

Гальперина А.А., Агапитов И.Д., Аристархов А.В.

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Россия, Anna.Galperina@lukoil.com, Ivan.Agapitov@lukoil.com, Anton.Aristarkhov@lukoil.com

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КЕЛЛОВЕЙСКОГО ЯРУСА В ПРЕДЕЛАХ ВОСТОЧНО-СУЛАКСКОГО ВАЛА АКВАТОРИИ СРЕДНЕГО КАСПИЯ

Проведен детальный анализ перспективных келловейских отложений для выделения зон развития коллекторов в пределах изучаемой структуры N, находящейся в юго-западной части акватории Среднего Каспия. Выполнение данной работы осложнено рядом сейсмогеологических проблем: падением разрешающей способности сейсмических данных на значительной глубине, сильным фоном кратных волн от контрастных вышележащих границ, а также маломощностью и непротяженностью слабоконтрастных коллекторов в изучаемом интервале. В таких условиях применялась методика детальной интерпретации, включавшая сиквенс-стратиграфический анализ, составление концептуальной модели седиментации, пофазную привязку каждого отражения, прослеживание привязанных границ в пределах изучаемой структуры, расчет атрибутов по результатам синхронной сейсмической инверсии, комплексирование результатов.

По итогам полевого описания керна и анализу ГИС-фаций в келловейских отложениях Среднего Каспия коллекторы приурочены к баровым телам. На основе методов выделения баровых тел по данным ГИС вместе с анализом характера волновой картины в пределах келловейского сиквенса J2s80 установлено, что изучаемые отложения предположительно формируют устьевой бар.

По результатам анализа геометрии и упругих параметров аккумулятивного тела сиквенса J2s80 в разных направлениях подтверждено предположение о вытянутой форме барового тела и установлено, что изучаемый устьевой бар характеризуется северо-западным простиранием. Согласно предложенной литолого-фациальной схеме, выделяются три зоны преобладания: алевролитов, переходная алевролитов-глинистая и глинистая. Зона преобладания алевролитов соответствует увеличенным толщинам сиквенса и более низким значениям акустического импеданса.

Построение комплексной сейсмогеологической модели перспективных отложений келловейского яруса по описанной методике позволило установить зональность интервала и предположить наличие зон с улучшенными коллекторскими свойствами, которые не вскрыты пробуренными скважинами.

Ключевые слова: келловейские отложения, сиквенс-стратиграфия, баровое тело, ГИС-фации, сейсмическая модель, синхронная сейсмическая инверсия, Средний Каспий.

Введение

Целью рассматриваемого в статье исследования являлся детальный анализ келловейских отложений для выделения зон развития коллекторов в пределах изучаемой структуры N в юго-западной части акватории Среднего Каспия (рис. 1). Исследуемая структура N находится на границе Восточно-Сулакского вала и Западно-Каспийской моноклинали. Пограничное

положение и вовлечение структуры в погружение Терско-Каспийского прогиба обусловило влияние не только сил сжатия, но и формирование сложнопостроенных разрывных нарушений в форме отрицательной цветковой структуры. В пределах структуры пробурена скв. N2, вскрывающая среднеюрские отложения. Проведен анализ сейсмических данных, скважинных материалов, данных керна. Участок исследований представляет собой часть большой сейсмической съемки 3D.

Келловейский ярус в кровле ограничен поверхностью предверхнеюрского несогласия (отражающий горизонт (ОГ) J2), в подошве ограничивается поверхностью предкелловейского несогласия. Характер волновой картины изучаемого интервала представляет собой протяженные, среднеамплитудные, низкочастотные оси синфазности. Их прослеживание осложняется сетью многочисленных тектонических нарушений, ухудшением качества сейсмической записи по сравнению с вышележащими комплексами; снижением разрешающей способности данных на глубине более 2000 м; осложнением волновой картины фоном кратных волн-помех от вышележащих контрастных границ. Такими границами являются резкие переходы от терригенных отложений к карбонатным.

В целом в регионе келловейский интервал изучен меньше, чем вышележащие толщи. Ближайшие скважины, вскрывающие отложения келловейского яруса, помимо рассматриваемой скв. N2, располагаются в радиусе 100 км. В пределах Среднего Каспия в разрезе одной из ближайших скважин получен фонтанный приток газа и конденсата в интервале келловейских отложений. В разрезах морских скважин келловейский ярус представлен терригенными породами (алевролиты, аргиллиты, глины) с отдельными тонкими прослоями и линзами мергелей.

Подходы авторов к решению задачи построения комплексной сейсмогеологической модели перспективных отложений келловейского яруса акватории Среднего Каспия частично изложены в предыдущих работах [Гальперина, 2021; Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022], в настоящей статье дополнены и детализированы. Вышеобозначенная задача осложняется рядом геологических факторов: наличием системы разрывных нарушений, маломощностью коллекторов (4-6 м) по сравнению с разрешающей способностью сейсморазведки (около 35 м), непротяженностью и слабой акустической контрастностью коллекторов в изучаемом интервале. Стоит отметить, что в силу особенностей терригенных обстановок седиментации отложения характеризуются высокой латеральной, вертикальной литофациальной изменчивостью. Это позволяет предположить, что залежи в келловейских отложениях помимо структурного контроля подвергаются и литологическому.

