

УДК 550.8.052 + 550.834.05

DOI 10.31087/0016-7894-2021-5-45-54

Прогнозы по данным сейсморазведки на качественном и количественном уровне (на примере отложений тюменской свиты Западной Сибири)

© 2021 г. | Р.Ю. Копенкин¹, Т.Н. Кирьянова², М.Д. Федорова¹, О.Я. Кирзелева¹, Д.В. Кляжников¹, О.В. Смирнова¹, А.А. Калугин²

¹ООО «Инженерикс Групп», Москва, Россия; r.kopenkin@ingenix-group.ru; m.fedorova@ingenix-group.ru; o.kirzeleva@ingenix-group.ru; d.klyazhnikov@ingenix-group.ru; o.smirnova@ingenix-group.ru;

²ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Россия; tatyana.kiryanova@lukoil.com; alexandr.kalugin@lukoil.com

Поступила 11.12.2020 г.

Доработана 21.12.2020 г.

Принята к печати 02.06.2021 г.

Ключевые слова: сейсморазведка; прогноз коллекторских свойств; петрофизическое обоснование; спектральная декомпозиция; RGB-суммирование; сейсмическое моделирование; сейсмический отклик; тюменская свита; палеорусл; концептуальная геологическая модель.

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы прогноза коллекторских свойств пластов тюменской свиты на качественном и количественном уровне. В публикации освещены основные сложности изучения отложений тюменской свиты по сейсмическим данным, обусловленные их слабой дифференциацией по литотипам в поле упругих параметров. Особое внимание уделено принципам выявления геологических объектов палеоруслowego генезиса по результатам спектральной декомпозиции с применением технологии RGB-суммирования, на основе которого была выполнена попытка ранжирования палеорусл по ряду признаков на два типа: с преимущественно песчаным и преимущественно глинистым заполнением. Для подтверждения своих предположений было проведено сейсмическое моделирование (с привлечением реальных скважинных данных) для палеорусл с различным типом заполнения. Полученные результаты сейсмического моделирования совместно с данными бурения скважин (ГИС, керн) позволили сформулировать критерии для разделения выделенных палеорусл объектов на перспективные (песчаные) и неперспективные (заглинизированные). Показаны результаты прогноза палеорусл тел на реальных примерах по одному из месторождений в Ханты-Мансийском автономном округе, которые легли в основу построения концептуальной геологической модели и схемы осадконакопления продуктивного пласта Ю₃.

Для цитирования: Копенкин Р.Ю., Кирьянова Т.Н., Федорова М.Д., Кирзелева О.Я., Кляжников Д.В., Смирнова О.В., Калугин А.А. Прогнозы по данным сейсморазведки на качественном и количественном уровне (на примере отложений тюменской свиты Западной Сибири) // Геология нефти и газа. – 2021. – № 5. – С. 45–54. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-5-45-54.

Qualitative and quantitative prediction based on seismic data (by the example of Tyumen Formation in Western Siberia)

© 2021 | R.Yu. Kopenkin¹, T.N. Kiryanova², M.D. Fedorova¹, O.Ya. Kirzeleva¹, D.V. Klyazhnikov¹, O.V. Smirnova¹, A.A. Kalugin²

¹Ingenix Group, Moscow, Russia; r.kopenkin@ingenix-group.ru; m.fedorova@ingenix-group.ru; o.kirzeleva@ingenix-group.ru; d.klyazhnikov@ingenix-group.ru; o.smirnova@ingenix-group.ru;

²LUKOIL-Engineering; Moscow, Russia; t.kiryanova@lukoil.com; alexandr.kalugin@lukoil.com

Received 11.12.2020

Revised 21.12.2020

Accepted for publication 02.06.2021

Key words: seismic exploration; prediction of reservoir properties; rock physics; Frequency Decomposition; RGB blending; forward modelling; seismic response; Tyumen Formation; paleo-channel; conceptual geological model.

Abstract: The authors discuss the problems related to qualitative and quantitative prediction of reservoir properties of the Tyumen horizons. The paper covers the main challenges of the Tyumen formations studies using seismic data, which result from poor distinction between their lithotypes in the elastic parameter field. Particular attention is paid to the specifics of identification of geological objects having paleo-riverbed genesis using the results of frequency decomposition with RGB blending methodology. They made the basis for an attempt to classify paleochannels into following two types on the basis of several indicators: filled mainly with sand and with clay material. In order to verify the assumptions made, forward modelling was carried out (with the use of actual well data) for paleochannels with different types of filling. The obtained results of forward modelling together with well data (well logging, core) allowed formulating criteria for classification of identified paleochannel objects into promising (filled with sand) and showing no promise (shaled-out). The authors demonstrate the results of paleochannel body prediction by the examples from one of the fields in Khanty-Mansiysk Autonomous District, which made a basis for building a conceptual geological model and a sedimentation scheme of Yu₃ reservoir.

For citation: Kopenkin R.Yu., Kiryanova T.N., Fedorova M.D., Kirzeleva O.Ya., Klyazhnikov D.V., Smirnova O.V., Kalugin A.A. Qualitative and quantitative prediction based on seismic data (by the example of Tyumen Formation in Western Siberia). *Geologiya nefti i gaza*. 2021;(5):45–54. DOI: 10.31087/0016-7894-2021-5-45-54. In Russ.

Введение

На сегодняшний день сейсморазведка шагнула далеко вперед в вопросах планирования съемок и проведения полевых работ. Активно используются полноазимутальные, высокоплотные съемки, съемки по технологии UniQ (WesternGeco/Schlumberger) и т. д. Кроме того, разработчики программного обеспечения каждый год предлагают новые решения в области обработки и интерпретации данных сейсморазведки, соответствующие полевым материалам высокого качества.

За последние 15 лет только в области сейсмической инверсии, одной из основных технологий для количественного прогноза по данным сейсморазведки, наблюдается значительный прогресс. Если в начале 2000-х гг. в стандартный граф интерпретации входила акустическая инверсия, позднее появились алгоритмы нейронной, синхронной (AVA-инверсия), стохастической. Последние годы в специальной литературе и на конференциях все чаще обсуждаются результаты азимутальной инверсии.

В итоге геологи и разработчики ждут от сейсмиков точных прогнозов: достоверных карт эффективных толщин, кубов литологии и пористости. В случае отсутствия подтверждаемости результатов сейсмической интерпретации данными последующего бурения или заказывают новые варианты переобработки и переинтерпретации, или перестают доверять материалам сейсморазведки.

Однако «в погоне за цифрой» остаются в тени факторы, от которых зависит достоверность прогноза. Это, во-первых, качество и полнота исходной геолого-геофизической информации и, во-вторых, сейсмогеологические особенности строения целевых отложений.

