам сопряжения ЕХРП с Таймырской и Северо-Сибирской моноклизами. Впервые установлено широкое площадное распространение в юрских отложениях авандельтовых конусов выноса. Они приурочены к центральной и склоновым частям ЕХРП, ранее считавшимся малоперспективными для поиска залежей. В отложениях надояхского горизонта нижней юры выделены многочисленные зоны песчаных пляжей и отмелей, что увеличивает перспективы этого горизонта.

Карты седиментационных зон использованы для оценки ресурсного потенциала продуктивных горизонтов. В соответствии с седиментационно-емкостным районированием территории ЕХРП выполнено ранжирование локальных объектов структурного типа, выделенных ООО НПЦ «Геостра» по данным 2D-сейсморазведки. Первоочередными объектами являются локальные поднятия в зонах распространения наиболее высокочемких коллекторов дельтового и авандельтового комплексов. Карты седиментационных зон продуктивных горизонтов могут служить основой для постановки детальных исследований, направленных на выявление и локализацию перспективных объектов неантиклинального типа.

Важнейшим элементом оценки ресурсного потенциала слабоизученных территорий северного обрамления Сибирской платформы является прогноз распространения коллекторов нефтегазоносных комплексов. С целью выявления региональных закономерностей распространения коллекторов юрских отложений разработана седиментационно-емкостная модель западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба (ЕХРП) и сопредельной с ним территории Западно-Сибирской плиты (Гыданская нефтегазоносная область (НГО)), построены карты седиментационных зон продуктивных горизонтов юры, отображающие распространение отложений разных генетических типов.

В целом юрский комплекс отложений представляет собой крупный трансгрессивный циклит, состоящий из трансгрессивно-регрессивных циклитов более мелкого порядка. С этапами регрессивного развития связано формирование коллекторов (зимний, шараповский, надояхский горизонты нижней юры, вымский и мальшевский

**Ключевые слова:** прогноз нефтегазоносности, Енисей-Хатангский региональный прогиб, седиментационно-емкостная модель юрских отложений, сейсмофация, карта седиментационных зон, районирование территории по типам разреза.

горизонты средней юры, сиговский горизонт верхней юры). С этапами трансгрессивно-го развития связано формирование покрывок (левинский, китербютский, лайдинский, лентьевский, точинский и яновстанский горизонты). Основным объектом исследований являются отложения малышевского горизонта (батский ярус), вскрытые большинством скважин. Представительность данных бурения и, соответственно, геофизических исследований скважин (ГИС) снижается по мере углубления по разрезу.

В основу седиментационной модели положены результаты изучения керна, интерпретации данных ГИС и сейсморазведки.

### Типизация разреза юрских отложений

С целью создания типовой седиментационной модели юрских отложений проведена типизация разрезов скважин с упором на отложения малышевского горизонта как наиболее изученного по данным бурения. Типизация основана на результатах изучения керна, ГИС (использованы значения общей и эффективной мощности, песчаности, пористости), испытаний скважин. Названия типов разреза выбраны исходя из генезиса характерных песчаных тел.

Выделены четыре группы юрских отложений: 1) прибрежной аллювиально-дельтовой равнины; 2) дельтового склона (рис. 1); 3) мелководного шельфа (рис. 2, 3); 4) глубоководного шельфа.

**1. Группа аллювиально-дельтовых отложений** представлена отложениями субаэральной (см. рис. 1а,б – малышевская свита, скв. 5 Дерябинская, глубина 3318–3329 м) и субаквальной (см. рис. 1в – то же, глубина 3318–3329 м; г – сиговская свита, скв. 1 Горчинская, глубина 2898,9–2913 м) частей дельты. Первые установлены в скважинах северной прибортовой зоны ЕХРП и включают два типа разреза:

- *отложения дельтовых русел и конусов выноса* (тип 1, см. рис. 1а). По данным керна, разрезы сложены мелко- и среднезернистыми кварц-полевошпатовыми песчаниками с неясной крупной косою слоистостью. На плоскостях наложения присутствует углефицированный растительный детрит крупных размеров. В основании малышевского горизонта отмечены прослойки галечников, образованных окатанными обломками аргиллитов. Вверх по разрезу зернистость уменьшается, появляются прослойки темно-серых алевролитов, редкие окисленные включения железосодержащих минералов

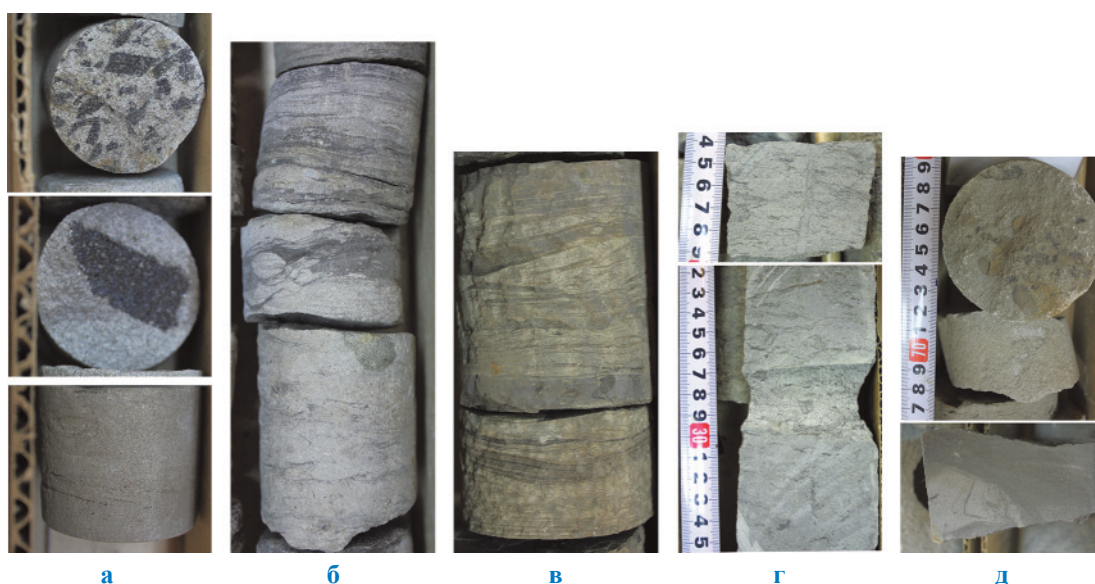


Фото А.Б. Зорина

**Рис. 1. Отложения субаэральной (а, б), субаквальной (в, г) и склоновой (д) частей дельты: а – русловые; б – пойменные; в – песчаной отмели во фронтальной части дельты; г – лагун и интрадельтовых заливов; д – авандельтовых конусов выноса (а, б, в – малышевская свита, скв. 5 Дерябинская, глубина 3318–3329 м; г – сиговская свита, скв. 1 Горчинская, 2898,9–2913 м; д – малышевская свита, скв. 318 Южно-Носковская, 4185–4200 м)**

и тонкие железные корки, фиксирующие поверхность перерывов.

Мощность малышевского горизонта варьирует от 115 до 205 м, эффективная толщина коллекторов – от 19 до 40 м, доля коллекторов в разрезе не превышает 20 %, средне-взвешенная пористость колеблется в диапазоне 11,6–16,2 %. Кривые потенциалов самопроизвольной поляризации (кривые ПС) на каротажных диаграммах отражают трансгрессивную направленность в изменении гранулометрического состава (уменьшение зернистости снизу вверх по разрезу). На Хабейской площади в пласте Мл-1 открыта газовая залежь, дебит газа при испытании скв. 1 составил до 134,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут;

- *дельтовые пойменные отложения* (тип 2, см. рис. 1б) – межрусловые. Представлены крайне неравномерным переслаиванием песчаников, алевролитов и глинистых алевролитов, пиритизированных известковистых с прослоями угля и обильными обугленными растительными остатками, в том числе крупных размеров. Текстура – от неправильноволнистой и линзовиднослойной до пятнистой, изредка нарушенная биотурбацией (присутствуют ходы илоедов). Пойменные отложения охарактеризованы по данным ГИС в скв. 4 Сузунской. Мощность малышевского горизонта составляет 294 м, доля эффективных коллекторов в разрезе – всего 7 %, пористость – 13 %. При испытании скважины получен приток газа дебитом 5 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

В субаквальной подгруппе также рассмотрены два типа разреза:

- *отложения баров и отмелей фронтальной части дельт* (тип 3, см. рис. 1в). Представлены песчаниками светло-желтовато-серыми мелкозернистыми (неравномерное горизонтально-косослоистое переслаивание – см. светлые косые слойки и линзы) и глинистыми алевролитами темно-коричнево-серыми (см. темные прослои). Сочетание косой и горизонтальной слоистости свидетельствует о неустойчивой гидродинамике в пределах внешнего края дельты, обусловленной как течениями, так и волновыми процессами. Эти разрезы приурочены к Танамско-Малохетскому мегавалу (площади Долганская, Малохетская, Суходудинская и др.). В пределах северной бортовой зоны они изучены в скважинах Дерябинской площади.

Мощность малышевского горизонта меняется от 46 до 250 м, уменьшаясь к областям и локальным участкам размыва. Эффективная толщина коллекторов колеблется в диапазоне 26–127 м, песчаность очень высокая (25–85 %), средне-взвешенная пористость варьирует от 15 до 20 %. Кривые ПС на каротажных диаграммах отражают регрессивную (увеличение зернистости снизу вверх по разрезу) или трансгрессивно-регрессивную (коробчатая форма кривой ПС) направленность в изменении гранулометрического состава. На Зимней площади открыта залежь газа: в скв. 1 и 2 при испытании получены притоки газа дебитом 133,6 и 185,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут соответственно. В других скважинах получены притоки воды дебитом 11,7–720 м<sup>3</sup>/сут. Таким образом, данный тип разреза потенциально является высокопродуктивным;

- *тиховодные отложения лагун и внутридельтовых заливов* (тип 4, см. рис. 1г). Представлены переслаиванием сильно пиритизированных, прослоями слюнистых и углисто-средне-мелкозернистых глинистых песчаников, алевропесчаников, алевролитов и аргиллитов с тонкими пропластками черных блестящих углей и углистых сланцев. Песчаники биотурбированные, линзовидно-комковатой текстуры, с субгоризонтальной и неясной косой слоистостью и остатками корней растений.