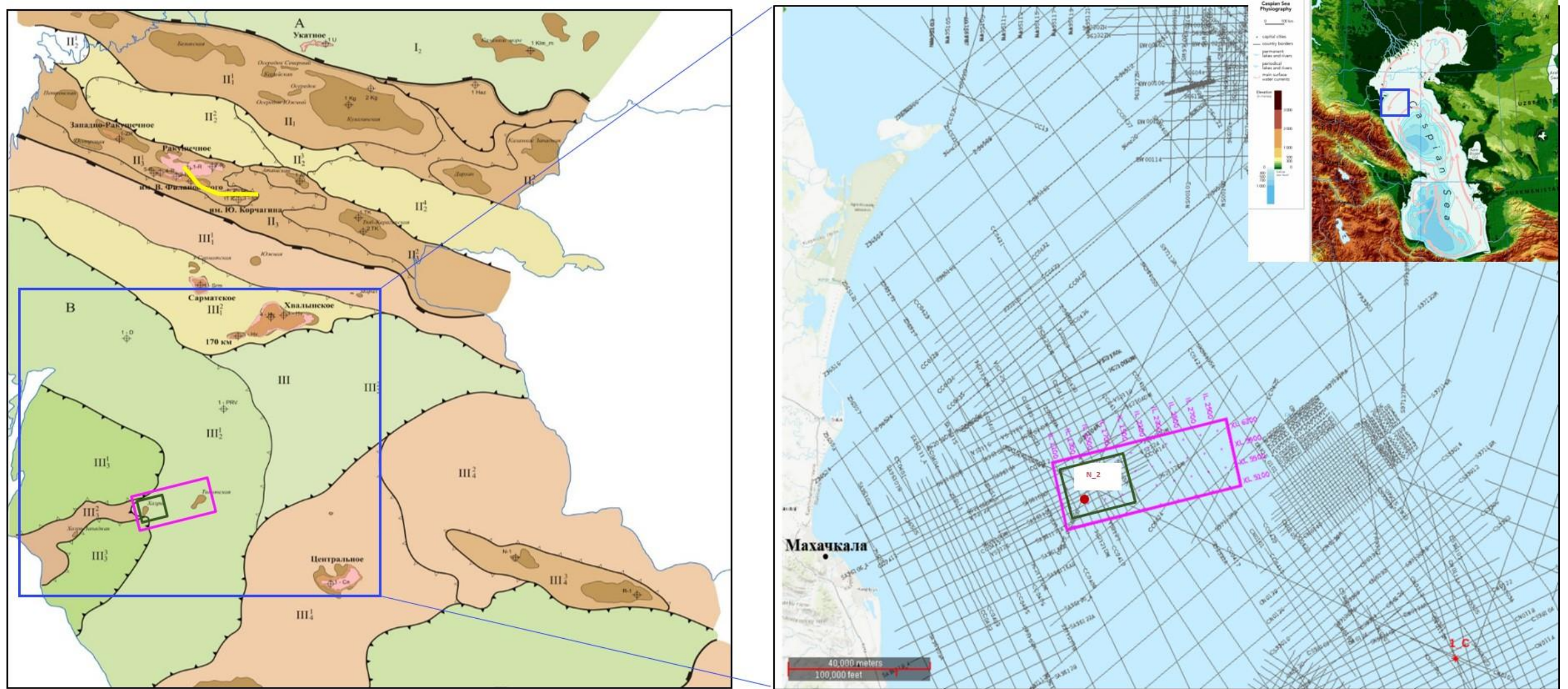


Рис. 1. Фрагмент тектонической схемы юрско-миоценового этапа акватории Северного и Среднего Каспия (по [Медведеву и др., 2008]) и схема расположения участка исследований
 Основные элементы тектонического районирования: надпорядковые А - Восточно-Европейская платформа, В - Скифско-Туранская плита; первого порядка I - Прикаспийская впадина, II - Карпинско-Мангышлакский вал, III - Прикумско-Центрально-Каспийская система прогибов и поднятий. 1 - линия сейсмического профиля 2D (на рис. 2), 2 - сейсмический куб 3D, 3 - участок исследований.

Для вышеописанных сейсмогеологических условий применён подход к детальной интерпретации келловейских отложений. В ходе решения задачи выполнено:

- сиквенс-стратиграфический анализ келловейских отложений акватории Среднего Каспия;
- уточнение модели осадконакопления: анализ толщин и фациальных карт, ГИС-фаций и материалов описания керна;
- «пофазная» структурная интерпретация сейсмических 3D данных после глубинной анизотропной миграции;
- анализ кубов упругих параметров и кубов вероятностей сейсмоклассов келловейских отложений средней юры, полученных в результате синхронной инверсии и вероятностной классификации;
- Комплексование результатов и построение литолого-фациальной схемы (по [Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022] с дополнениями).

Сиквенс-стратиграфический анализ келловейских отложений

Ниже рассмотрен интервал келловейских отложений с позиций сиквенс-стратиграфии. В юрский период происходило повышение уровня Мирового Океана. Иными словами, комплекс юрских отложений формировался в трансгрессивный период развития юрско-миоценового мегасиквенса.

Подошва юрско-миоценового мегасиквенса проводится по региональному предъюрскому несогласию, которой в волновом поле соответствует ОГ JT. На рубеже позднего триаса и ранней юры произошел крупный региональный перерыв в осадконакоплении, разграничивший стадии герцинского и мезозойского циклов тектогенеза. Кровля юрско-миоценового мегасиквенса проводится по региональному предплиоценовому несогласию типа эрозионный срез (erosional truncation), соответствует ОГ N2.

В пределах юрского комплекса отложений юрско-миоценового мегасиквенса выделяется три сиквенса 2-го порядка: нижнеюрский (J1), среднеюрский (J2), верхнеюрский (J3). Сиквенсы 2-го порядка в свою очередь подразделяются на сиквенсы 3-го порядка.

В районе исследования среднеюрский сиквенс второго порядка ограничен внутрикомплексным предсреднеюрским несогласием в подошве (ОГ J1) и внутрикомплексным предверхнеюрским несогласием в кровле (ОГ J2) (рис. 2). В региональном плане полнота среднеюрского разреза сокращается в северном направлении, прекращения прослеживания осей синфазности в сейсмическом облике среднеюрского комплекса отражают трансгрессивные налегания, демонстрирующие наступление моря и

смещение береговой линии в северном направлении. В среднеюрское время в регионе происходила смена континентальных условий седиментации на прибрежно-морские и морские.

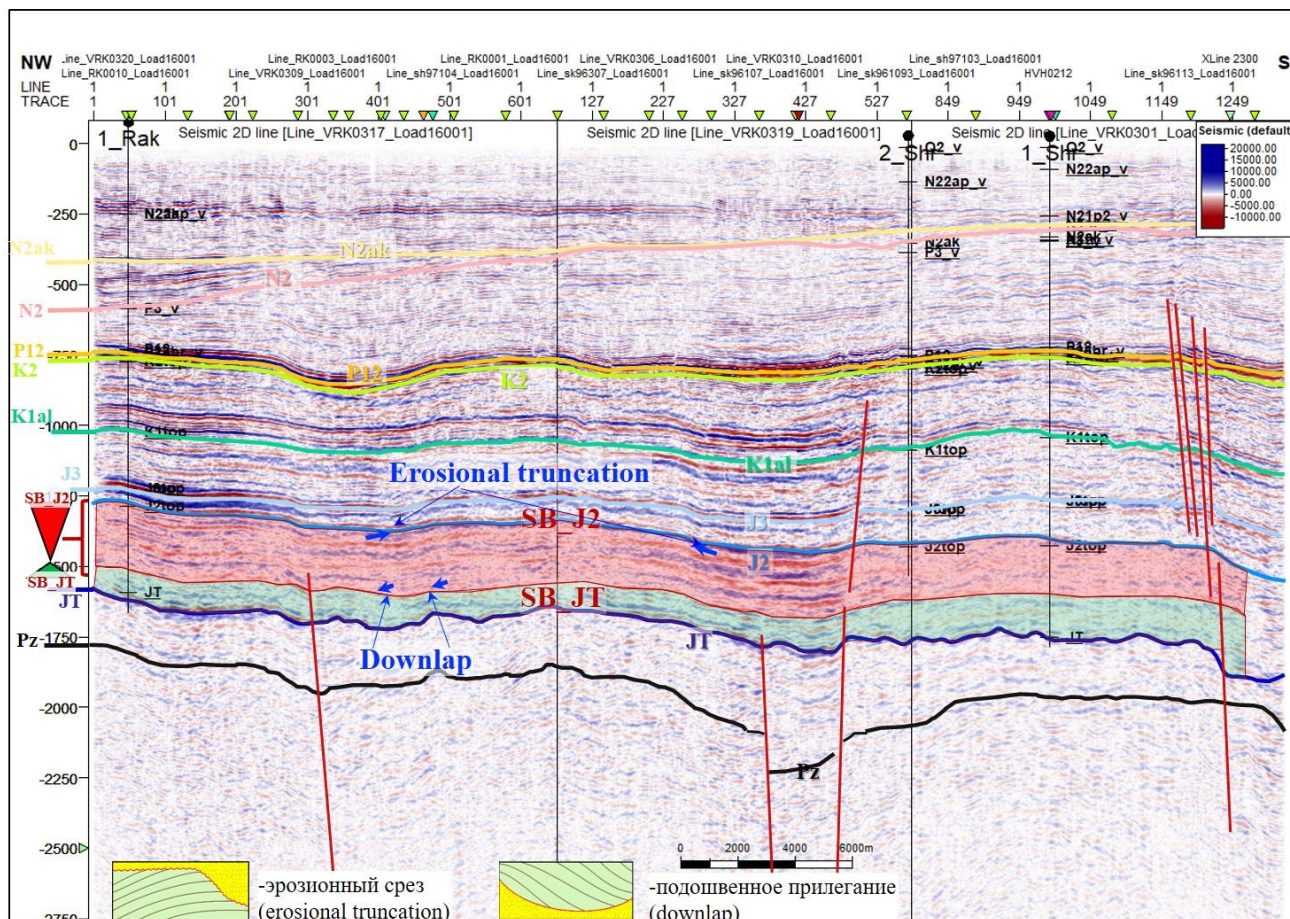


Рис. 2. Юрско-миоценовый мегасиквенс на сейсмическом разрезе

Положение временного разреза показано на рис. 1. Жирными синими стрелками показаны направления несогласного залегания отражений.

