

УДК: 551.242:004.4

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ



Н.Г. МАТЛОШИНСКИЙ^{1*},
технический директор,
кандидат геолого-
минералогических наук



Р.Н. МАТЛОШИНСКИЙ¹
главный специалист
по геоинформационным
системам, кандидат
биологических наук

³ТОО «RESERVOIR EVALUATION SERVICES»
Республика Казахстан, 050044, г. Алматы, ул. Ахмедиярова, 24

Современная интегрированная интерпретация скважинных и сейсмических данных позволяет решать широкий круг задач на основе построения надежных концептуальных геологических моделей изучаемых площадей. Тотальная корреляция сейсмических горизонтов позволяет рассматривать изучаемый разрез во всех его деталях с максимальным использованием сейсмической информации и обеспечивать объективное ее сопоставление со скважинными данными. Такой подход особенно важен для целенаправленного изучения перспектив нефтегазоносности, как в структурных ловушках, так и в ловушках неструктурного типа, с одной стороны, и построения объективных геостатических моделей - с другой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: концептуальная геологическая модель, спектральная декомпозиция, тотальная корреляция

КОНЦЕПТУАЛЫ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҮЛГІЛЕРДІ ҚҰРУҒА АРНАЛҒАН ҚАЗІРГІ МҮМКІНДІКТЕР

^{1*} Автор для переписки. E-mail: nmatloshinskiy@gmail.com

Н.Г. МАТЛОШИНСКИЙ¹, «RES» ЖШС, техникалық директор

Р.Н. МАТЛОШИНСКИЙ¹, «RES» ЖШС, КТ жетекші маманы;

¹ЖШС «RESERVOIR EVALUATION SERVICES»

Қазақстан Республикасы, 050044, Алматы қаласы., Ахмедияров көшесі, 24

Ұңғымалық және сейсмикалық мәліметтерді кешенді түрде заманауи талдау зерттеу жүргізілген аудандардың берік тұжырымдамалық геологиялық модельдерін құруға негізделген көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Сейсмикалық горизонттарды жаппай корреляциялау зерттеудегі тілімдерді сейсмикалық ақпараттарды толығымен қолдана отырып, нақтылай бөлшектеп қарастыруға және оны ұңғымалық мәліметтермен объективті түрде салыстыруға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл бір жағынан құрылымдық торларда да, құрылымдық емес торларда да мұнай-газ әлеуетін мақсатты түрде зерттеу үшін, екінші жағынан объективті геостатикалық модельдерді құрастыру үшін өте маңызды.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: Тұжырымдамалық геологиялық модель, спектрлік ыдырау, жалпы корреляция, көлденең куб, сейсмикалық атрибуттар, антиклиналды емес тұзақтар.

MODERN OPPORTUNITIES FOR BUILDING CONCEPTUAL GEOLOGICAL MODELS

N.G. MATLOSHINSKIY¹, RES LLP, Technical Director;

R.N. MATLOSHINSKIY¹, RES LLP, Leading specialist on CT

¹«RESERVOIR EVALUATION SERVICES» LLP

Republic of Kazakhstan, 050044, Almaty, Akhmediyarov st., 24

Modern integrated interpretation of borehole and seismic data allows solving a wide range of problems based on the construction of reliable conceptual geological models of the studied areas. The total correlation of seismic horizons allows us to consider the studied section in all its details with the maximum use of seismic information and to ensure its objective comparison with well data. This approach is especially important for the purposeful study of the prospects for oil and gas potential, both in structural traps and non-structural traps, on the one hand, and the construction of objective geostatic models, on the other.

KEYWORDS: Conceptual geological model, spectral decomposition, total correlation, horizons stack, seismic attributes, non-anticlinal traps.

Концептуальные геологические модели (КГМ) дают общее представление о строении конкретных участков недр, опираясь на интерпретацию доступных полевых и скважинных данных. Основной их целью является формирование понимания какого типа геологические объекты развиты в пределах изучаемой площади и с какими из них следует связывать перспективы нефтегазоносности. Объективная КГМ позволяет дать достаточно полное представление об этих объектах, что существенно облегчает поиски залежей. И если в случае со структурного типа объектами с замкнутыми и полузамкнутыми тектонически экранированными ловушками проблем, как правило, не возникает, то с неантиклинальными и комбинированными ловушками надежные модели просто незаменимы.

В современных условиях, когда классические антиклинальные замкнутые структуры практические исчерпаны, надежды при поисках залежей УВ остаются, главным образом, на НАЛ - неантиклинальные стратиграфически (литологически) экраниро-

ванные ловушки. Надежность таких объектов как ловушек обычно слабо обоснована, и залежи в них известны часто только потому, что были случайно вскрыты при поисках на структурные объекты. В достаточно редких случаях обоснования бурения на НАЛ решающую роль играют стройность обосновывающей идеи и правдоподобные рассуждения.

Между тем сегодняшние возможности поисков, благодаря МОГТ 3Д, современным обработкам и интегрированной интерпретации со скважинными данными, таковы, что прогноз перспективных объектов может выполняться на хорошей доказательной основе. Для этого важен каждый элемент имеющегося фактического материала, начиная со скважинных данных и заканчивая интерпретацией сейсмических материалов, представляющих собой практически единственный прямой источник информации о межскважинном пространстве.