Разрез лагунного типа пройден скв. 1 Горчинской площади. По данным ГИС, мощность малышевского горизонта составляет около 300 м, эффективных коллекторов – 25 м, доля коллекторов в разрезе – менее 10 %, пористость низкая (10,3 %). Как и для разреза пойменного типа (см. тип 2), кривые ПС и гамма-каротажа (ГК) слабо дифференцированы, отрицательные аномалии плохо выражены.

**2. В группе дельтового склона** выделены *отложения авандельтовых конусов выноса* (тип 5, см. рис. 1д). Их наличие установлено в скважинах на погруженных склонах и во впадинах ЕХРП. По данным керн, для них характерны песчаники серые крупно- и среднезернистые с окатанными обломками гравийной и мелкогалечной размерности коричнево-серых пород глинисто-алевритового состава, массивно-косослоистые. Послойно присутствует мелкий растительный детрит. Отличительными чертами склоновой части авандельтовых конусов выноса являются оползневые текстуры, разрывы слойков и микроскладчатость.

Общая мощность мальшевского горизонта в данном случае достигает более 300 м, эффективная толщина коллекторов в целом больше (50–63 м), чем в разрезах дельтовых типов 1 и 2, доля коллекторов составляет 20–30 % общей мощности разреза. Кривые ПС на каротажных диаграммах, как и в случае отложений 1-го типа (дельтового руслового), отражают трансгрессивную направленность в изменении гранулометрического состава, но имеют менее выраженную отрицательную аномалию записи. Средневзвешенная пористость, по данным ГИС, варьируется от 14,8 до 16 %. В скв. 318 Южно-Носковской площади отмечаются слабые нефтепроявления. Таким образом, с учетом большой мощности коллекторов, песчаные отложения авандельтовых конусов выноса являются перспективными поисковыми объектами.

**3. Группа отложений мелководного шельфа** представлена подгруппами волновых (рис. 2), тиховодных и подводно-флювиальных отложений (рис. 3).

Волновая подгруппа включает отложения литорали и сублиторали с глубиной бассейна до 15 м:

- *фоновые, наиболее мелководные отложения литорали и сублиторали* (тип 6, см. рис. 2а) представлены частым переслаиванием тонкозернистых песчаников, алевролитов и глинистых алевролитов. Характерна

горизонтальная и слабонаклонная, часто прерывистая, косоволнистая слоистость.

Общая мощность отложений колеблется от 120 до более 200 м, эффективные коллекторы отсутствуют (скв. 279 Утренняя) или составляют не более 15 % общей мощности, пористость крайне низкая (9 %). При испытании получены слабые притоки пластовой воды: в скв. 1 Турковской – 1–1,6 м<sup>3</sup>/сут, в скв. 33 Южно-Соленинской – 1,2–6,7 м<sup>3</sup>/сут.

- *отложения прибрежных отмелей и пляжей* (тип 7, см. рис. 2б–г) в керне скв. 1 Ушаковской представлены пачкой светло-серых алевролитистых песчаников, от массивных до горизонтально-тонкослоистых (см. б, в), с вертикальными ходами роющих организмов (см. б), прерывистой слоистостью, обусловленной намывами углефицированного растительного детрита, прослоями косослоистых разностей (см. г). Присутствуют тонкие линзочки бурого угля, остатки корней. Неравномерное линзовидно-косослоистое переслаивание тонкозернистого песчаника и глинистого алевролита (рябь течения), вертикальные обрывки ризоидов (корней) свидетельствуют о крайнем мелководье и периодическом осушении осадка.

Мощность мальшевского горизонта составляет около 300 м, эффективная толщина коллекторов 55 м (18 % общей мощности). Пористость, по данным ГИС, оценивается в 18 %. Кривые ПС на каротажных диаграммах

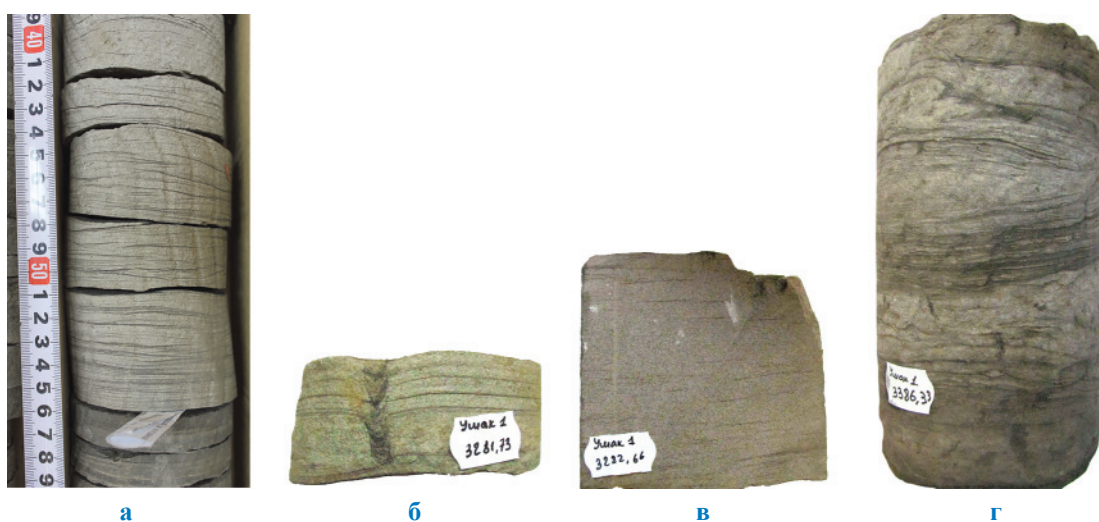


Фото А.Б. Зорина (а), ООО НПЦ «Геологоразведка» (б–г)

**Рис. 2. Отложения литорали и сублиторали (мальшевская свита) с глубиной бассейна до 15 м: а – фоновые, наиболее мелководные (скв. 1 Турковская); б–г – прибрежных отмелей и пляжей (скв. 1 Ушаковская). Глубина, м: 3340,2–3356,1 (а); 3281,7 (б); 3282, 7 (в); 3286,3 (г)**



Фото: ООО НПЦ «Геологоразведка» (а, б), А.Б. Зорина (в, г)

**Рис. 3. Тиховодные и подводно-флювиальные отложения: а, б – отмелей, временных островов; в, г – песчаных кос. Малышевская свита, скв. 51 Аномальная, глубина 3779,4–3797,8 м (а, б); сиговская свита, скв. 8 Озерная, глубина 3501–3508 м (в, г)**

трансгрессивно-регрессивного типа. При испытании получен слабый приток пластовой воды из пласта Мл-III.

*Отложения отмелей и временных островов* (тип 8, см. рис. 3а, б) пройдены скважинами, пробуренными на западе Танамско-Малохетского мегавала. По данным изучения керна, они представлены неравномерным переслаиванием песчаников, алевропесчаников, аргиллитов, углистых аргиллитов, алевролитов с пропластками черного угля мощностью от 1–2 мм до 20 см (скв. 310 Нанядинская, скв. 51 Аномальная и др.). Песчаники светлого и серого цвета, мелкозернистые, прослоями среднезернистые, пористые, слоистые. Слоистость тонкая горизонтальная, косая, линзовидная. Породы карбонатизированы в форме пятен, прослоев. Аргиллиты от темно-серого до черного цветов, плотные, сильно углефицированные, переходящие в уголь, с многочисленными включениями детрита (характерна тонкая субгоризонтальная и слабонаклонная косослоистая текстура, знаки волновой ряби, цемент глинистый и глинисто-карбонатный). Слоистость нарушена биотурбацией с образованием неправильно-линзовидных и, реже, комковатых текстур. На поверхностях напластования присутствуют скопления обугленного растительного детрита, иногда слюды, отмечается брекчиевидная текстура, связанная, возможно, с периодическим осушением и образованием

трещин усыхания. Присутствует слюда, встречаются единичные корешки растений толщиной до 2 мм (см. рис. 3б).

Общая мощность малышевского горизонта меняется от 194 до 304 м, эффективная толщина коллекторов варьирует в широких пределах (14,5–51 м), доля коллекторов также изменчива и составляет 7–26 % от мощности разреза (средняя по типу – 16 %), пористость – 13,9–15,9 %. Характерна сильно изрезанная пилообразная форма кривых ПС и ГК. При испытании скв. 51 Аномальной (пласт Мл-I) и скв. 1 Паютской притоков флюида не получено, из пласта Мл-IV в скв. 51 Аномальной получен приток пластовой воды дебитом 0,1 м<sup>3</sup>/сут, в скв. 15 Пеляткинской – 27 м<sup>3</sup>/сут.

В подводно-флювиальной подгруппе выделены *отложения вдольбереговых морских течений* (кос, отмелей) (тип 9, см. рис. 3в, г). Они приурочены к Рассохинскому валу. Для этого типа характерно равномерное переслаивание песчаников, алевролитов, аргиллитов. Песчаники мелкозернистые и мелко-среднезернистые с тонкой волнистой и косоволнистой разнонаправленной слоистостью, алевролитовые кварц-полевошпатовые, прослоями глинистые, слюдяные, участками слабо-известковистые с прослоями тонкозернистого песчаного известняка. Серии мощностью 5–20 мм запечатаны слойками коричнево-черного аргиллита. Присутствуют включения

(до 2 см) антраконита, обтекаемые слоистой. Иногда наблюдаются вертикальные тонкие трещины, выполненные белым кальцитом. Прослоями присутствует многочисленный детрит и редкая фауна пелеципод.