В основании разреза среднеюрского сиквенса 2-го порядка на большей части территории Среднего Каспия залегают отложения аалена, сложенные континентальными гумидными образованиями. Перекрывают их континентальные дельтовые озерно-болотные и аллювиальные образования нижнего байоса, представленные в кровле преимущественно глинистыми разностями. Поверхность максимального затопления (MFS) является кровлей трансгессивного системного тракта (TST). Залегающие выше верхнебайосские дельтовые, авандельтовые и прибрежно-морские, а также мелководно-морские, прибрежно-морские и авандельтовые батские и келловейские отложения слагают тракт высокого стояния уровня моря (HST).

Мощность полных разрезов среднеюрских отложений, вскрытых скважинами, изменяется от 350-400 м в пределах палео-поднятий до 1100 м в южной части Среднего Каспия

[Агапитов и др., 2018]. В скв. N2 разрез среднеюрских отложений вскрыт не полностью, его мощность составляет 430 м. На основе данных ГИС и с учётом информации по прилегающим районам в её разрезе выделены шесть сиквенсов 3-го порядка. Интервал трёх сиквенсов 3-го порядка J2s70-J2s90 отвечает келловейскому ярусу. В подошве сиквенса J2s80 по интерпретации ГИС выделяются газонасыщенные коллекторы.

Концептуальная модель седиментации

Согласно предыдущей работе авторов [Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022], для определения модели осадконакопления проанализирована палеогеографическая схема на основе региональной карты толщин келловейских отложений. В келловейское время район исследований располагался в прибрежной мелководно-морской зоне. В керне и шлифах отмечаются остатки углефицированного материала, острые и угловатые зёрна на сколах на глубинах 4812,5-4816,5 м, содержание обломков пород до 25-30%. Все эти признаки говорят о близости суши и источников сноса, они располагались к югу от района работ. При этом присутствие глауконита говорит о морских условиях седиментации. Данные признаки, а также информация по другим скважинам района [Агапитов и др., 2018] свидетельствуют о мелководно-морских сублиторальных обстановках седиментации в келловейское время (рис. 3).

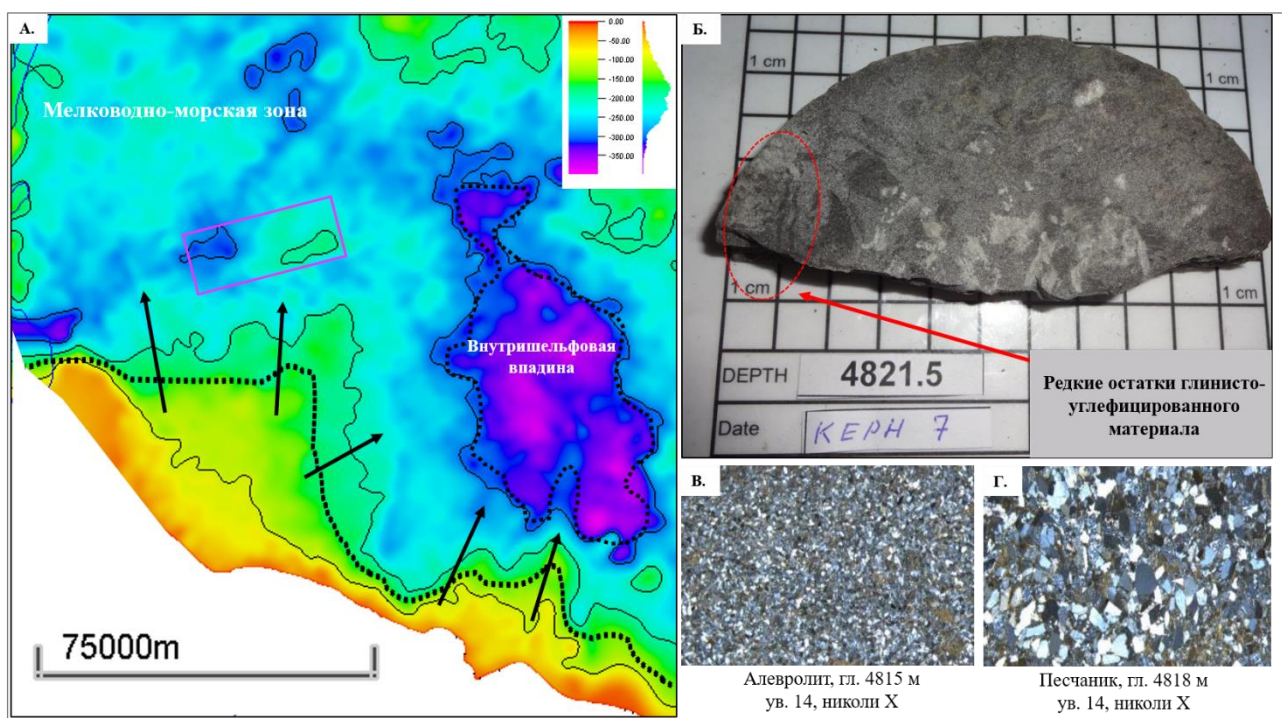


Рис. 3. Палеогеографическая схема келловейского яруса на основе региональной карты толщин келловейских отложений (А) с фотографиями скола керна (Б) и шлифов (В, Г)
Чёрными стрелками на схеме показаны предполагаемые направления сноса осадочного материала.

Для корректной сейсмической интерпретации разрез скважины проанализирован по методам выделения ГИС-фаций. По анализу ГИС-фаций [Муромцев, 1984; Глумов и др., 2004] в разрезе келловейских отложений представляется возможным выделить несколько аккумулятивных песчано-алевритовых тел (рис. 4). Вытянутая форма баровых тел принята за основу при выполнении детальной корреляции сейсмических отражений. Баровые тела являются перспективными с точки зрения коллекторских свойств [Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022].