Несмотря на большой прогресс в области полевой сейсморазведки, на территории России, особенно в условиях Западной Сибири, общепринятым стандартом являются простые, так называемые экономически облегченные съемки с расстояниями между линиями приема, равными 300–400 м, между линиями возбуждения — 300–400 м, между пунктами приема — 50 м и пунктами возбуждения — 50 м, с кратностью, равной 48–64, с максимальными удалениями 3500 м. При таких исходных данных применение специальных технологий, нацеленных на анализ изменения динамических характеристик сейсмического сигнала на ближних и дальних удалениях, практически не имеет смысла. Особенно, когда у нас нет априорной информации о скоростях S-волны (V_s), так как в лучшем случае мы имеем в скважинах редкие замеры скоростей продольных волн (V_p) и еще более редкие замеры объемной плотности (RHOV).

Часто по упругим параметрам среды (акустическому импедансу (AI), V_p , V_p/V_s) диапазон нефте-, водонасыщенных коллекторов полностью перекрывается диапазоном значений неколлекторов. Такая ситуация характерна, например, практически для всех продуктивных отложений тюменской свиты Западной Сибири (рис. 1). И в данном случае нельзя ожидать обоснованного прогноза эффективных толщин и/или пористости в интервале пластов Ю₂–Ю₃ по результатам сейсмической инверсии.

Вопреки этому, исполнители вынуждены искать любые корреляционные связи для выполнения пунктов технического задания и построения требуемых прогнозных карт свойств коллектора. Вопросы — как они были получены и существует ли в принципе физическое обоснование зависимости между прогнозными свойствами пласта и атрибутами — отходят на второй план, ведь карты построены, коэффициент корреляции приемлемый. А именно это, на взгляд авторов статьи, может иметь негативные последствия, так как необоснованные прогнозы, особенно если они не подтверждаются последующим бурением, подрывают доверие геологов и разработчиков к возможностям изучения фильтрационно-емкостных свойств пластов по данным сейсморазведки.

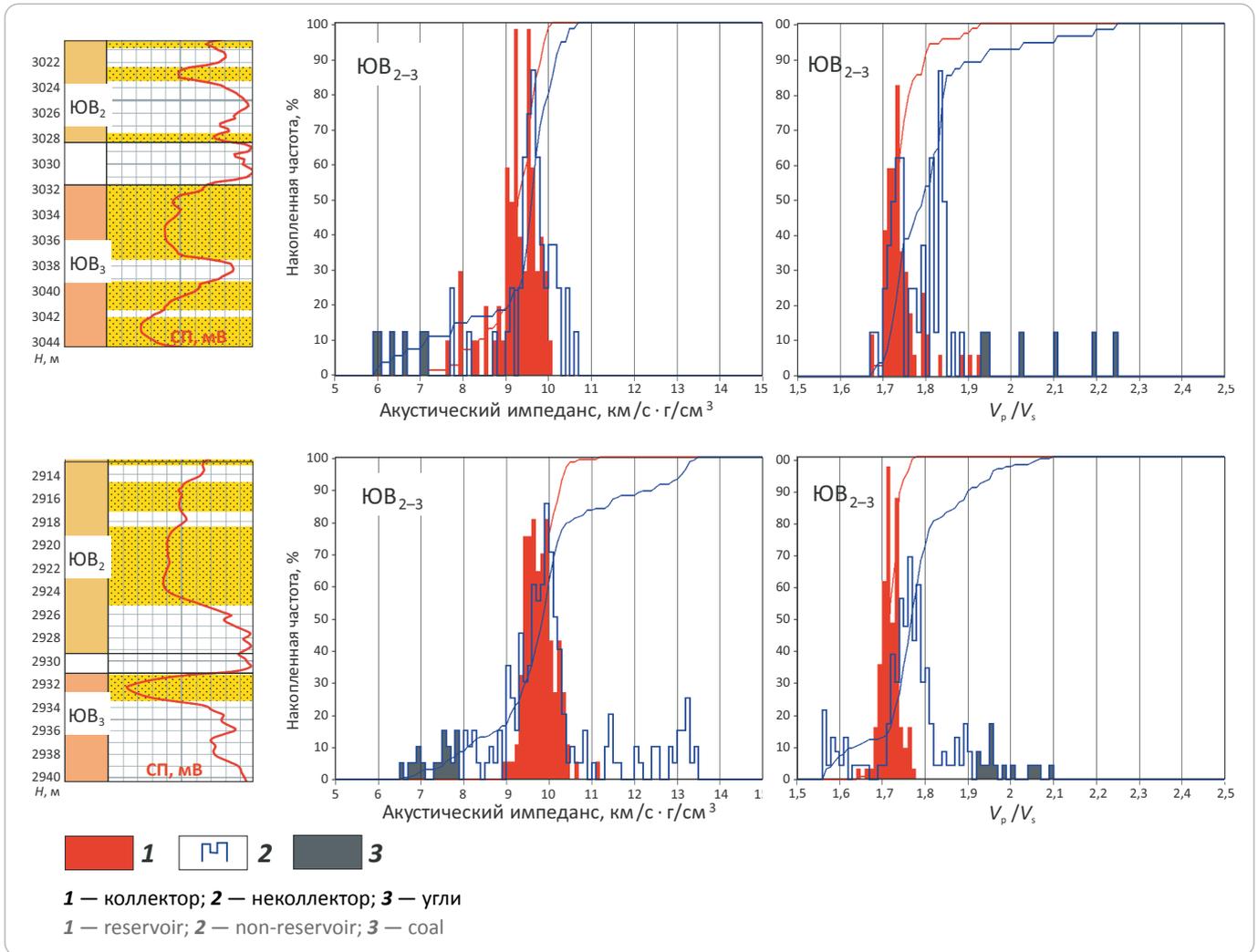
Для повышения надежности выполняемого прогноза необходимо понимать распределение упругих параметров изучаемых отложений по площади. Для этого выполняются работы по петрофизическому обоснованию. Именно по результатам изучения распределения упругих параметров в скважинах, в зависимости от выбранного литотипа, дается заключение о возможности/невозможности разделения изучаемых пород по признаку коллектор – неколлектор в поле упругих параметров. Даже при отсутствии четкого разделения по литотипам такой анализ позволяет оценить диапазоны изменения упругих параметров для коллекторов и неколлекторов и использовать это для последующей комплексной интерпретации.