Общая мощность малышевского горизонта колеблется от 213 до 410 м, эффективная мощность коллекторов – от 89 до 117 м, что составляет 26–42 % общей мощности малышевского горизонта. Средневзвешенная пористость – 18 %. Разрез имеет циклическое строение, на каротажных диаграммах кривые ПС сильно изрезаны, отмечается регрессивный характер строения мелких циклитов. В результате испытаний из пластов Мл-I – Мл-IV получены притоки пластовой воды дебитом 163–276 м<sup>3</sup>/сут. В скв. 2 Джангонской и скв. 8 Озерной отмечены слабые притоки газа.

В фоновых относительно более глубоководных (15–30 м) отложениях сублиторали (тип. 10) преобладают алевролиты, песчаные пропластки отсутствуют или очень маломощны (Тотояхинская, Семаковская, Западно-Мессояхская площади). Общая мощность малышевского горизонта на западе и юге исследуемой территории (Тотояхинская, Семаковская, Западно-Мессояхская площади) превышает 300 м.

Отложения внутришельфовых впадин глубиной более 30 м относятся к *нефелюидному шельфовому типу* (тип 11), так как формировались в тиховой среде за счет гравитационной садки наиболее тонких частиц, достигающих удаленных от источников сноса частей бассейна. В их составе преобладают алевролиты, глинистые алевролиты и аргиллиты. По данным керна скв. 318 Южно-Носковской площади, аргиллиты алевроитовые, хлорит-гидрослюдистые, тонколинзовидные, неяснослоистые, слабо пиритизированные и сидеритизированные. Алевролиты разнозернистые, прослоями крупнозернистые с глинисто-слюдистым цементом. Отложения частично пройдены скв. 441 Ямбургской на юго-западе рассматриваемой территории. Вскрытая мощность малышевского горизонта – 135 м, из которых эффективные коллекторы составляют 21 м, средневзвешенная пористость коллекторов оценивается в 15,6 %.

**4. Группа отложений глубоководного шельфа** представлена битуминозно-глинистыми породами баженовской свиты (аналога яновстанского горизонта), распространенной на западе в пределах Гыданской НГО. По сути,

данный тип отложений является фондоформной (депрессионной) частью яновстанской клиноформы. Характерны высокие показания ГК.

### Седиментационно-емкостная модель

Седиментационно-емкостная модель отображает непрерывную естественную последовательную смену генетических типов отложений как по разрезу, так и по латерали – от основных областей размыва к областям окончательной аккумуляции осадочного материала – в соответствии с общепринятыми классификациями [1–3].

На рис. 4 представлена седиментационно-емкостная модель юрских отложений западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба в виде палеоразреза, ориентированного с юга на север таким образом, что профильная линия пересекает почти все выделенные в соответствии с проведенной типизацией разрезов скважин седиментационные зоны юрского бассейна (рис. 5). Модель основана на данных изучения керна, интерпретации материалов ГИС, в том числе детальной послойной корреляции разрезов скважин; включает графики изменения расчетных параметров по направлению палеоразреза (рис. 6), таких как коэффициенты песчаности (доля эффективных коллекторов в разрезе), пористости, общей мощности малышевского горизонта. При построении модели учтены результаты региональных литолого-палеогеографических реконструкций, проведенных предшествующими исследователями [4, 5].

По данным бурения и сейсморазведки (ООО НПЦ «Геостра») установлены две основные области отсутствия юрских отложений, расположенные на севере и юго-востоке исследуемой территории. Каждая из них включает выступы доюрского основания, являвшиеся главными источниками сноса терригенного материала, и зоны постседиментационного размыва, формировавшиеся на этапах максимальной регрессии. На модели симметрично от крупных зон размыва к областям аккумуляции (бортовые и центральная зоны Енисей-Хатангского регионального прогиба с осложняющими его валами) проведено последовательное размещение разрезов скважин, характеризующих субаэральную и субаквальную части аллювиально-дельтовой равнины, дельтовый склон, а также обстановки мелководного шельфа (литорали, сублиторали, внутришельфовых

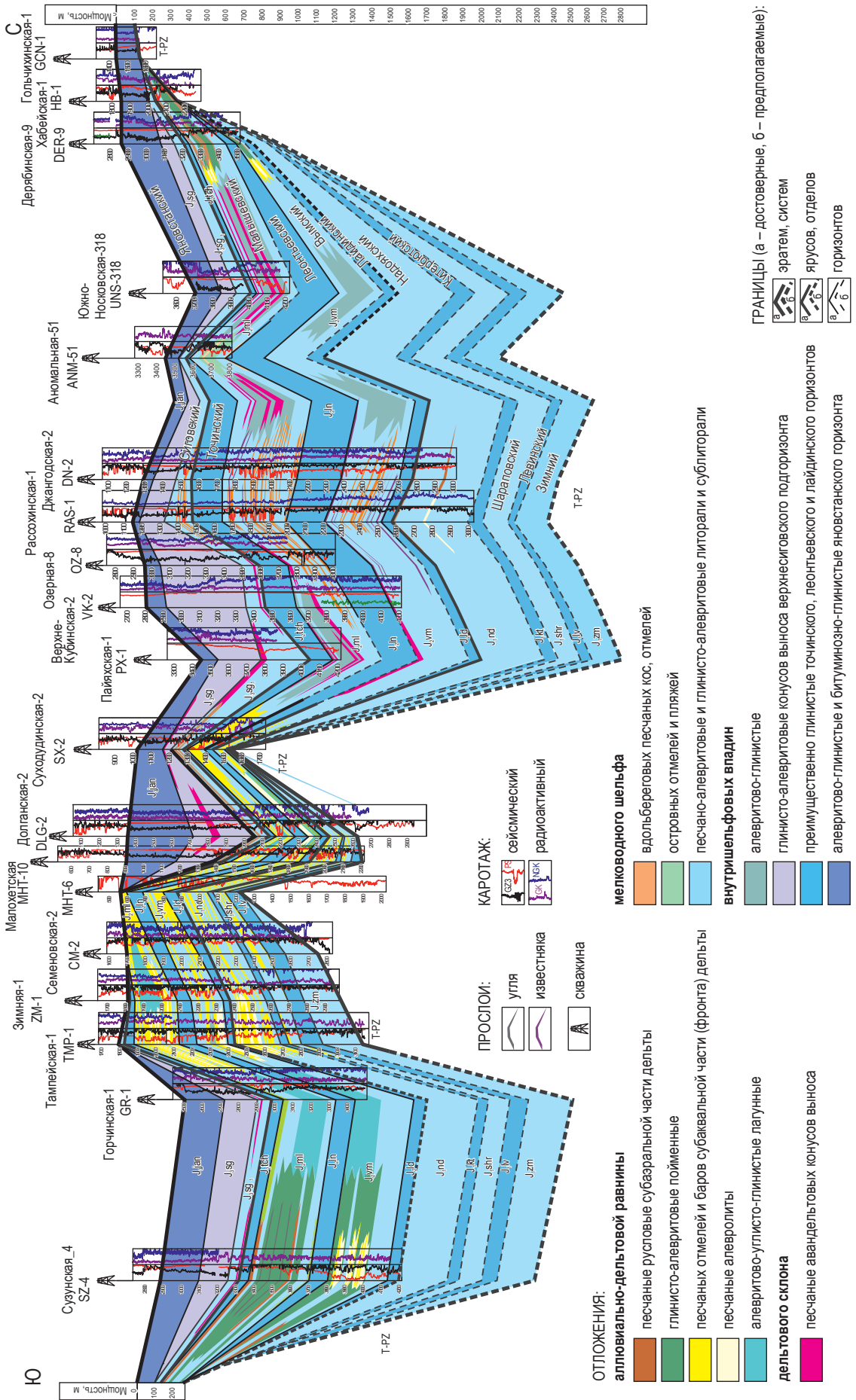
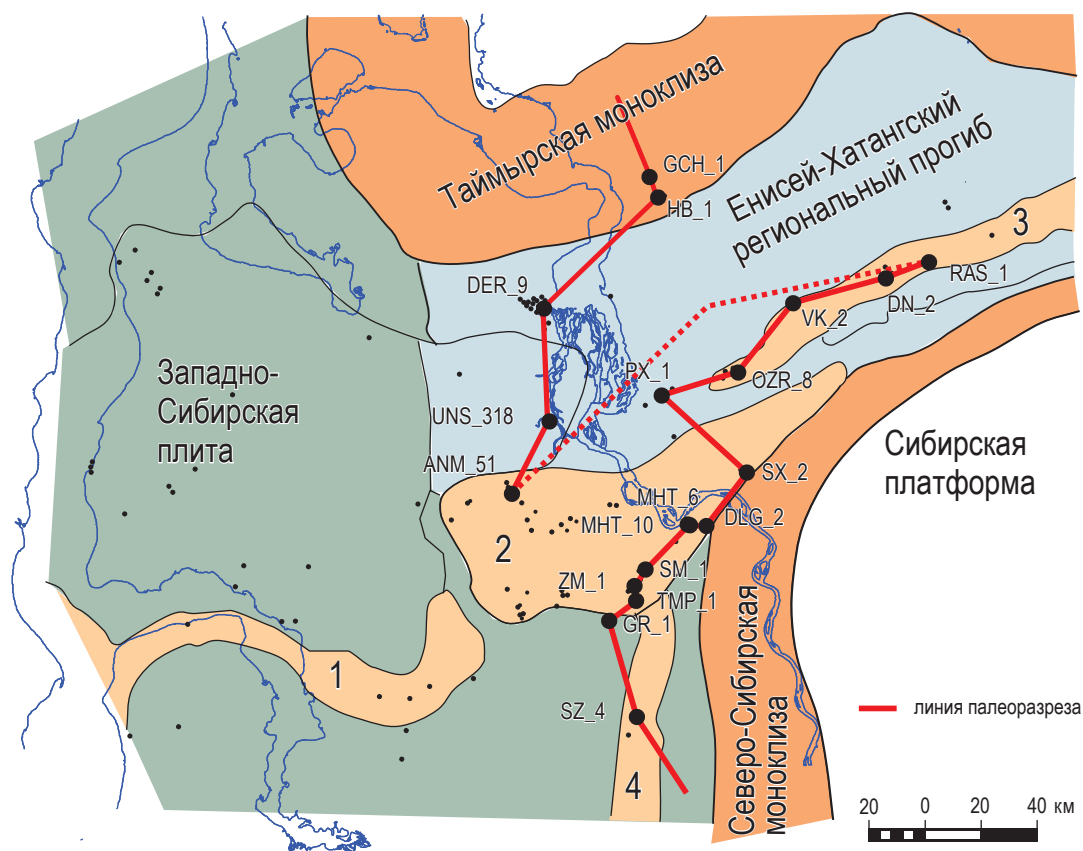


Рис. 4. Седиментационно-емкостная модель юрских отложений Гыданской и западной частей Енисей-Хатангской НГО



**Рис. 5. Обзорная карта расположения скважин и линия палеоразреза:**

1 – Мессояхский мегавал; 2 – Танамско-Малохетский мегавал; 3 – Рассохинский мегавал; 4 – Сузунско-Ванкорский вал

впадин). Границы седиментационных зон проведены в соответствии с наблюдаемыми на графиках резкими скачками значений расчетных параметров (см. рис. 4).