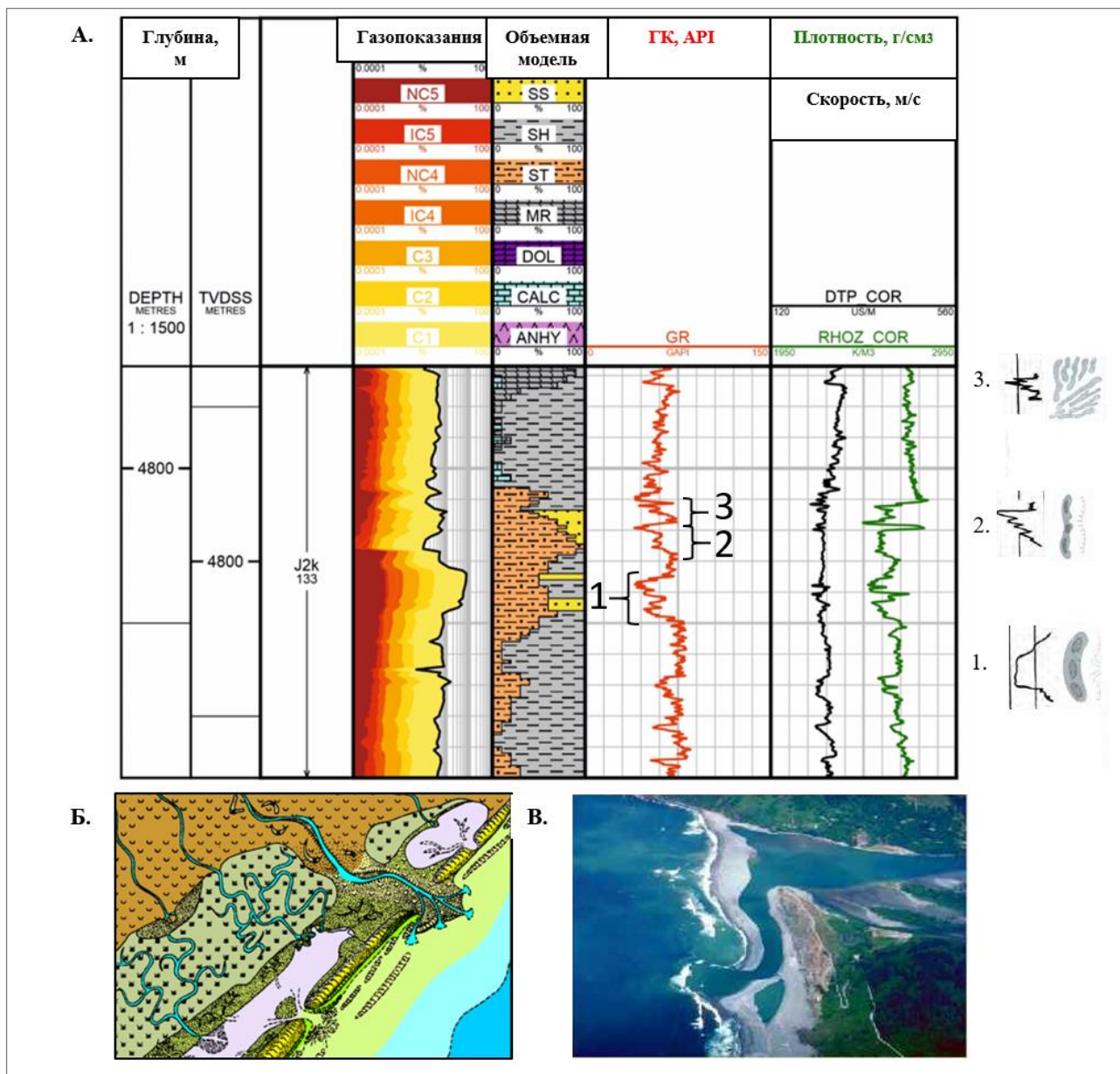


Рис. 4. Концептуальная модель седиментации

А - выделение ГИС-фаций и вид в плане (по [Муромцеву, 1984]), *Б* - геоморфологическая модель барьерного побережья [Рейнек, Сингх, 1981], (с дополнениями и изменениями [Жемчугова, 2014]), *В* - облик современных устьевых баров (по данным aticabefrances.blogspot.ru).

1 - устьевой бар, *2* - вдольбереговой регрессивный бар, *3* - гребень штормовой волны/приливных течений.

На основе методов выделения баровых тел по данным ГИС вместе с анализом характера волновой картины установлено, что изучаемые отложения сиквенса J2s80 предположительно формируют устьевой бар.

Структурная интерпретация сейсмических 3Д данных

Применение сиквенс-стратиграфического анализа помогает корректно выполнить геологически обоснованную детальную сейсмогеологическую интерпретацию разреза. В интервале отложений средней юры проводилась детальная привязка границ сиквенсов 3-го порядка к сейсмическому волновому полю в скв. N2 [Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022]. Внутри келловейских отложений детально прослежены ОГ, соответствующие контрастным отражениям (рис. 5):

- ОГ J2s80 – прослежен по отрицательному отражению, формирующемуся в отложениях келловейского яруса средней юры, соответствует кровле сиквенса 3-го порядка J2s80 (поверхность несогласия). Горизонт налегает на нижележащий горизонт J2s70. В скв. N2 наблюдается выклинивание данного сиквенса.

- ОГ J2s70 – прослежен по положительному слабоинтенсивному отражению, формирующемуся в отложениях келловейского яруса средней юры, соответствует кровле сиквенса 3-го порядка J2s70. В скв. N2 имеет интерференционный характер, формируется на акустической границе при переходе от алевролитов (3900 м/с; 2,5 г/см³) к прослою глин (4200 м/с; 2.64 г/см³).

- ОГ J2_s70_a – прослежен по устойчивому отражению отрицательной полярности в отложениях келловейского яруса. Прилежит к нижележащему горизонту J2s60.

- ОГ J2s60 – прослежен по интенсивному высокоамплитудному положительному отражению. Отвечает кровле сиквенса 3-го порядка J2s60 (поверхность предкелловейского несогласия).

Корреляция ОГ осложнялась системой многочисленных тектонических нарушений.

На рис. 6 представлен сейсмический разрез по выбранной линии северо-западного простирания в отложениях келловейского яруса через скв. N2 в интервале ОГ J2-J2s60 с палеовывравниванием на кровлю келловейского яруса J2. В волновой картине отмечаются две поверхности несогласия, соответствующие ОГ J2s60 и J2s70. Подошвенное прилегание объясняется наличием в разрезе между ОГ J2s60 и вышележащими горизонтами поверхности максимального затопления сиквенса J2s70, которая не выражена в сейсмическом волновом поле из-за малой мощности трансгрессивного системного тракта (TST) сиквенса J2s70. ОГ J2s80 налегает на нижележащий ОГ J2s70.

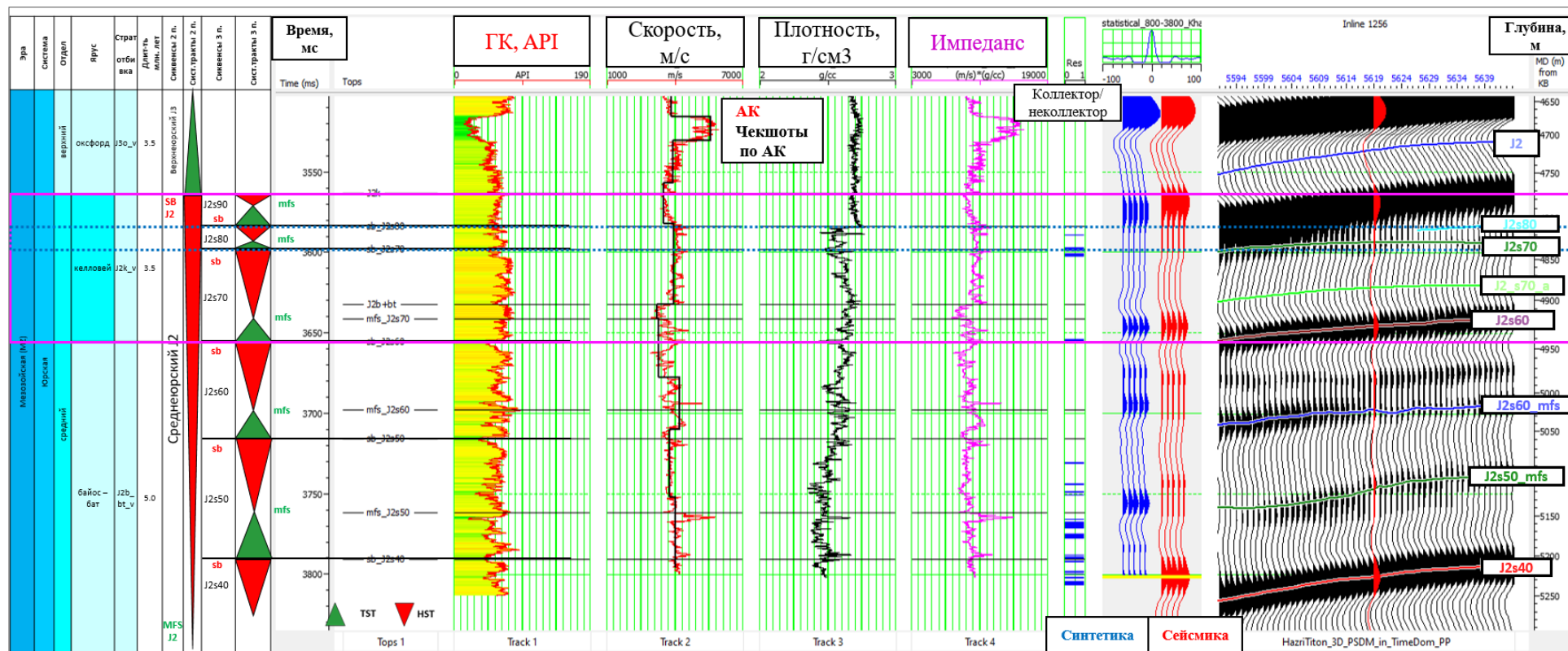


Рис. 5. Комплексная сиквенс-стратиграфическая привязка сейсмических и скважинных данных
 Розовой рамкой выделены келловейские отложения, синей пунктирной рамкой - интервал изучаемого сиквенса J2s80.