Особенности изучения отложений тюменской свиты по данным сейсморазведки

Сложное геологическое строение пластов тюменской свиты вызывает определенные трудности при их прогнозе по данным сейсморазведки. Базируясь на анализе палеогеографических карт от позднего тоара до бата [1], можно сделать вывод, что длительный период времени в южных и центральных районах Западной Сибири господствовали континентальные условия осадконакопления. Осадки средней и верхней подбит тюменской свиты в Широтном Приобье формировались в условиях пологих и низменных аллювиальных равнин, для которых были характерны меандрирующие и анастомозирующие (ветвящиеся) речные системы [2].

Рис. 1. Гистограммы распределения акустического импеданса и отношения скоростей продольных и поперечных волн для коллекторов и неколлекторов в интервале пластов ЮВ₂₋₃

Fig. 1. Histograms of Acoustic Impedance and V_p/V_s for reservoirs and non-reservoirs in the interval of YuV₂₋₃ layers



Аномалии «шнурковой» формы, отождествляемые с палеоруслами в нижне- и среднеюрском сейсмостратиграфическом комплексе, выявляются с той или иной степенью достоверности по ряду сейсмических атрибутов на кубах с различными параметрами полевых съемок, в том числе и с невысокой кратностью. Однако характерной особенностью коллекторов тюменской свиты являются их незначительные отличия от вмещающих пород по упругим параметрам. По этой причине корреляционные связи между атрибутами и петрофизическими свойствами пластов практически отсутствуют. Что делать интерпретатору в этом случае? Привлечь для прогноза подходы множественной регрессии и нейросетевого моделирования и в итоге построить искомые карты эффективных толщин и пористости сомнительной надежности? Или найти другой выход?

Чтобы достичь результата стоит «сделать шаг назад», вернуться с количественного на качественный

уровень интерпретации, где в результате интерпретации сейсмических данных мы получаем схемы осадконакопления площади исследования, зоны развития коллекторов с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами, связанные с распространением палеорусловых фаций (фации аккреционных кос, прирусловых валов и др.). В таком случае за каждой схемой стоит геологическая концепция, а не просто ряд цифр, которые удалось получить по спорным, часто не предоставляемым в отчетах, корреляционным зависимостям.

Спектральная декомпозиция

Технология, доказавшая свою эффективность в изучении палеорусловых объектов, — спектральная декомпозиция. Такой подход, как разложение сейсмического сигнала на спектральные или частотные составляющие, известен уже достаточно давно, но настоящую популярность технология начала при-

обретать в последнее время благодаря росту производительности компьютеров, появлению нового поколения графических видеокарт и программных решений. Современные программные комплексы позволяют существенно сократить временные затраты на подбор параметров, расчет кубов цветовых сумм (RGB-сумм) и анализ результатов с использованием RGB-визуализации, при которой происходит смешивание трех различных кубов при помощи аддитивной цветовой модели RGB (Red, Green, Blue — красный, зеленый, синий). Выбор основных цветов (основными цветами считаются красный, зеленый и синий) обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза. Аддитивной (англ. *addition*) она называется потому, что цвета получаются путем добавления к черному цвету. Изображение в данной цветовой модели состоит из трех каналов. При смешении основных цветов мы получаем дополнительные: синего (B) и красного (R) — пурпурный (magenta), зеленого (G) и красного (R) — желтый (yellow), зеленого (G) и синего (B) — бирюзовый (cyan). При смешении всех трех цветовых компонентов мы получаем белый цвет.

Детальное выделение границ перспективных палеорусловых объектов по их морфологическим признакам выполняется по седиментационным срезам куба RGB-суммы. На этом этапе для верификации выделенных объектов и их генезиса используется вся имеющаяся геолого-геофизическая информация по скважинам (ГИС, керн). Однако не всегда выделяемые палеорусловые объекты изучены бурением, поэтому оценить их коллекторские свойства и поисковый потенциал бывает затруднительно.

Сейсмическое моделирование

Для анализа особенностей сейсмического отклика и получения визуальных образов сейсмической записи в зависимости от различного строения тюменских пластов, применяется сейсмическое моделирование. Результаты моделирования позволяют установить взаимосвязи между динамическими характеристиками сейсмической записи (интенсивностью, формой записи и др.) в зависимости от изменения петрофизических свойств изучаемых отложений (пористости, литологии, насыщения). В упрощенном виде сейсмическое моделирование сводится к созданию набора синтетических трасс по одной или нескольким скважинам для различных моделируемых сценариев, которые выбираются на основе анализа имеющихся петрофизических данных по результатам бурения. Создаются типичные (обобщенные) модели, которые описывают контрастные вариации петрофизических характеристик изучаемых отложений при условии, что они могут быть дифференцированы в поле упругих параметров. Полученные вариации сейсмических образов для разных сценариев затем соотносятся с реальными сейсмическими изображе-

ниями, что позволяет идентифицировать перспективные объекты по всему объему данных.

Для проведения сейсмического моделирования в интервале изучаемых пластов выбирались скважины с характерным строением разреза для русловых и пойменных обстановок осадконакопления, где имелись качественные замеры акустического и гамма-гамма плотностного каротажа (DT и RHOV). По ним было смоделировано несколько сценариев изменения петрофизических свойств.

Нужно подчеркнуть, что сейсмическое моделирование в рамках проектов по изучению отложений тюменской свиты было проведено по ряду месторождений, расположенных в пределах Ханты-Мансийского автономного округа в различных нефтегазоносных районах: Вартовском, Сургутском, Шаимском, Сергинском, Красноленинском, Ляминском. Результаты анализа модельных трасс показали схожее поведение сейсмических откликов на изменение коллекторских свойств для пластов Ю₂₋₄. В итоге был сделан вывод о том, что изменение литологического состава пород изучаемого интервала отображается в сейсмической волновой картине.

1. При замещении коллектора на неколлектор отмечается усиление интенсивности сейсмической записи, т. е. палеоканалам и фаціальным зонам с преимущественно глинистым характером разреза (например, болоту) будут соответствовать повышенные амплитуды (рис. 2).