В пределах прибортовых зон разрезы скважин имеют сокращенную стратиграфическую полноту, соответствующую трансгрессивно-му характеру юрского цикла осадконакопления. Среднеюрские разрезы здесь представлены отложениями аллювиально-дельтовой равнины с чередованием субаэральных и субаквальных пойменных, русловых фаций и песчаников фронтальных отмелей (Хабейская, Дерябинская, Сузунская площади).

В разрезах Танамско-Малохетского мегавала мощность отложений юрского комплекса резко уменьшается, в том числе малышевского горизонта – от 300 до 150–40 м, что свидетельствует о выраженности палеовала в рельефе дна бассейна и его влиянии на распределение осадков. К этой же зоне приурочена наибольшая песчаность отложений малышевского горизонта (до 73–85 %). По всей вероятности, преобладание песчаников

в разрезе обусловлено активными волновыми процессами во фронтальной части дельтовой платформы с формированием отмелей и баров. Резкие скачки песчаности (падение до 25–9 %) в прибортовых зонах связаны с существованием или периодическим возникновением условий лагуны и внутридельтовых заливов.

Максимальная мощность малышевского горизонта (до 410 м), по данным бурения, отмечается в пределах Рассохинского вала. По всей видимости, это обусловлено формированием крупных аккумулятивных песчаных тел – кос, отмелей – на продолжении активно размываемого в батское время Тундрово-Волочаевского выступа и их чередованием с авандельтовыми конусами выноса, образующимися на продолжении рек Сибирской суши.

Следует отметить крайне слабую изученность центральной части ЕХРП. В пределах Центрально-Таймырского желоба и его продолжения на запад в пределы Западно-Сибирской плиты малышевские отложения вскрыты единичными скважинами и не на полную мощность. Они показывают





«РегионСейс 3D» [6]. На временных разрезах и их трансформациях идентифицированы сейсмофации разных типов юрских отложений: дельтовые, лагунные, песчаных отмелей и баров, авандельтовых конусов выноса, кос, временных островов и отмелей и др. (рис. 7, 8). Как правило, они интерпретируются на палеоразрезах, выровненных по отражающим горизонтам (ОГ) Bsg или  $T_1$ . На слабо дислоцированных участках выравнивания не проводилось. Генезис отложений подтвержден керном скважин, расположенных в районе интерпретируемых профилей. Сейсмофации, выделяемые на профилях в пределах территорий, не изученных бурением, сопоставлялись с аналогичными сейсмофациями, установленными в районе скважин.

**Дельтовые сейсмофации** приурочены к северной и южной прибортовым зонам ЕХРП. Они выделены во временных интервалах, ограниченных ОГ  $T_1$ – $T_2$  и ОГ  $T_2$ – $T_3$  и соответствующих малышевскому и вымскому горизонтам средней юры (см. рис. 7, А на рис. 8). Данные сейсмофации характеризуются хаотичной, малоамплитудной записью, иногда со слабо выраженными осями синфазности. К дельтовому типу отнесены сейсмофации двух видов: русловые и аккумулятивные песчаных тел фронтальной части дельты. Первые локализованы в пределах узких малоамплитудных прогибов, осложняющих прибортовые зоны ЕХРП. Им свойственны вогнутая форма подошвенного отражения и вогнутая или плоская форма кровельного отражения (см. А на рис. 7). Для сейсмофаций фронтальных отмелей и баров характерны плоская форма подошвенного отражения и выпуклая форма кровельного отражения (см. А на рис. 7).

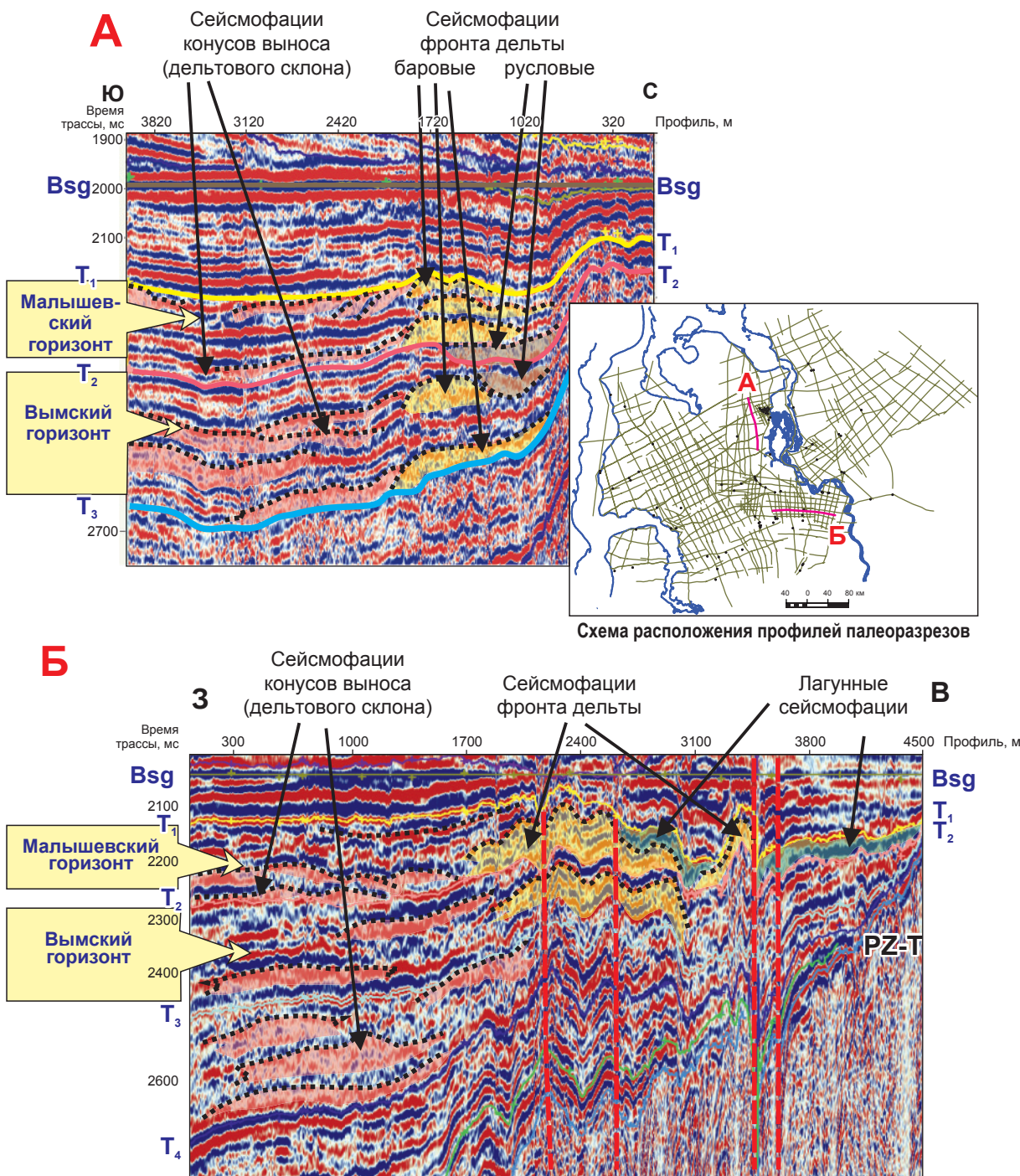
**Лагунные сейсмофации** дельтового комплекса выделены в забаровой зоне в пределах Долганского прогиба, протягивающегося между Сузунским и Малохетским валами и Северо-Сибирской моноклизой. Лагунные сейсмофации на временных разрезах представлены отрицательной фазой, заключенной между положительными осями ОГ  $T_1$  и ОГ  $T_2$  (см. Б на рис. 7).

**Сейсмофации песчаных кос и отмелей** приурочены к Рассохинскому валу и выделяются во временных интервалах ОГ  $T_1$ – $T_2$  и ОГ  $T_2$ – $T_3$  как локальные участки сейсмической записи, на которых отмечается «раздув» временной мощности с появлением дополнительных осей синфазности (см. А на рис. 8).

Для **сейсмофаций подводных авандельтовых конусов выноса** в интервалах, соответствующих отложениям вымского, малышевского и сиговского горизонтов, характерно наличие когерентных слабонаклонных осей синфазности, уменьшение временной мощности соответствующего волнового пакета в сторону областей размыва, иногда до полного выклинивания (прекращения прослеживания осей), и ее увеличение в нижней части склонов ЕХРП (см. рис. 7, 8). Сейсмофации подводных конусов выноса имеют большую протяженность на временных разрезах и их трансформациях. В зависимости от места пересечения конуса выноса с сеймопрофилем отмечается вогнутая или выпуклая форма кровельного отражения. На локальных участках наблюдается удвоение количества осей синфазности (см. рис. 8). На рис. 8 показано выделение крупного аккумулятивного тела в нижней части склона на временном разрезе (см. Б-1) и на производном от него разрезе мгновенных амплитуд (см. Б-2). Авандельтовый генезис подтвержден керном в скв. 318 Южно-Носковской площади.