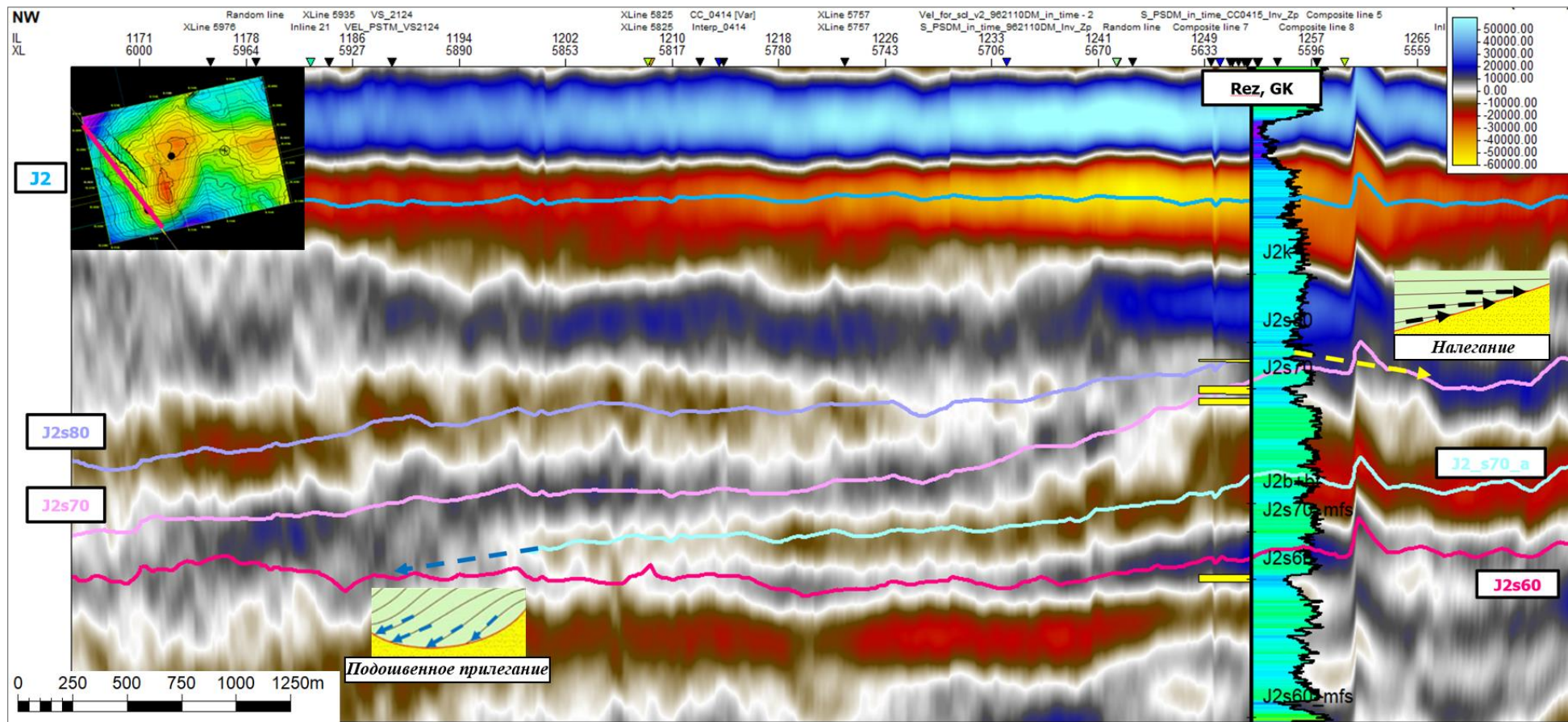


Рис. 6. Сейсмических разрез по линии А–А' с палеовыравниванием на кровлю келловейского яруса (ОГ J2)

Из результата геометризации границ предполагаемого барового тела по сейсмическом данным следует, что скважина попадает в его краевую часть. Отложения в скважине представлены преимущественно алевролитами с прослоями песчаников.

Анализ атрибутов

В результате выполнения синхронной инверсии и вероятностной классификации рассчитаны кубы упругих параметров: кубы продольного и поперечного импеданса, соотношение V_p/V_s ; кубы сеймоклассов, вероятность сеймокласса глин, вероятность сеймокласса алевролитов. По итогам анализа пространственного распределения упругих свойств сделан вывод, что отложения изучаемого интервала являются акустически слабо контрастными, вследствие чего классификация по сеймоклассам позволяет разбивать разрез лишь качественно, а не количественно. Использована петроупругая модель среднеюрских отложений, построенная на основе каротажных данных. По результатам полевого описания керна, шлама и результатам интерпретации данных ГИС выделены следующие преобладающие литотипы в отложениях средней юры - алевролит, глина и мергель. На рис. 7 представлены кросс-плоты литотипов, выделенных в отложениях средней юры. Эти литотипы характеризуются близкими значениями упругих параметров. С учетом построения петроупругой модели проведена Байесовская дискретная классификация, по данным которой рассчитывались кубы вероятности наличия определенных сеймоклассов в целевых интервалах.

По результатам структурной инетрпретации в волновом поле выделен сиквенс J2s80 (ОГ J2s80-J2s70). Для исследуемого сиквенса характерны пониженные значения импеданса и наибольшей вероятности распространения сеймокласса алевролитов (рис. 8А, В).

Для изучаемого сиквенса построены карты упругих параметров и вероятностей распространения сеймоклассов. На карте толщин сиквенса наблюдается выклинивание в районе скв. N2, наибольшие его мощности расположены в центральной и северо-западной частях участка исследований. Как правило, наиболее перспективная с точки зрения коллекторских свойств часть песчано-алевроитовых аккумулятивных тел относится к самым большим мощностям. На карте среднего продольного импеданса в сиквенсе J2s80 наблюдается понижение значений в центральной и северо-западной частях сиквенса. Сиквенс имеет северо-западную направленность и простирается за пределы участка исследований в северо-западном направлении. На картах вероятности распространения алевролитов центральная часть сиквенса выделяется как зона с наибольшей вероятностью распространения сеймокласса алевролитов (рис. 10А, Б, В) и, как следствие, улучшенных коллекторских свойств.