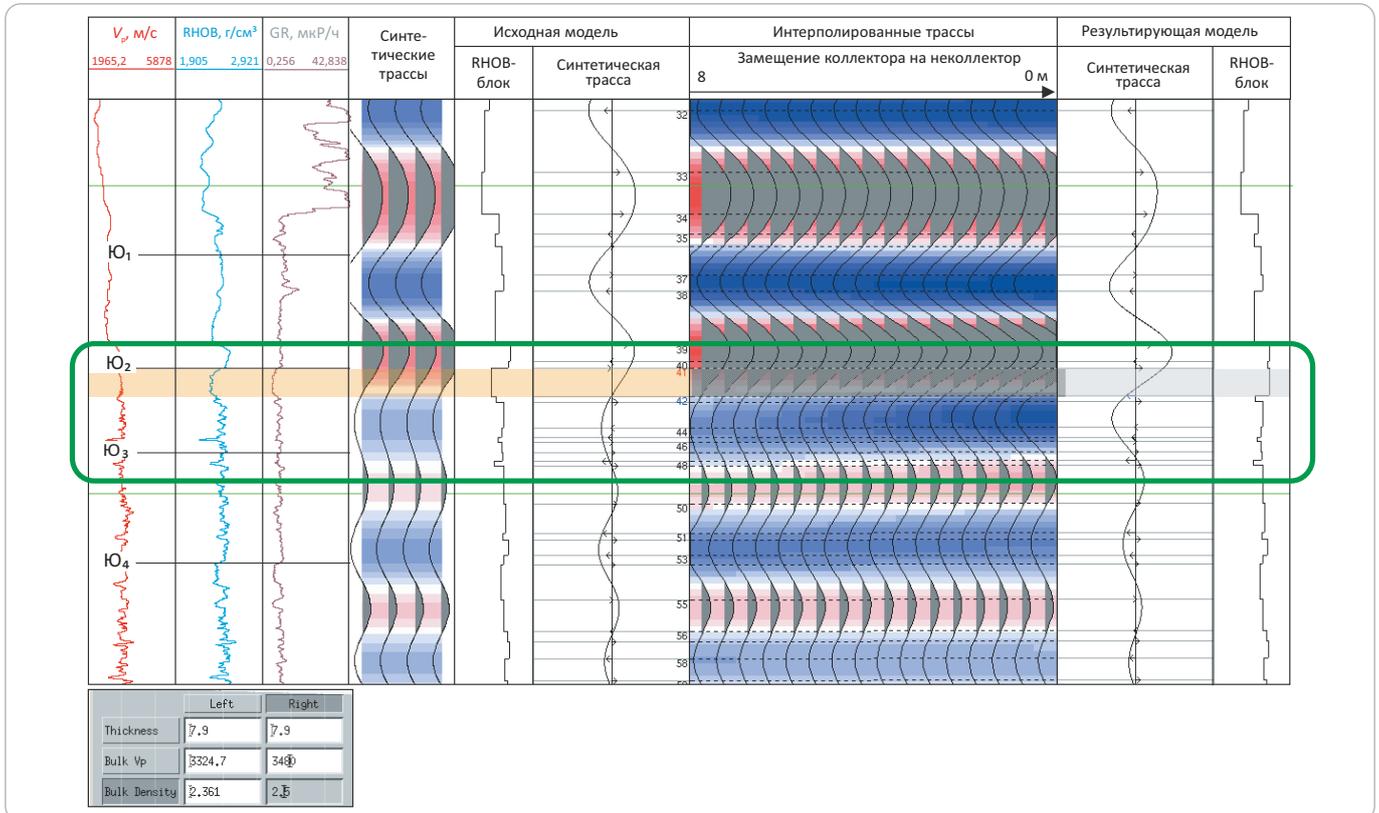
2. При замещении неколлектора на коллектор фиксируется заметное ослабление интенсивности сейсмической записи, т. е. палеоруслам с преимущественно песчаным характером разреза будут соответствовать ослабленные амплитуды. Иногда наблюдается полное или частичное исчезновение положительного отражения в кровле пласта (рис. 3).

Выявленные закономерности поведения сейсмического отклика в зависимости от строения изучаемых пластов позволяют оптимистически рассматривать возможность изучения отложений тюменской свиты по данным сейсморазведки — хотя бы и на качественном уровне.

Пример изучения отложений тюменской свиты по одному из месторождений в Ханты-Мансийском автономном округе

Рассмотрим процесс создания схемы осадконакопления пласта Ю₃ одного из месторождений в Ханты-Мансийском автономном округе. В 2009 г. на месторождении проведена съемка 3D на площади 200 км². При полевых работах использовался взрывной источник возбуждения, кратность составляла 42. Месторождение находится в разработке с 2013 г. На сегодняшний день на площади работ пробурено более 150 скважин. Пласты Ю₂₋₆ продуктивны. Наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами

Рис. 2. Сейсмическое моделирование в интервале пласта Ю₂, замещение коллектора на неколлектор
Fig. 2. Forward modelling in the interval of Yu₂ layer shaling out



характеризуется «базальный» пласт Ю₆. Расположенные выше по разрезу коллекторы пластов Ю₂₋₅ обладают ухудшенными свойствами. Тем не менее русловые песчаники пластов Ю₃₋₄ достигают эффективных толщин в 15 м, $K_{пр} = 0,213$ мкм². Цель работы – выявление местоположения русловых песчаников пластов Ю₃₋₄ в плане.

На рассматриваемом месторождении по итогам изучения вертикальных и погоризонтных срезов сейсмического куба, куба акустического импеданса и куба RGB-суммы после спектральной декомпозиции (совместно с данными бурения скважин) было выделено два типа палеорусел, имеющих различные характеристики.

Палеорусловые объекты первого типа, сложенные породами преимущественно песчаного состава, проявляются в разрезе значительным ослаблением энергии (рис. 4). На картах амплитуд и вертикальных сечениях их часто невозможно идентифицировать, и только анализ срезов вдоль горизонта по кубу RGB-суммы дает возможность выделения таких тел. Палеорусла, подобные представленному на рис. 4, были подтверждены 26 скважинами, эффективные толщины в них достигают 15,5 м.

В отличие от вышеописанных, палеорусла второго типа, предположительно заполненные глинистыми осадками, характеризуются максимальными

амплитудами и энергией сейсмического сигнала. Они отчетливо идентифицируются на срезах куба RGB-суммы (соотносятся с белой цветовой гаммой), а также на вертикальных сечениях, на картах геометрических атрибутов, на изохронных поверхностях (рис. 5). Палеоканалы второго типа имеют достаточно небольшую ширину (100–250 м) и не вскрыты скважинами. Однако вышеописанные закономерности поведения динамических характеристик сейсмической записи для таких палеорусловых объектов позволяют предположить, что, помимо глинистых осадков, они могут содержать более акустически контрастные породы – прослой углей, что и способствует формированию яркого отражения. Это предположение требует дальнейшего изучения и подтверждения.