Таким образом, анализ данных 2D-сейсморазведки показывает, что на значительной территории западной части ЕХРГ, слабо охваченной бурением, юрские отложения представлены подводными авандельтовыми конусами выноса, а в прибортовых зонах – дельтовыми конусами, сменяемыми во фронтальной части песчаными отмелями и барами.

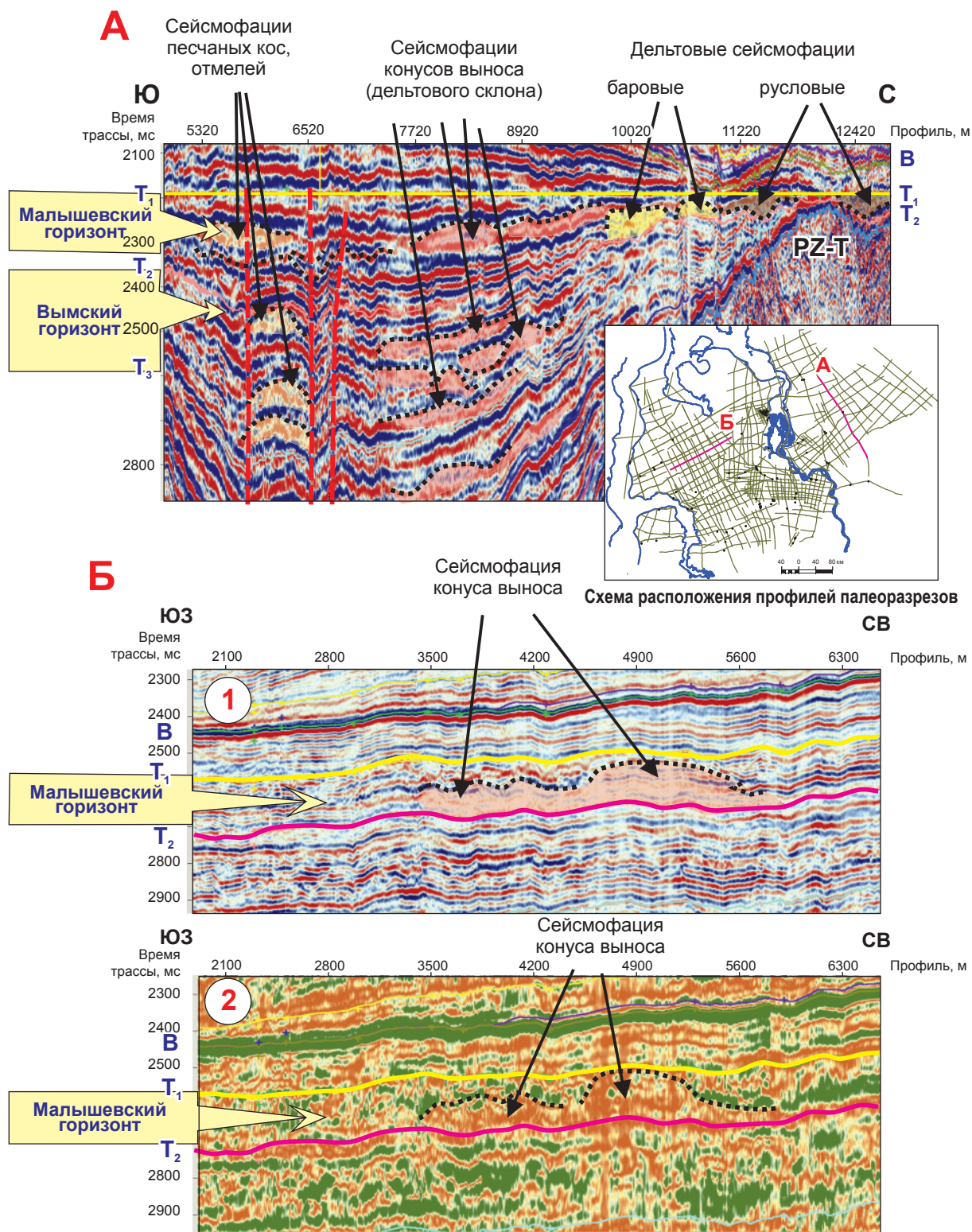
С целью прослеживания границ распространения разных типов отложений (седиментационных зон) юрских резервуаров проведена интерпретация слайсов (горизонтальных срезов) регионального палеокуба. Согласно технологии «РегионСейс 3D» региональный сейсмический куб синтезируется из данных 2D-сейсморазведки. При его построении используется сеть реальных региональных и композитных сеймопрофилей, структурные карты и карты изопахит целевого интервала. Временные разрезы, участвующие в построении синтетического куба, должны пересекать все выявленные на этапе седиментационно-емкостного моделирования седиментационные зоны. Оценка качественных характеристик полученного куба проводится на основе сопоставления виртуальных разрезов с реальными разрезами по совпадающим профилям, прежде всего с контрольными профилями, не участвующими в построении куба.



**Рис. 7. Выделение сейсмофаций дельтового комплекса и подводных авандельтовых конусов выноса в мальшевском и вымском горизонтах на временных палеорезах А и Б**

Для отображения площадной сейсмической неоднородности целевых горизонтов получены слайсы палеокуба на уровнях, входящих в интервалы волновых пакетов целевых горизонтов. Наиболее оптимальными и информативными с точки зрения выделения и прослеживания границ седиментационных зон являются слайсы палеокуба мгновенных фаз. Сейсмическая неоднородность выражена

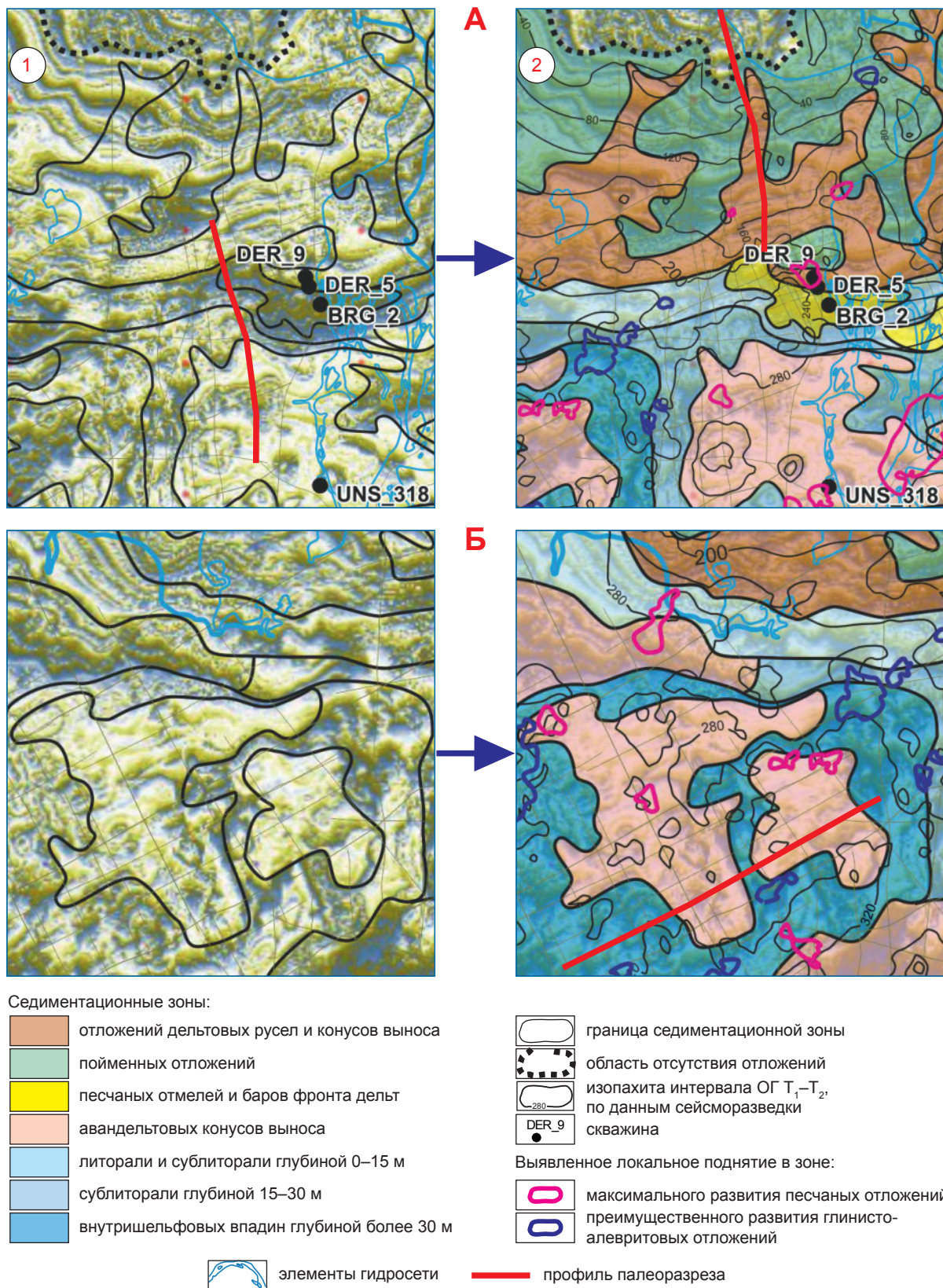
на слайсах палеокуба в виде зон и участков с разным рисунком, в том числе с разной динамической интенсивностью сейсмической записи (рис. 9). К этим зонам и участкам в точках скважин привязаны типы разреза, установленные по данным бурения. Таким образом, зоны с разнотипными сейсмическими записями приобретают геологическое истолкование и переходят в ранг сейсмофациальных зон, а типы