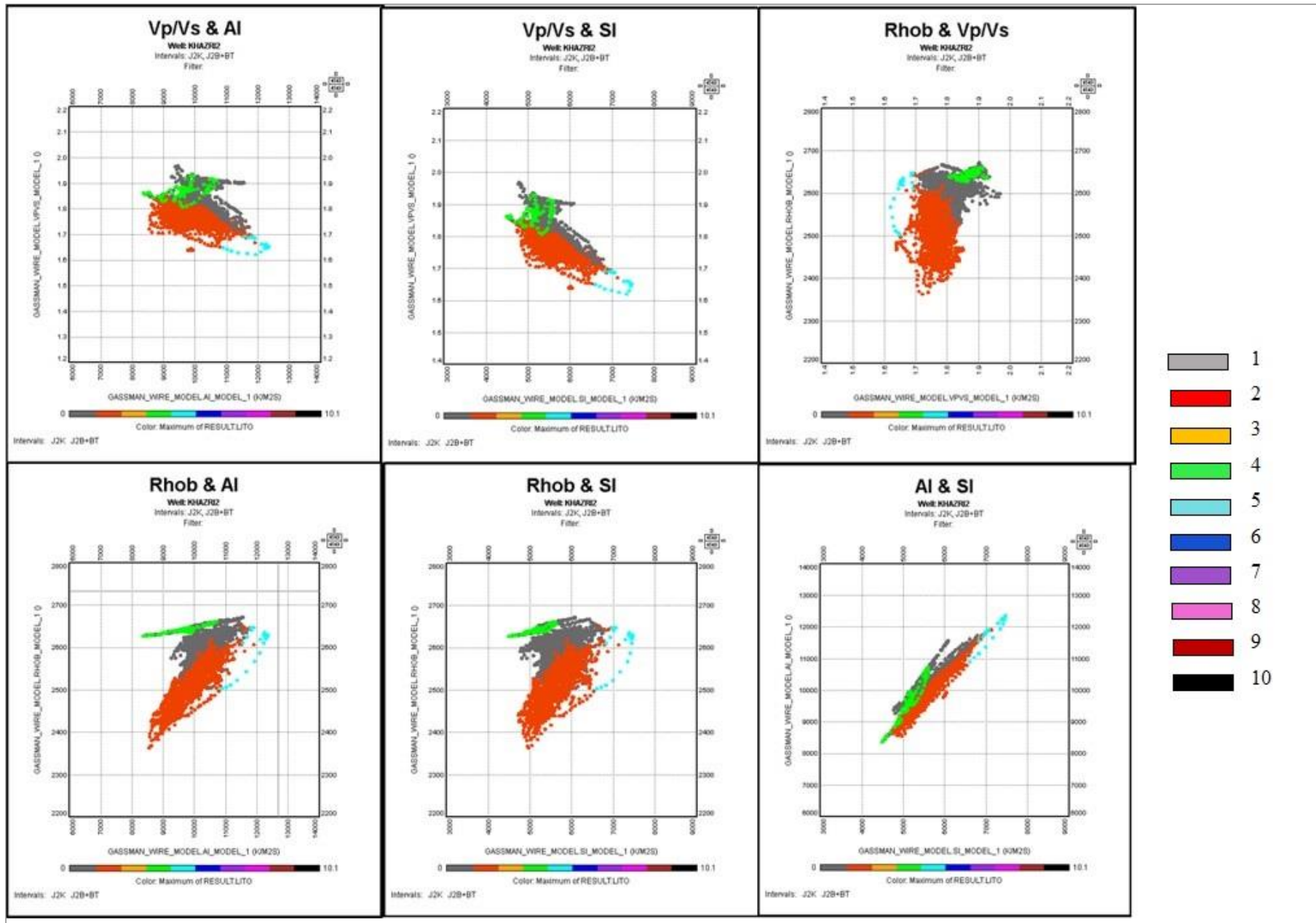


Рис. 7. Кроссплоты упругих свойств для выделенных литотипов в интервале отложений средней юры
 Литотипы: 1 - глина, 2 - алевролит, 3 - песчаник, 4 - мергель, 5 - известняк, 6 - известняк доломитистый, 7 - доломит известковистый, 8 - доломит, 9 - ангидрит, 10 - уголь.

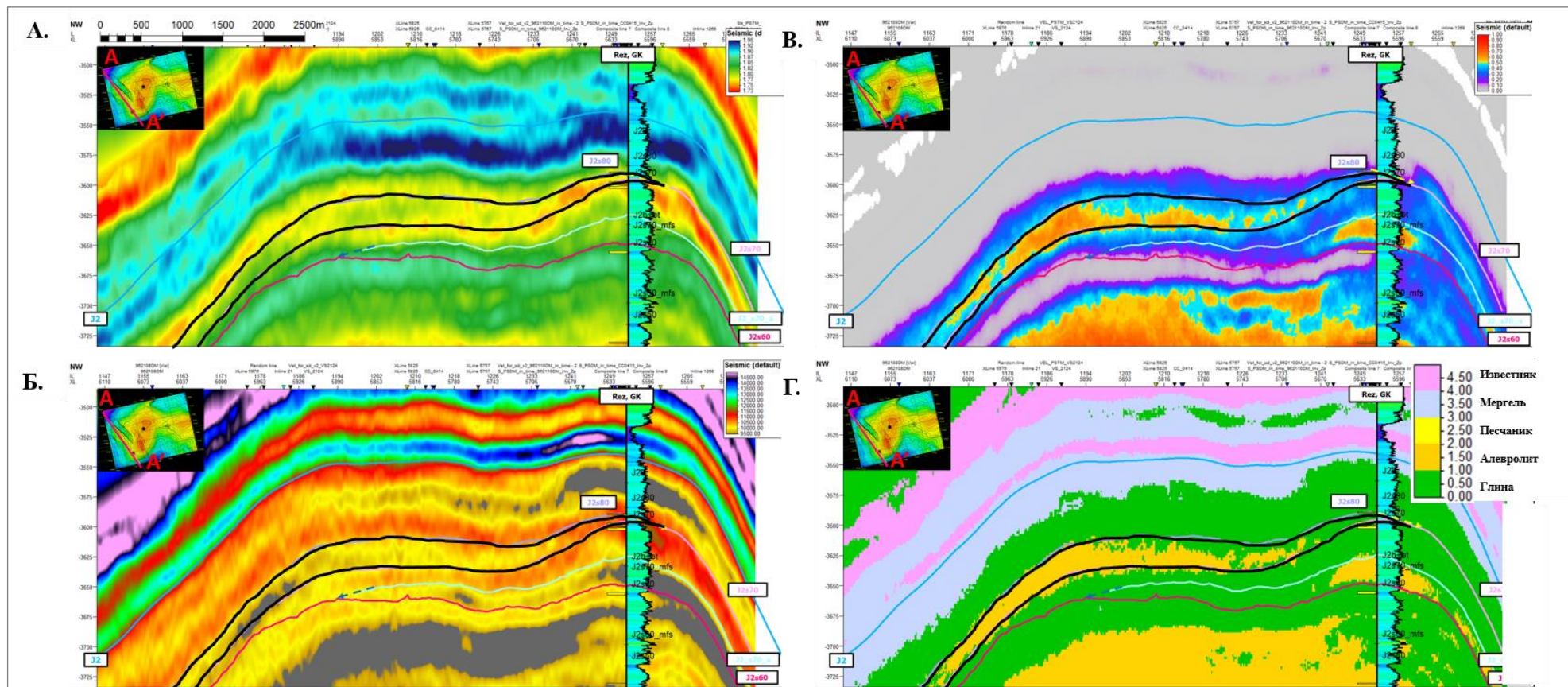


Рис. 8. Временной сейсмический разрез по линии А–А’ по кубам упругих параметров
 А - продольный импеданс, Б - соотношение V_p/V_s , В - вероятность распространения сейсмодкласса алевролит, Г - литоклассификация.

Комплексирование результатов уточнения концептуальной геологической модели, структурной сейсмической интерпретации и атрибутивного анализа

Анализ сейсмического куба в различных сечениях в сопоставлении с моделью строения баровых тел позволил предположить, что отложения изучаемого сиквенса формируют устьевой бар. На рис. 9 приведена схема соответствия поперечного и продольного сечений устьевого бара с геометрией кровли и подошвы сиквенса J2s80.

В результате анализа геометрии аккумулятивного тела сиквенса J2s80 в разных направлениях, можно утверждать, что изучаемый устьевой бар характеризуется северо-западным простиранием. Его северо-западная граница проходит за пределами участка исследований. Предполагаемый источник сноса находился на юго-западе от района изучения. На литолого-фациальной схеме (рис. 10Г) выделяются три зоны: преимущественно алевролитов, переходная алевролитоглинистая и преимущественно глинистая. Зоне преобладания алевролитов отвечают более низкие значения акустического импеданса, высокая вероятность наличия в разрезе литокласса «алевролит», увеличенные толщины сиквенса J2s80 и предположительно лучшие фильтрационно-емкостные свойства.

Таким образом, в пределах замыкания структуры спрогнозирована зона улучшения фильтрационно-емкостных свойств относительно вскрытых скв. N2. При учете рассмотренной зоны прирост запасов келловейских отложений оценивается в 30%.

Заключение

Построение комплексной сейсмогеологической модели перспективных отложений келловейского яруса по описанной методике позволило установить зональность интервала и предположить наличие зон с улучшенными коллекторскими свойствами, которые не вскрыты пробуренными скважинами.