Глинизация рек – известное явление и объясняется рядом причин. Основная – «жизненный цикл» реки. Любая река обычно проходит три стадии: юности, зрелости и старости. В период юности река течет по неровному рельефу, региональный уклон ее русла на всем протяжении достаточно крутой, скорость течения велика. На этой стадии происходят активные процессы глубинной (донной) эрозии, которые приводят к интенсивному углублению русла. Коэффициент извилистости реки на этой стадии минимален. В период зрелости глубинная эрозия сменяется боковой. Скорость течения реки снижается. В эту ста-

GEOPHYSICAL SURVEYS

Рис. 3. Сейсмическое моделирование в интервале пластов Ю₃₋₄, замещение неколлектора на коллектор в верхней части пласта
Fig. 3. Forward modelling in the interval of Yu₃₋₄ layer, substitution of non-reservoir by reservoir in the upper part of the layer

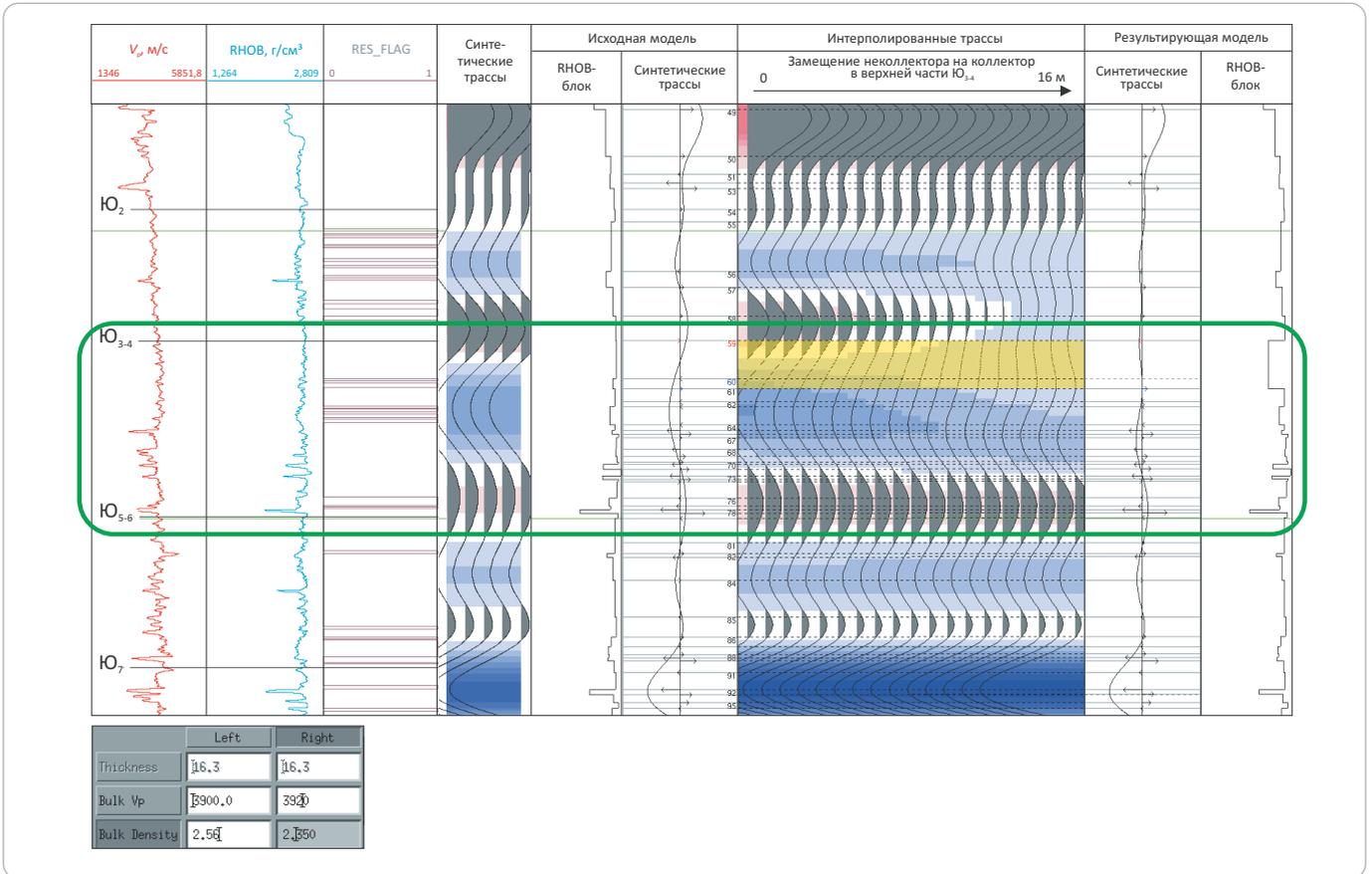


Рис. 4. Пример ранжирования палеорусел первого типа (пласт Ю₃)
Fig. 4. Example of ranking of the first-type paleochannels (Yu₃ layer)