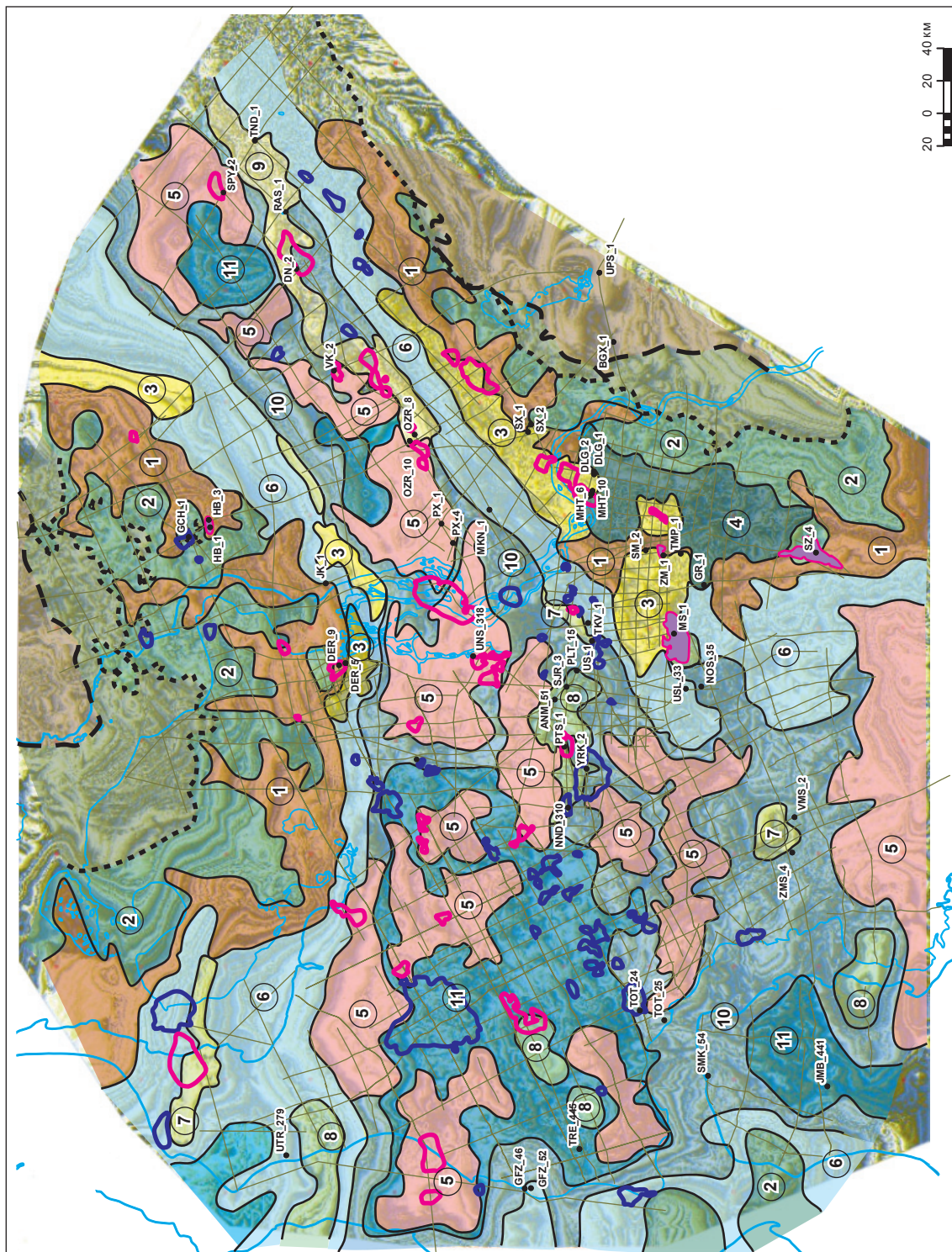
**Рис. 8. Выделение сейсмофаций дельтового комплекса и песчаных кос в мальшевском и вымском горизонтах на временном палеоразрезе А и подводных авандельтовых конусов выноса на временных разрезах А, Б-1 и разрезе мгновенных амплитуд Б-2**

разреза, выявленные по данным бурения, распространяются на всю зону с аналогичной картиной сейсмической записи. Контролируют прослеживание зон разных типов разреза путем

выделения и прослеживания соответствующих сейсмофаций на разрезах 2D-сейсморазведки. Седиментационно-емкостная характеристика, установленная для каждого типа разреза



**Рис. 9. Выделение и прослеживание границ сейсмофаций (седиментационных зон) дельтового комплекса и мелководного шельфа в малышевском горизонте на слайсах регионального палеокуба мгновенных фаз, выровненного по ОГ  $T_1$ . Палеоразрезы: А – 50 мс от границы выравнивания (см. рис. 7); Б – 70 мс от границы выравнивания (см. Б-1 на рис. 8)**



Седиментационная зона:



граница



номер

Отложения:



дельтовые субазральные и субаквальные (1 – русловые, 2 – пойменные глинистые)



песчаники дельтового фронта (баровые)



лагунные алевритово-углисто-глинистые



песчаники и алевриты авандельтовых конусов выноса



литорали и сублиторали (глубина 0–15 м)



реликты пляжей



углисто-песчано-алевритовые отмели и временных островов



песчаных кос и отмелей



сублиторали (глубина 15–30 м)



глинистые внутришельфовых впадин (глубина > 30 м)



область постседиментационного размыва (отложения отсутствуют)



выступ доюрского основания



слайс палеокуба мгновенных фаз

Локальное поднятие (по данным ООО НПЦ «Геостра»):



в перспективной зоне (улучшенный коллектор)



в малоперспективной зоне



месторождение



скважина



сеймопрофиль



элементы гидросети

**Рис. 10. Карта седиментационных зон малышевского горизонта западной части ЕХРП и сопредельной территории Гыданской НГО, построенная на основе слайса палеокуба мгновенных фаз (50 мс от границы выравнивания ОГ Т<sub>1</sub>)**

в скважинах, распространяется на всю сейсмофациальную зону.

В соответствии с описанной технологией построены карты седиментационных зон всех продуктивных горизонтов нижней, средней и верхней юры. Остановимся на характеристике некоторых из них, в первую очередь на карте малышевского горизонта как самого изученного и имеющего наиболее достоверно установленные перспективы нефтегазоносности.

### Карты седиментационных зон. Перспективные зоны и объекты

**Малышевский горизонт.** С целью прослеживания границ распространения разных типов отложений малышевского горизонта проинтерпретированы слайсы палеокуба во временном интервале, ограниченном ОГ Т<sub>1</sub> и Т<sub>2</sub>. На результирующей карте седиментационных зон малышевского горизонта (рис. 10) с севера и юго-востока к центральной части ЕХРП прослежены области отложений аллювиально-дельтовой равнины, дельтового склона и мелководного шельфа.

Отложения *аллювиально-дельтовой равнины* обрамляют зоны размыва на севере и юго-востоке исследуемой территории,

закартированные по данным сейсморазведки (ООО НПЦ «Геостра»). В пределах аллювиально-дельтовой равнины выделены зоны отложений *дельтовых русел и конусов выноса* (см. 1 на рис. 10) и разделяющих их *пойменных (межрусловых) участков* (см. 2 на рис. 10). В субаквальной части дельтовой равнины дельтовые конуса сливаются, образуя протяженные полосы повышенной песчаности, субпараллельные береговой линии. Во фронтальной части дельтового комплекса локализованы участки *песчаных баров и отмелей* (см. 3 на рис. 10). Они наиболее выражены в пределах Малохетского вала, где отделены от берега зоной *лагунных отложений* (см. 4 на рис. 10). К отложениям субаквальной дельты малышевского горизонта приурочена залежь газа на Хабейском месторождении. С фронтальными барями и отмелями связаны залежи газа на Зимнем и Мессояхском месторождениях. При благоприятном структурном факторе и наличии покровов участки палеорусел и дельтовых конусов являются весьма перспективными для поиска новых залежей углеводородов.

В результате интерпретации данных бурения и сейсморазведки впервые установлено широкое распространение на погруженных

бортах и в центральной части ЕХРП отложений *авандельтовых конусов выноса* (см. 5 на рис. 10). Они выделяются на продолжениях наземных и субаквальных частей дельт и имеют веерообразную и конусовидную форму распространения. Эти образования вскрыты единичными скважинами. Между тем, к подводным конусам выноса приурочены улучшенные коллекторы, что существенно увеличивает перспективы локальных поднятий, выявленных по данным сейсморазведки в зонах распространения авандельтовых конусов. Кроме того, по кровле аккумулятивных тел в зоне концентрации песчано-алевритового материала (возможно, обусловленной оползневыми процессами) формируются более крупные и более выраженные поднятия, чем по прослеженной выше кровле ОГ Т<sub>1</sub> (см. Б на рис. 8). Отметим, что в центральной части ЕХРП покрывки над всеми продуктивными горизонтами имеют устойчивый глинистый состав, и в связи с этим они образуют более надежный флюидоупор, чем в прибортовой зоне, приближенной к источникам сноса песчаного материала, что делает эти объекты особенно привлекательными.