Детально изложена методика изучения и интерпретация результатов, частично описанные авторами в предыдущих работах [Гальперина, 2021; Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022]. Предлагаемая комплексная сейсмогеологическая модель перспективных отложений келловейского яруса в пределах Восточно-Сулакского вала акватории Среднего Каспия. Детальная совместная интерпретация сейсмических и скважинных данных позволила описать внутреннее строение келловейских отложений, определить границы барового тела и оценить сейсмофациальную зональность. По результатам исследований сделано предположение о наличии области с повышенными эффективными толщинами в пределах изучаемой структуры N. На основе данного предположения возможный прирост начальных геологических запасов в рассматриваемых отложениях оценивается в 30%.

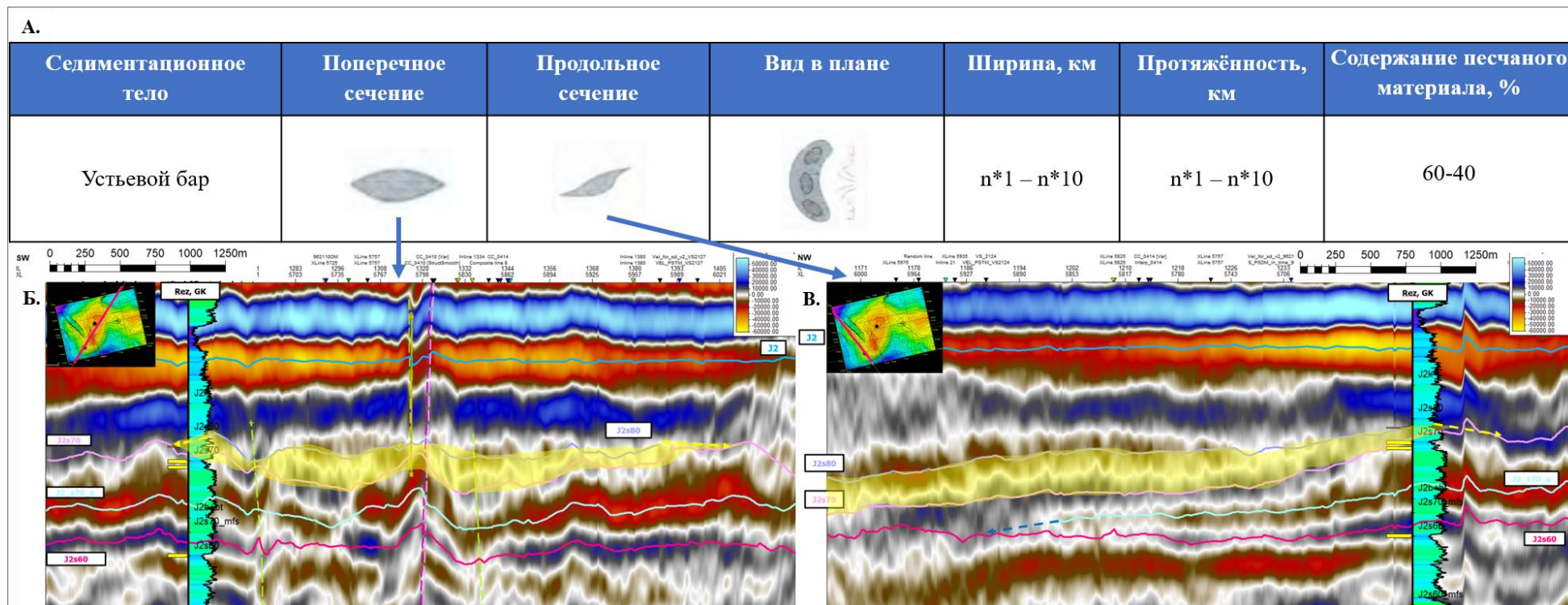


Рис. 9. Строение сиквенса J2s80 в разрезе

A - строение устьевого бара (по [Муромцеву, 1984]), Б, В - характер волнового поля сиквенса J2s80 (по [Гальперина, 2021] с изменениями и дополнениями).

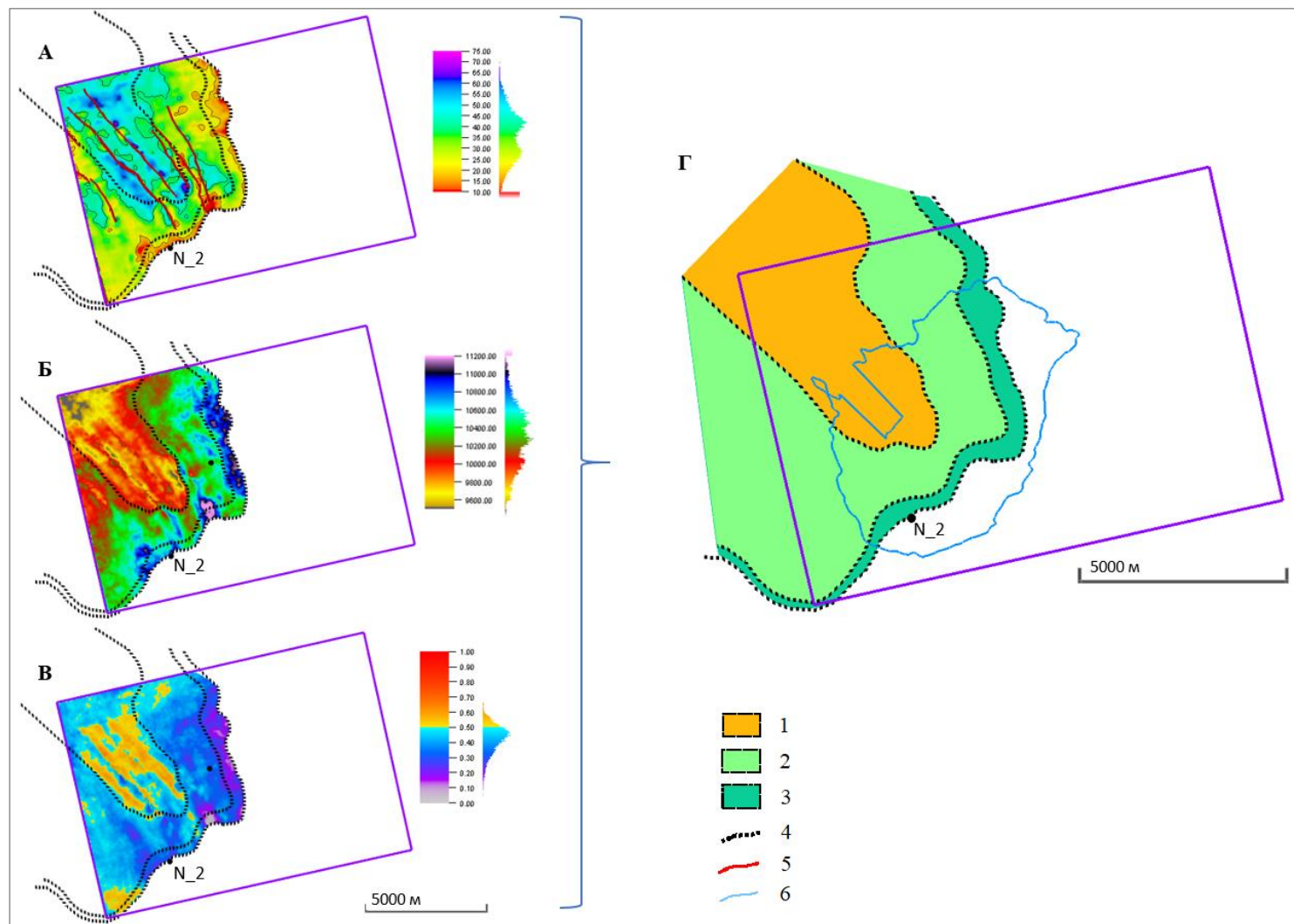


Рис. 10. Строение сиквенса J2s80 в плане

А - схема толщин, Б - схема среднего продольного импеданса, В - схема вероятности распространения «алевролитов», Г - литолого-фациальная схема. 1 - 3 - зоны: 1 - преобладание сейсмокласса «алевролитов», 2 - переходный сейсмокласс «алевролитов-глин», 3 - преобладание сейсмокласса «глин»; 4 - границы зон, 5 - разрывные нарушения, 6 - газо-водяной контакт, принят ый для оценки запасов (по [Гальперина, 2021; Гальперина, Агапитов, Аристархов, 2022] с изменениями и дополнениями).