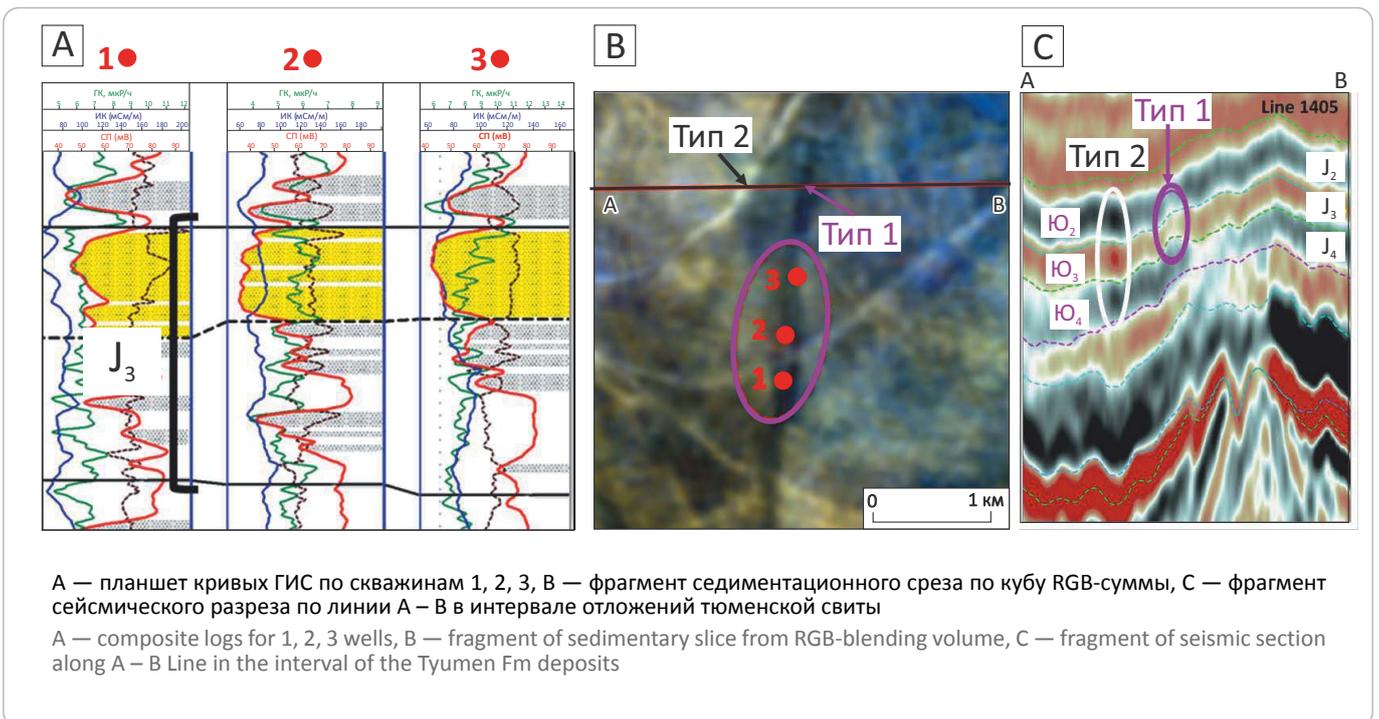
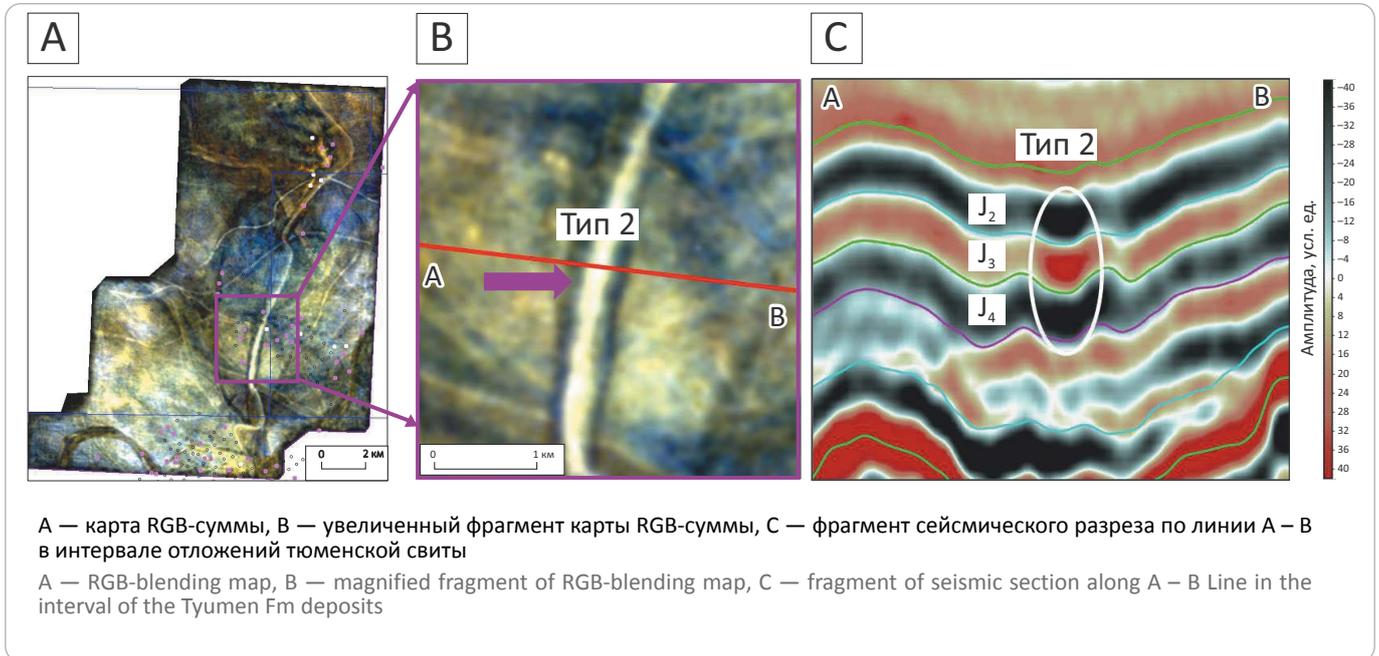


Рис. 5. Пример ранжирования палеорусел второго типа (пласт Ю₃)
Fig. 5. Example of ranking of the second-type paleochannels (Yu₃ layer)



дию формируются прирусловые отмели. Появляются излучины — меандры, приводящие к увеличению коэффициента извилистости реки, образованию многочисленных рукавов, по которым вода течет параллельно основному руслу, и к возникновению обширных аллювиальных равнин поймы. В период старости течение реки настолько замедляется, что она на отдельных своих участках неспособна транспортировать продукты разрушения. Река распадается на ряд изолированных друг от друга водоемов — стариц. Происходит закупоривание русла. На поверхности начинают отлагаться глинистые осадки речной поймы. Такая последовательность развития рек обычно нарушается поднятиями и опусканиями земной коры, колебаниями уровней морей и озер, изменениями климата, которые вносят в «жизнь» рек непрерывные изменения: вызывают то усиление, то замедление эрозии, то «омоложение», то быстрое «старение» реки.

Результаты сейсмического моделирования песчаных и глинистых пластов по нескольким месторождениям в Ханты-Мансийском автономном округе были использованы совместно с анализом скважинных данных (ГИС, керн) для ранжирования палеорусел, выделенных по результатам спектральной декомпозиции (рис. 6), что позволило сформулировать основные признаки для разделения палеорусел по типу преобладающего песчаного или глинистого материала.

Палеоканалы, заполненные преимущественно глинистым материалом, имеют следующие признаки:

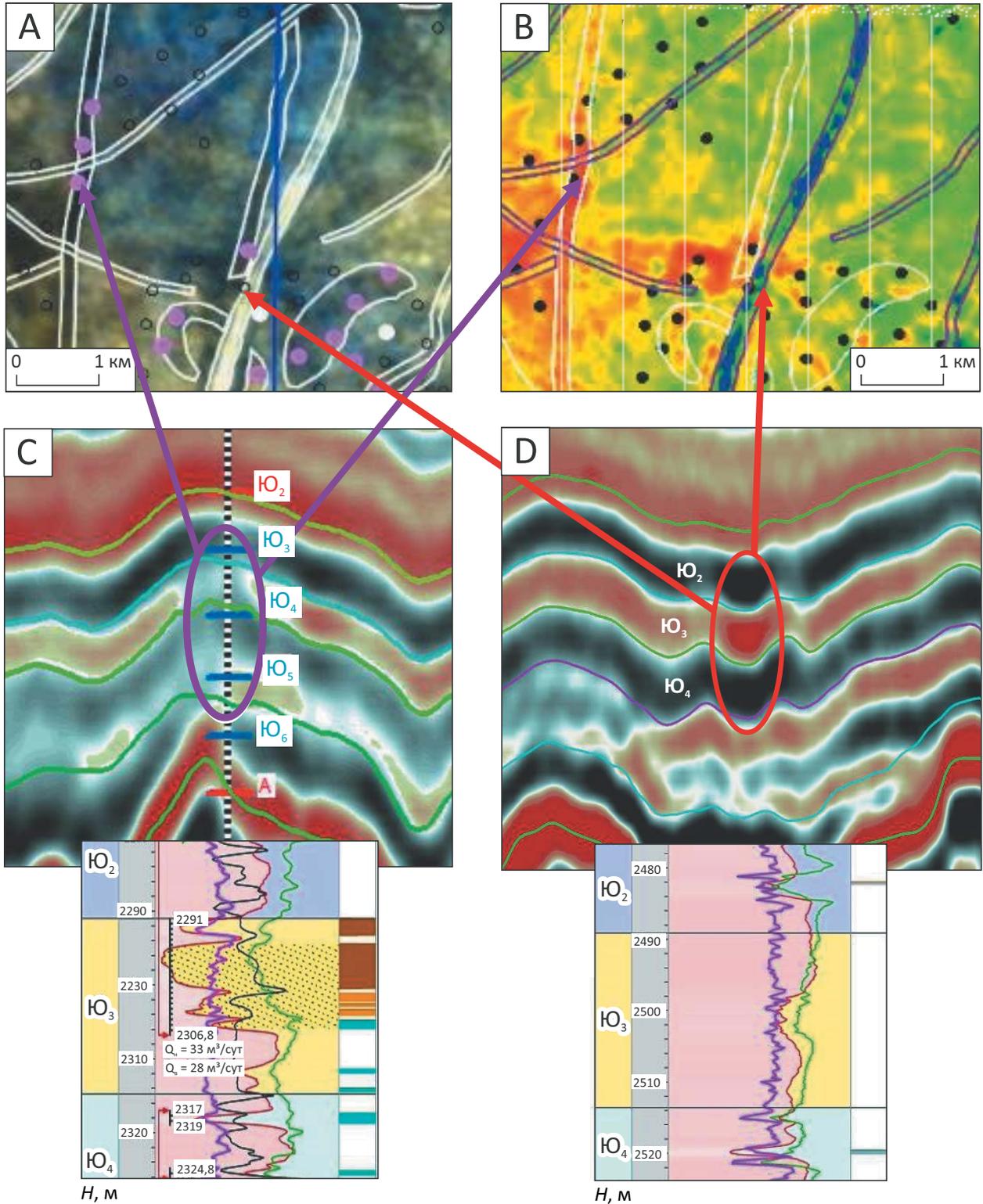
- 1) отличаются усилением амплитуд на картах сейсмических атрибутов и вертикальных срезах;
 - 2) характеризуются преимущественно белой цветовой гаммой на картах RGB-сумм.
- Долгоживущие реки:
- 3) фиксируются на картах когерентности;
 - 4) могут прослеживаться на картах RGB-сумм на уровне нескольких пластов.

С помощью приведенных выше признаков на изучаемом месторождении было выполнено ранжирование палеорусел по типу заполняющих их пород. Это дало возможность объединить эти результаты с учетом имеющейся скважинной информации, данными по региональной геологии и выполнить (на качественном уровне) прогноз распределения коллекторских свойств, который лег в основу концептуальной геологической модели и схемы условий осадконакопления продуктивного пласта Ю₃ (рис. 7).

Моделирование литологии и петрофизических параметров в процессе создания геологической 3D-модели выполнялось отдельно по русловой и пойменной частям, с учетом наличия заглинизированных палеорусел (см. рис. 7). Вариограммы и геолого-статистические разрезы задавались отдельно. Это позволило учесть гетерогенное строение пласта. Русловая часть характеризуется гораздо большими толщинами коллекторов, лучшей их связностью и в целом лучшими фильтрационно-емкостными свойствами, чем пойменная. Новые эксплуатационные скважины было рекомендовано заложить в перспективных палеорусловых объектах.