*Зоны литорали и сублиторали с глубинами от 0 до 15 м* (см. 6 на рис. 10) опоясывают склоны ЕХРП. По данным исследований скважин, они характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами и рассматриваются в целом как малоперспективные. Однако в их пределах обособлены участки, условно относимые к реликтам *прибрежных песчаных отмелей и пляжей* (см. 7 на рис. 10), которые могут представлять интерес с точки зрения прогноза нефтегазоносности. *Зоны сублиторали с глубинами 15–30 м* (см. 10 на рис. 10) получили распространение на юге, западе и северо-западе рассматриваемой территории. Судя по малочисленным данным бурения, в целом они являются низкоэнергетическими с преобладанием алевритово-глинистых отложений. Исключение составляет линейный участок распространения высокоемких коллекторов, связанный с отложениями *песчаных кос и отмелей* (см. зону 9 на рис. 10). Эти образования приурочены к Рассохинскому мегавалу, представлявшему, по-видимому, в батское (а ранее и вымское) время флексуорообразную ступень на границе мелководного шельфа и внутришельфового прогиба. Несмотря на высокие коллекторские свойства и наиболее высокую по сравнению со всей территорией

мощность точинской покрывки, в скважинах в процессе бурения установлены слабые притоки газа, а при испытании получены лишь очень большие дебиты пластовой воды. Отсутствие скоплений УВ, по-видимому, связано с интенсивной дизъюнктивной дислоцированностью этой линейной зоны.

*Зоны внутришельфовых впадин* глубиной более 30 м (см. 11 на рис. 10) крайне слабо охарактеризованы бурением. Наибольшее распространение они получили на западе исследуемой территории в пределах Гыданской НГО. Их перспективы оцениваются как низкие.

Коллекторы вымского горизонта формировались в сходных условиях. Интерпретация слайсов регионального куба, разрезов 2D-сейсморазведки и данных бурения показала совпадение в общих чертах расположения зон однотипных отложений вымского и малышевского горизонтов.

**Надояхский горизонт.** Отложения надояхского горизонта формировались на завершающем этапе раннеюрского времени в условиях аллювиально-дельтовых равнин, переходной неустойчивой обстановки приливно-отливных равнин и более устойчивого мелководного шельфа. На юго-востоке, востоке и юге территории по данным бурения выделены разрезы дельтового типа (скв. 2 Долганская, скв. 1, 2 Суходудинские, скв. 1 Тампейская и др.). Их общая мощность меняется от 11 до 359 м, эффективная толщина коллекторов достигает 56–77 м, песчаность составляет 20–40 %, пористость колеблется от 13,1 до 16,7 %. В пределах Рассохинского вала (скв. 1 Рассохинская, скв. 2 Джангонская) выделены отложения приливно-отливной равнины, эффективные коллекторы отсутствуют. На юго-западе исследуемой территории в скв. 25 Тотояхинской эффективные коллекторы также не установлены.

С целью прослеживания границ распространения описанных типов разреза надояхского горизонта проведена интерпретация слайсов палеокуба во временном интервале, ограниченном ОГ Т<sub>3</sub>–Т<sub>4</sub>. На полученной карте седиментационных зон надояхского горизонта (рис. 11) показано широкое распространение песчаных отложений *дельтового, возможно, пролювиально-дельтового комплекса*. Дельтовые конусы выделены на юго-востоке, северо-востоке и северо-западе исследуемой территории, они рассматриваются как перспективные зоны обнаружения новых



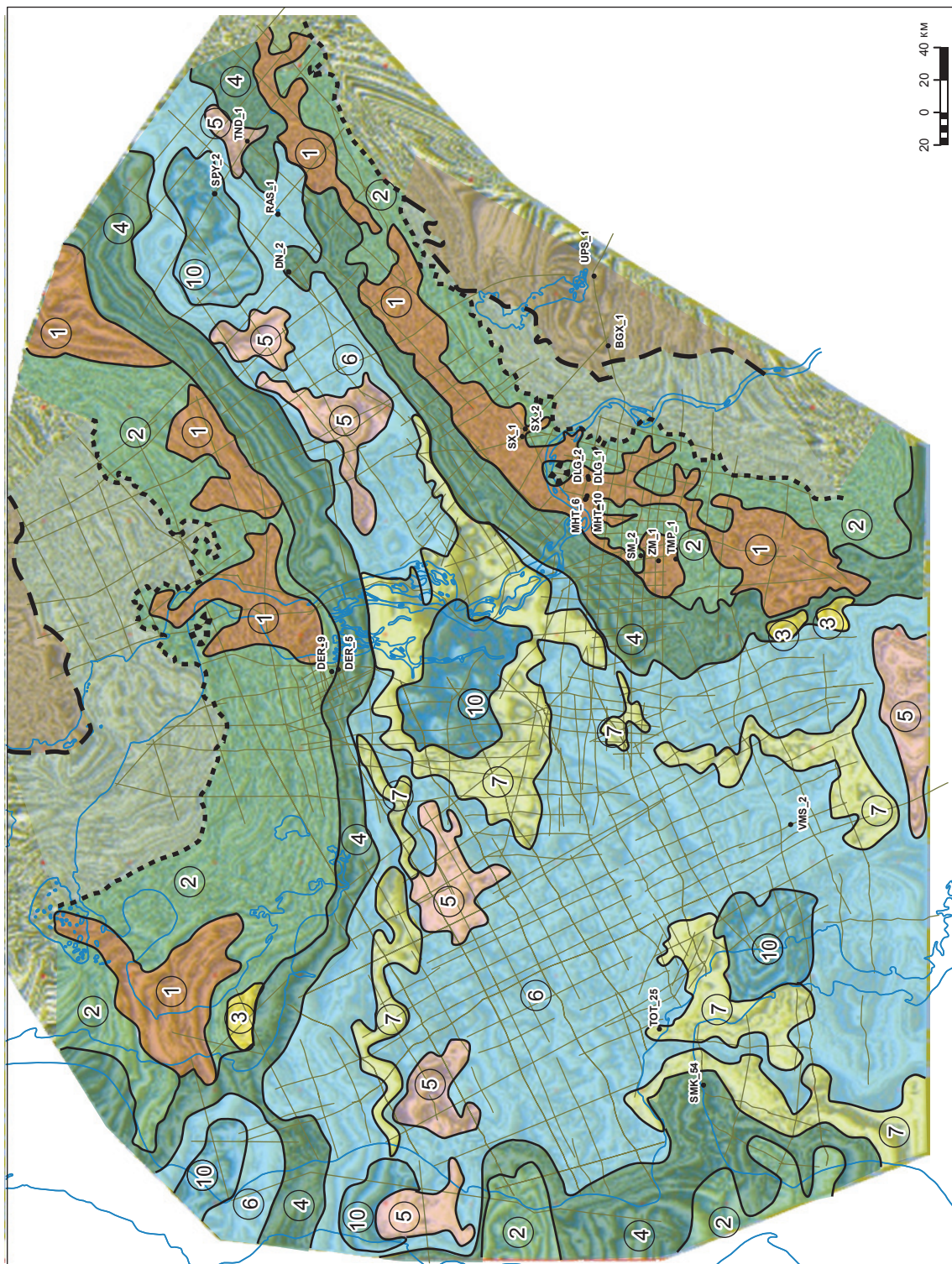


Рис. 11. Карта седиментационных зон надоякского горизонта западной части ЕХРГ и сопредельной территории Гыданской НГО, построенная на основе слайса палеокуба мгновенных фаз (600 мс от границы выравнивания ОГ Т<sub>1</sub>). Условные обозначения см. на рис. 10



нефтегазоносных объектов. В пределах бортовых зон ЕХРП прогнозируется преобладание глинисто-алевритовых отложений приливно-отливных отмелей, заливающихся лагун и мелководных морских заливов, чередующихся с отложениями более устойчивого мелководного шельфа. Перспективы нефтегазоносности этих фациальных зон оцениваются как низкие. Характерной особенностью надояхского горизонта является широкое распространение зон песчаных прибрежных пляжей, отмелей, возможно, баров. Они выделяются характерной полосовидной формой распространения, прослеживаемой параллельно береговым линиям на севере, западе и юге исследуемой территории (см. рис. 11). Зоны авандельтовых конусов выноса имеют подчиненное значение.

**Сиговский горизонт.** Отложения горизонта формировались на этапе развития трансгрессии в позднеюрское время. Мощность горизонта, по данным бурения, варьируется от 15–104 м на западе (скв. 179 Утренняя и 25 Тотояхинская) и до 548 м на востоке рассматриваемой территории (скв. 1 Верхне-Кубинская). Отложения выклиниваются в пределах северного и южного бортов ЕХРП и на отдельных локальных поднятиях (например, в скв. 6 Малохетской, 1 Мессояхской).

Сиговский горизонт представлен алевролитами и аргиллитами с маломощными прослоями песчаников. По данным бурения наличие песчаных коллекторов установлено на западе (Утренняя площадь), юго-востоке и востоке рассматриваемой территории (в пределах Малохетского и Рассохинского валов, на Пайяхской площади). В разрезе скв. 2 Долганской присутствуют отложения *дельтового генезиса*. Эффективная мощность коллекторов составляет около 20 м (5 % всего разреза), средневзвешенная пористость, по данным ГИС, составляет 13,7 %. Пласты коллекторов представлены песчаниками от разнозернистых до средне-крупнозернистых, слабоуглистых. В разрезе скв. 1 Горчинской установлены отложения *лагуны или внутридельтового залива* (см. рис. 1г). Толщина коллекторов составляет 5 м (2 % от общей мощности), пористость – 14,5 %. В скважинах Рассохинского вала коллекторы приурочены к нижней части разреза сиговского горизонта. Они формировались в условиях *песчаных кос и отмелей*. Эффективная толщина коллекторов изменяется в диапазоне 6,7–44 м, их доля в разрезе составляет

от 3 до 15 %. Коэффициент пористости, по данным ГИС, варьируется от 11 до 19,6 %. В скв. 8 Озерной при испытании пласта Сг-I получен газ дебитом 2 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

На Пайяхской площади скв. 1 и 4 вскрыты отложения *авандельтового конуса*, включающие песчаные коллекторы в средней части разреза. Эффективная толщина варьируется от 5,2 до 24,8 м (2–5 % всего разреза), пористость составляет 11,6–15,9 %. В остальных скважинах, вскрывших отложения сиговского горизонта, породы-коллекторы отсутствуют или представлены низкоемкими разностями (скв. 316 Утренняя, 33 Южно-Соленинская).