Авторы статьи выражают признательность и благодарность И.Н. Керусову и А.И. Хисамудиновой за ценные советы при проведении исследования и подготовке настоящей статьи.

Литература

Агапитов И.Д., Керусов И.Н., Белова А.А., Штунь С.Ю., Алексеев А.Г. Выделение перспективных объектов в среднеюрских отложениях Манычско-Хвалынской структурной террасы (акватория Среднего Каспия) на основе комплексной интерпретации сейсмических данных // *Геофизика (ЕАГО)*. - 2018. - №3. - С. 4-9.

Гальперина А.А. Построение детальной сейсмогеологической модели продуктивных келловейских отложений акватории Среднего Каспия на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных // *ЛОМОНОСОВ-2021: материалы Международного молодежного научного форума*. - М.: МАКС Пресс, 2021. - 2 с.

Гальперина А.А., Агапитов И.Д., Аристархов А.В. Построение детальной сейсмогеологической модели перспективных келловейских отложений юго-западной части акватории Среднего Каспия // *ГеоЕвразия-2022. Геологоразведочные технологии: наука и бизнес: труды V Международной геолого-геофизической конференции*. - 2022. - Т. III (III). - С.114-116.

Глумов И.Ф., Миловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. - 342 с.

Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем: Учебное пособие для вузов. - М.: РГУНГ им. И.М. Губкина, 2014. - 344 с.

Медведев П.В., Попович С.В., Куклинский А.Я. Тектоническое строение и некоторые вопросы нефтегазогеологического районирования платформенного чехла акватории Северного и Среднего Каспия (в пределах Скифско-Туранской платформы) // *Вопросы геологии и перспективы нефтегазоносности Нижнего Поволжья и Каспийского моря: сб. науч. трудов*. - Волгоград: ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть», 2008. - Вып. 67. - С. 205-218.

Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел - литологических ловушек нефти и газа. - М: Недра. 1984. - 260 с.

Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. - М.: Недра, 1981. - 439 С.

Gal'perina A.A., Agapitov I.D., Aristarkhov A.V.

LUKOIL-Engineering, Moscow, Russia, Anna.Galperina@lukoil.com, Ivan.Agapitov@lukoil.com, Anton.Aristarkhov@lukoil.com

BUILDING OF THE COMPLICATED SEISMOGEOLOGICAL MODEL OF PROBABLE CALLOVIAN RESERVOIRS WITHIN THE EASTERN SULAK SWELL OF THE MIDDLE CASPIAN SEA AREA

The purpose of this study was a detailed analysis of Callovian strata to identify the eventually zones of reservoir within the studied structure N, located of the southwestern part of the Middle Caspian Sea area. The implementation of this activity was complicated by a number of seismogeological problems: a drop in the resolution of seismic data at a considerable depth, a strong background of multiples from contrasting overlying boundaries, as well as the thinness and shortness of low-contrast reservoirs in the studied interval. Under such complicated conditions, a detailed interpretation technique was used, which included a sequence stratigraphic analysis, a conceptual model of sedimentation, a phase-by-phase referencing of each reflection, tracking the tied boundaries within the studied structure, calculating attributes based on the results of synchronous seismic inversion, and combining the results. The reservoirs are confined to bar bodies according to the field description of the core and the analysis of logging facies in the Callovian strata of the Middle Caspian Sea area.

It was found that the studied strata presumably form an estuarine bar based on the methods of identifying bar bodies according to well logging data together with an analysis of the nature of the wave pattern within the J2s80 sequence.

The assumption of an elongated shape of the bar body was confirmed as a result of the analysis of the geometry and elastic parameters of the accumulative body of the J2s80 sequence in different directions. It was found that the studied mouth bar is characterized by a southeast strike. Three zones of predominant lithology are distinguished: siltstones, transitional siltstone-argillaceous and clays according to the proposed lithofacies scheme. The siltstone-dominated zone corresponds to lower acoustic impedance values and increased sequence thicknesses.

A detailed study of the Callovian strata according to the described method made it possible to forecast favorable zones that were not discovered by existing wells.

Keywords: *Callovian strata, sequence stratigraphy, bar bodies, well logging facies, seismic interpretation, synchronous seismic inversion, Middle Caspian Sea area.*

References

Agapitov I.D., Kerusov I.N., Belova A.A., Shtun' S.Yu., Alekseev A.G. *Vydelenie perspektivnykh ob'ektov v sredneyurskikh otlozheniyakh Manychsko-Khvalynskoy strukturnoy terrasy (akvatoriya Srednego Kaspiya) na osnove kompleksnoy interpretatsii seysmicheskikh dannykh* [Identification of Middle Jurassic prospects based on integrated seismic interpretation (Manych-Khvalyn terrace, Middle Caspian offshore)]. *Geofizika (EAGO)*, 2018, no. 3, pp. 4-9.

Gal'perina A.A. *Postroenie detal'noy seysmogeologicheskoy modeli produktivnykh kelloveyskikh otlozheniy akvatorii Srednego Kaspiya na osnove kompleksnoy interpretatsii geologo-geofizicheskikh dannykh* [Construction of a detailed seismogeological model of productive Callovian strata of the Middle Caspian Sea on the basis of complex interpretation of geological and geophysical data]. LOMONOSOV-2021: materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma. Moscow: MAKS Press, 2021, 2 p.

Gal'perina A.A., Agapitov I.D., Aristarkhov A.V. *Postroenie detal'noy seysmogeologicheskoy modeli perspektivnykh kelloveyskikh otlozheniy yugo-zapadnoy chasti akvatorii Srednego Kaspiya* [Building a detailed seismogeological model of prospective Callovian strata in the southwestern part of the Middle Caspian Sea]. *GeoEvraziya-2022. Geologorazvedochnye tekhnologii: nauka i biznes: trudy V Mezhdunarodnoy geologo-geofizicheskoy konferentsii*, 2022, vol. III (III), pp.114-116.

Glumov I.F., Malovitskiy Ya.P., Novikov A.A., Senin B.V. *Regional'naya geologiya i*

neftegazonosnost' Kaspiyskogo moray [Regional geology and oil and gas potential of the Caspian Sea]. Moscow: OOO «Nedra-Biznestsentr», 2004, 342 p.

Medvedev P.V., Popovich S.V., Kuklinskiy A.Ya. *Tektonicheskoe stroenie i nekotorye voprosy neftegazogeologicheskogo rayonirovaniya platformennogo chekhla akvatorii Severnogo i Srednego Kaspiya (v predelakh Skifsko-Turanskoy platformy)* [Tectonic structure and some issues of oil and gas geological zoning at the North and Middle Caspian offshore (within the Scythian-Turan platform)]. *Voprosy geologii i perspektivy neftegazonosnosti Nizhnego Povolzh'ya i Kaspiyskogo morya: sb. nauch. trudov.* Volgograd: OOO «LUKOYL-VolgogradNIPImorneft'», 2008, issue 67, pp. 205-218.

Muromtsev V.S. *Elektrometricheskaya geologiya peschanykh tel - litologicheskikh lovushek nefti i gaza* [Electrometric geology of sand bodies - lithological traps of oil and gas]. Moscow: Nedra, 1984, 260 p.

Reynek G.-E., Singkh I.B. *Obstanovki terrigennoy osadkonakopleniya* [Environments of terrigenous sedimentation]. Moscow: Nedra, 1981, 439 p.

Zhemchugova V.A. *Prakticheskoe primenenie rezervuarnoy sedimentologii pri modelirovanii uglevodorodnykh sistem: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Practical application of reservoir sedimentology in modeling hydrocarbon systems]. Moscow: RGUNG im. I.M. Gubkina, 2014, 344 p.

© Гальперина А.А., Агапитов И.Д., Аристархов А.В., 2023