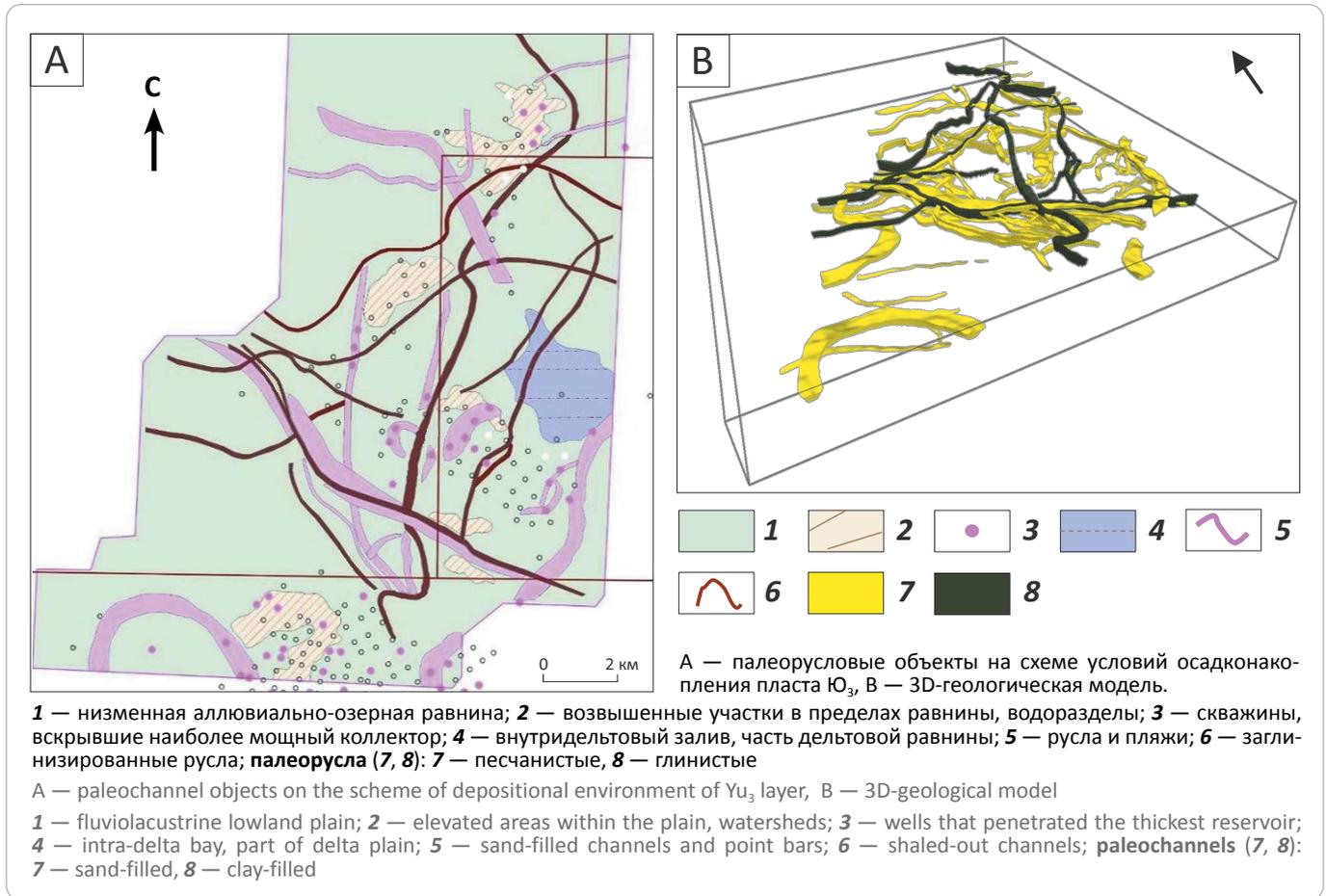
GEOPHYSICAL SURVEYS

Рис. 6. Пример ранжирования палеорусел (пласт Ю₃)
Fig. 6. Example of paleochannels ranking (Yu₃ layer)



A — карта RGB-суммы, B — карта акустического импеданса, C — вертикальный срез сейсмического куба через песчаное палеорусло, D — вертикальный срез сейсмического куба через заглинизированное палеорусло
 A — RGB-blending map, B — Acoustic Impedance map, C — vertical section of seismic cube across the sand-filled paleo paleochannel, D — vertical section of seismic cube across the shaled-out paleochannel

Рис. 7. Палеорусловые объекты на схеме условий осадконакопления пласта Ю₃ и в 3D-геологической модели
Fig. 7. Paleochannel objects on the scheme of depositional environment of Yu₃ layer and in 3D geological model



Закключение

Особенности геологического строения пластов тюменской свиты вызывают определенные сложности их изучения по сейсмическим данным. Отсутствие четкого разделения по литотипам (коллектор – неколлектор) в поле упругих параметров не дает предпосылок для достоверного количественного прогноза фильтрационно-емкостных свойств по результатам инверсионных преобразований. Осознание этого факта способ-

ствует поиску альтернативных решений для прогноза распространения коллекторов более высокого качества по сейсмическим данным. Переход на уровень качественного прогноза (без конкретных цифр, но с пониманием условий формирования изучаемых пластов) дает возможность создать более надежные концептуальные и трехмерные геологические модели и, следовательно, планировать заложение более успешных эксплуатационных скважин.

Литература

1. Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 972–1012.
2. Федорова М., Кирзелева О., Катаев О. и др. Тюменская свита. Методология создания концептуальных геологических моделей // Oil&Gas Journal Russia. – 2016. – № 11. – С. 60–63.

References

1. Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shurygin B.N., Vakulenko L.G., Gaideburova E.A., Danilova V.P., Kazanenkov V.A., Kim N.S., Kostyreva E.A., Moskvina V.I., Yan P.A. Jurassic paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Russian Geology and Geophysics*. 2013;54(8):747–779.
2. Fedorova M., Kirzeleva O., Kataev O. et al. An approach to creating conceptual geological models of the Tyumen suite. *Oil&Gas Journal Russia*. 2016;(11):60–63.

GEOPHYSICAL SURVEYS

Информация об авторах

Копенкин Роман Юрьевич

Менеджер по сейсморазведке
ООО «Индженикс Групп»,
119071 Москва, Ленинский пр-т, д. 15А
e-mail: r.kopenkin@ingenix-group.ru
ORCID ID: 0000-0003-1363-1867

Кирьянова Татьяна Николаевна

Начальник Управления сейсмических исследований
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,
109028 Москва, Покровский б-р, д. 3 стр. 1
e-mail: tatyana.kiryanova@lukoil.com

Федорова Милана Дмитриевна

Кандидат геолого-минералогических наук,
начальник отдела
ООО «Индженикс Групп»,
119071 Москва, Ленинский пр-т, д. 15А
e-mail: m.fedorova@ingenix-group.ru

Кирзелева Оксана Яковлевна

Менеджер по сейсморазведке
ООО «Индженикс Групп»,
119071 Москва, Ленинский пр-т, д. 15А
e-mail: o.kirzeleva@ingenix-group.ru

Кляжников Дмитрий Викторович

Кандидат геолого-минералогических наук,
менеджер по петрофизике
ООО «Индженикс Групп»,
119071 Москва, Ленинский пр-т, д. 15А
e-mail: d.klyazhnikov@ingenix-group.ru
ORCID ID: 0000-0002-4330-2274

Смирнова Ольга Владимировна

Ведущий геофизик
ООО «Индженикс Групп»,
119071 Москва, Ленинский пр-т, д. 15А
e-mail: o.smirnova@ingenix-group.ru

Калугин Александр Александрович

Начальник Управления геологического моделирования
и подсчета запасов углеводородов по российским проектам
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,
109028 Москва, Покровский б-р, д. 3 стр. 1
e-mail: alexandr.kalugin@lukoil.com

Information about authors

Roman Yu. Kopenkin

Seismic Exploration Manager
Ingenix Group,
15A, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia
e-mail: r.kopenkin@ingenix-group.ru
ORCID ID: 0000-0003-1363-1867

Tatiana N. Kiryanova

Head of Seismic Research Department
LUKOIL-Engineering,
3/1, Pokrovskii bul'var, Moscow, 109028, Russia
e-mail: tatyana.kiryanova@lukoil.com

Milana D. Fedorova

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Head of Department
Ingenix Group,
15A, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia
e-mail: m.fedorova@ingenix-group.ru

Oksana Y. Kirzeleva

Seismic Exploration Manager
Ingenix Group,
15A, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia
e-mail: o.kirzeleva@ingenix-group.ru

Dmitriy V. Klyazhnikov

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Petrophysics Manager
Ingenix Group,
15A, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia
e-mail: d.klyazhnikov@ingenix-group.ru
ORCID ID: 0000-0002-4330-2274

Olga V. Smirnova

Senior Geophysicist
Ingenix Group,
15A, Leninsky prospekt, Moscow, 119071, Russia
e-mail: o.smirnova@ingenix-group.ru

Aleksandr A. Kalugin

Head of the Department for Geological Modeling
and Calculation of Hydrocarbon Reserves for Russian Projects
LUKOIL-Engineering
3/1, Pokrovskii bul'var, Moscow, 109028, Russia
e-mail: alexandr.kalugin@lukoil.com