С целью прослеживания границ распространения типов разреза сиговского горизонта проведена интерпретация слайсов палеокуба, выровненного по ОГ Bsg, во временном интервале ОГ Bsg–Г<sub>1</sub>. На карте седиментационных зон сиговского горизонта (рис. 12) выделены зоны отложений *аллювиально-дельтовой равнины, литорали и сублиторали с глубинами бассейна 0–15 м и 15–30 м и внутришельфовых впадин*. Формирование природного резервуара сиговского горизонта проходило в условиях нарастания морской трансгрессии. Поэтому отмечается некоторое смещение седиментационных зон в сторону областей размыва по сравнению с малышевским горизонтом, расширение зоны внутришельфовой впадины и появление новых более глубоководных уровней накопления песчано-алевритового материала и связанных с ними типов разреза.

По данным комплексной интерпретации перспективные зоны *дельтовых* отложений выделены на северо-востоке и юго-востоке территории (см. рис. 12). Зоны *авандельтовых конусов выноса*, сложенные алевролитами с прослоями песчаников, распространены на значительной площади в пределах ЕХРП и его западного продолжения. Прослежены два эшелона авандельтовых конусов: первый – на продолжении дельтовых субаквальных отложений на севере и на юге исследуемой территории (это средние части конусов выноса); второй представлен многочисленными конусами выноса в их дистальной части, приуроченной к осевой зоне ЕХРП и ее западному продолжению. Полученные результаты значительно расширяют перспективы сиговского горизонта.

В пределах Рассохинского вала так же, как и в малышевском горизонте, выявлены сейсмofации *кос и песчаных отмелей*.

\*\*\*

В результате седиментационного анализа юрского нефтегазоносного комплекса по данным керна, ГИС и сейсморазведки выделены разнообразные генетические типы отложений, проведена типизация разрезов скважин. На этой основе разработана седиментационно-емкостная модель юрских отложений. Она отражает закономерную последовательную смену типов отложений от основных областей размыва к областям аккумуляции осадочного материала: от комплекса отложений аллювиально-дельтовой равнины к отложениям дельтового склона и разным зонам мелководного шельфа.

Улучшенные коллекторы во всех продуктивных горизонтах приурочены к дельтовым отложениям: палеоруслам и конусам выноса субаэральных частей дельт, фронтальным отмелям и барам субаквальных частей дельт, авандельтовым конусам выноса в пределах дельтового склона. В группе мелководного шельфа наиболее высокие коллекторские свойства отложений связаны с песчаными фациями пляжей, отмелей, кос.

Построенные по данным 2D-сейсморазведки и синтетического регионального куба карты седиментационных зон продуктивных горизонтов позволили районировать территорию по типам разреза с разным генезисом и свойствами коллекторов. Карты показывают

приуроченность улучшенных песчаных коллекторов дельтового генезиса (палеорусл и конусов выноса, фронтальных песчаных отмелей и баров) к прибортовым зонам ЕХРП. Впервые установлено широкое площадное распространение в юрских отложениях ЕХРП авандельтовых конусов выноса. Они приурочены к центральной и склоновым частям прогиба, ранее считавшимся малоперспективными для поиска залежей. В отложениях надояхского горизонта нижней юры в области мелководного шельфа выделены многочисленные зоны песчаных пляжей и отмелей, что значительно увеличивает перспективы этого горизонта.

Карты седиментационных зон использованы для оценки ресурсного потенциала продуктивных горизонтов. Районирование территории ЕХРП по типам разреза позволило ранжировать локальные объекты структурного типа, выделенные в результате интерпретации данных 2D-сейсморазведки. Первоочередными объектами структурного типа являются локальные поднятия в зонах распространения наиболее высокочастотных коллекторов дельтового и авандельтового комплексов.

Карты седиментационных зон продуктивных горизонтов могут служить основой для постановки более детальных исследований, в том числе направленных на локализацию перспективных объектов неантиклинального типа.

### Список литературы

1. Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений / В.Т. Фролов. – М.: Недра, 1984. – 215 с.
2. Петтиждон Ф. Пески и песчаники: пер. с англ. / Ф. Петтиждон, Р. Сивер, П. Поттер. – М.: Мир, 1976. – 553 с.
3. АН СССР: ГИН, 1962. – Вып. 59. – 542 с.
4. Шемин Г.Г. Литолого-палеогеографические реконструкции среднеюрской эпохи севера Западной Сибири и акватории Карского моря / Г.Г. Шемин, А.Л. Бейзель, Л.Г. Вакуленко и др. // Материалы VII Всероссийского литологического совещания. Новосибирск, 28–31 октября 2013 г. – Том III. – С. 284–288.
5. Шурыгин Б.Н. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система / Б.Н. Шурыгин, Б.Л. Никитенко, В.П. Девятков и др. – Новосибирск: СО РАН, 2000. – С. 229–242.
6. Мушин И.А. Технологии построения объемных седиментационно-емкостных моделей осадочных бассейнов / И.А. Мушин, Н.К. Фортунатова, Г.А. Белоусов // Технологии сейсморазведки. – 2012. – № 1. – С. 37–45.

## Sedimentation-capacitive model for Jurassic deposits of Gydan and Yenisey-Khatanga (western part) oil-gas-bearing regions

A.P. Afanasev<sup>1</sup>, T.Ye. Yermolova<sup>1\*</sup>, I.A. Mushin<sup>1</sup>, B.K. Frolov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Geological Oil Institute" (VNIGNI), Bld. 36, shosse Entuziastov, Moscow, 105118, Russian Federation

\* E-mail: ermolova@vnigni.ru

**Abstract.** The most important element in estimation of resource potential of poorly studied territories at north frame of Siberian platform is a forecast of reservoirs expansion within oil-gas-bearing complexes. So, the sedimentary analysis of Jurassic productive complex in Yenisey-Khatanga regional trough (YeKhRT) using core measurements and interpreted geophysical data of well studies allowed for typifying sediments by genesis. Namely, well columns were typified. Authors' sediment-capacitive model of Jurassic deposits represents consecutive change of column types from the main washout areas to areas of sediment material accumulation: namely, from the alluvial-deltaic-plain deposits to ones of deltaic slopes and different zones of shallow shelf. In all productive horizons the elaborate reservoirs are connected with deltaic sediments: namely, with paleo beds and debris cones in subaerial parts of the deltas (weight-average porosity of Malyshevskiy horizon deposits is 12–16 %), with frontal shallows and bars of subaqueous parts of deltas (porosity equals to 15–20 %), with debris cones within the framework of a deltaic slope (porosity is 15–16 %). For a group of shallow shelf sandy facies of beaches, shallows, and spits (porosity is 16–18 %) have the highest reservoir properties.

According to data of 2D seismography and a synthetic regional cube, the seismic facies were singled out and the maps of sedimentation zones were compiled. These maps show terrain zoning by types of columns with different genesis and reservoir properties. Elaborate reservoirs of deltaic genesis (sediments in paleo beds and frontal shallows) gravitate towards the zones of YeKhRT conjunction with Taymyr and Northern-Siberian uniclinal slopes. For the first time wide areal extent of avantdeltaic debris cones is established. They are connected with the central and hillside parts of YeKhRT, which previously were thought of little promise in respect to deposit searching. The numerous zones of sandy beaches and shallows were outlined in Lower-Jurassic sediments of Nado-Yakha horizon. It increase prospect of named horizon.

The maps of sedimentation zones were applied for estimation of productive horizons' resource potential. In accordance with sediment-capacitive zoning of the YeKhRT territories, the local structural objects, singled out by Geostrat NPTs on the basis of 2D seismic data, were ranged. The top-priority objects are the local positive structures in the areas where the most high-capacitive reservoirs of deltaic and avantdeltaic complexes are distributed. The maps of sedimentation zones of productive horizons can become a base for detailed research aimed at discovery and localization of promising non-anticlinal objects.

**Keywords:** forecast for oil-gas presence, Yenisey-Khatanga regional trough, sedimentation-capacitive model of Jurassic deposits, seismic facies, map of sedimentary zones, terrain zoning by types of geologic sections.

### References

1. FROLOV, V.T. *Genetic typification of marine sediments* [Geneticheskaya tipizatsiya morskikh otlozheniy]. Moscow: Nedra, 1984. (Russ.).
2. PETTIJOHN, F.J., P. E. POTTER, R. SIEVER. *Sand and sandstone*. Transl. from Engl. Moscow: Mir, 1976. (Russ.).
3. *Proc. of Geological Institute*. Moscow: Geological Institute of AN SSSR, 1962, iss. 59. (Russ.).
4. SHEMIN, G.G., A.L. BEYZEL, L.G. VAKULENKO et al. Lithologic-paleogeographical reconstructions of Middle-Jurassic Epoch at north of Western Siberia and in waters of Kara Sea [Litologo-paleogeograficheskiye rekonstruktsii sredneyurskoy epokhi severa Zapadnoy Sibiri i akvatorii Karskogo morya]. In: *Proc. of VII All-Russian lithologic meeting, Novosibirsk, 28–31 October, 2013*. Novosibirsk, 2013, vol. III, pp. 284–288. (Russ.).
5. SHURYGIN, B.N., B.L. NIKITENKO, V.P. DEVYATOV et al. *Stratigraphy of the oil-gas-bearing basins of Siberia. Jurassic system* [Stratigrafiya neftegazonosnykh basseynov Sibiri. Yurskaya sistema]. Novosibirsk: Siberian branch of RAS, 2000, pp. 229–242. (Russ.).
6. MUSHIN, I.A., N.K. FORTUNATOVA and G.A. BELOUSOV. Techniques for designing volumetric sediment-capacitive models of sedimentary basins [Tekhnologii postroyeniya obyemnykh sedimentatsionno-yemkostnykh modeley osadochnykh basseynov]. *Tekhnologii seysmorazvedki*, 2012, no. 1, pp. 37–45. ISSN 1813-4254. (Russ.).