Развитие вычислительной техники и технологий обработки данных, включая оперативную обработку больших объемов информации и ее анализ на основе алгоритмов искусственного интеллекта, позволяют работать со всем объемом сейсмической информации. Они делают неоправданно расточительной интерпретацию сейсмических данных на основе разреженной регулярной сети интерпретируемых линий (10x10, 5x5 линий), что фактически приводит к аккуратному использованию только 10-20% полученной информации о межскважинном пространстве [1-4].

Стратификация разреза только на опорные сейсмические горизонты, как правило, далеко расположенных от резервуаров, приводит к использованию больших интервалов для получения динамической характеристики разреза, включающих наряду с коллекторами значительные, зачастую многократно превышающие коллектор по мощности, интервалы не коллекторов [5]. Все это осложняет установление взаимосвязей между скважинными параметрами и динамическими характеристиками сейсмического сигнала, позволяющими прогнозировать и изучать ФЕС в межскважинном пространстве.

В качестве примера технологии, позволяющей повысить вертикальную и горизонтальную разрешенность интерпретации сейсмических данных, можно привести подход французской компании Eliis SAS, реализованный в программе PaleoScan [2]. Полноопределенная интерпретация сейсмических данных выполняется на основе выделения всех экстремумов сейсмического сигнала и их полуавтоматической увязки в протяженные изохронные поверхности (*рисунок 1*). Применение технологии давно практикуется в ТОО «RES» и позволяет успешно решать задачи прогноза нефтегазоносности.

Роль интерпретатора при таком подходе сводится к компиляции в модели изохронных поверхностей на основе уже готовых участков горизонтов, собранных в автоматическом режиме, зачастую корректно покрывающих значительную площадь и не требующих больших правок. Поскольку в модели последовательно и взаимосвязано присутствуют все выше- и нижележащие горизонты, интерпретация слабых, размытых и прерывистых отражений перестает быть невыполнимой задачей. При этом сокращаются интервалы получения динамических характеристик сейсмического отклика от потенциального резервуара практически до разрешения сейсмических данных.

Еще одним из современных подходов, позволяющих увеличить вертикальное разрешение интерпретации сейсмических данных, является использование погоризонтных срезов кубов цветовой суммы спектральной декомпозиции (*рисунок 2*). Увеличение разрешения достигается за счет использования алгоритма Matching Pursuit (HDFD), не уменьшающего разрешение полученных кубов спектральной декомпозиции использо-

ванием вертикальных фильтров с одной стороны, и уменьшения тюнинг эффекта за счет использования куба цветовой суммы трех кубов спектральной декомпозиции [6-9].

Полученный набор значительного количества, или даже всех присутствующих в сейсмических данных изохронных поверхностей, позволяет построить для заданного интервала модель относительного геологического времени и на ее основе строить кубы погоризонтных срезов атрибутов или кубов цветовой суммы спектральной декомпозиции (*рисунки 3-4*).

Увеличение разрешения структурной интерпретации приводит к необходимости пересмотра литологической стратификации разреза и переходу к увязанной лито-, сейсмо- и хроностратиграфической (учитывая, что интерпретируемые по сейсмическим данным горизонты являются изохронными поверхностями) стратификации разреза (*рисунки 5-6*) [10]. Кубы погоризонтных срезов атрибутов, фаций, цветовой суммы кубов спектральной декомпозиции - это хорошее основание для того, чтобы в полуавтоматическом и ручном режиме выделять локальные не площадные объекты, такие, как например, русловая система (*рисунки 7-8*) [11, 12]. Вертикальное положение отдельных русел при этом путем несложных операций заверяется скважинными данными (*рисунок 9*).

Детальная стратификация разреза и выделение отдельных элементов флювиальной системы в виде геологических тел открывают совершенно новые возможности получения надежных количественных зависимостей между характеристиками сейсмического сигнала и скважинными параметрами, что повышает надежность прогноза распространения пород-коллекторов и их ФЕС в межскважинном пространстве (*рисунок 10*)

Таким образом, использование современных технологий и подходов является надежным средством интеграции в концептуальной модели не только скважинных данных и представлений о структурном каркасе, базирующемся на положении опорных горизонтов, но и структурных построений, характеризующих непосредственно продуктивную часть разреза с детальностью разрешения современной сейсморазведки МОГТ 3Д. Кроме того, в концептуальную модель могут быть включены не площадные объекты, такие как элементы флювиальной системы, латеральное расположение которых не только установлено по сейсмическим материалам, но и увязано со скважинными данными и результатами седиментологических исследований.

Максимальное приближение интервалов динамического анализа к мощности продуктивных отложений позволяет устанавливать трендовые зависимости между сейсмическими и скважинными параметрами и использовать их для прогноза ФЕС коллектора и, в отдельных случаях, его насыщения в межскважинном пространстве. Благодаря тщательности изучения разреза, полученные таким образом концептуальные модели, являются надежным средством прогноза будущих залежей и хорошим подспорьем для построения геостатических моделей выявленных месторождений для их рациональной разработки. 📍

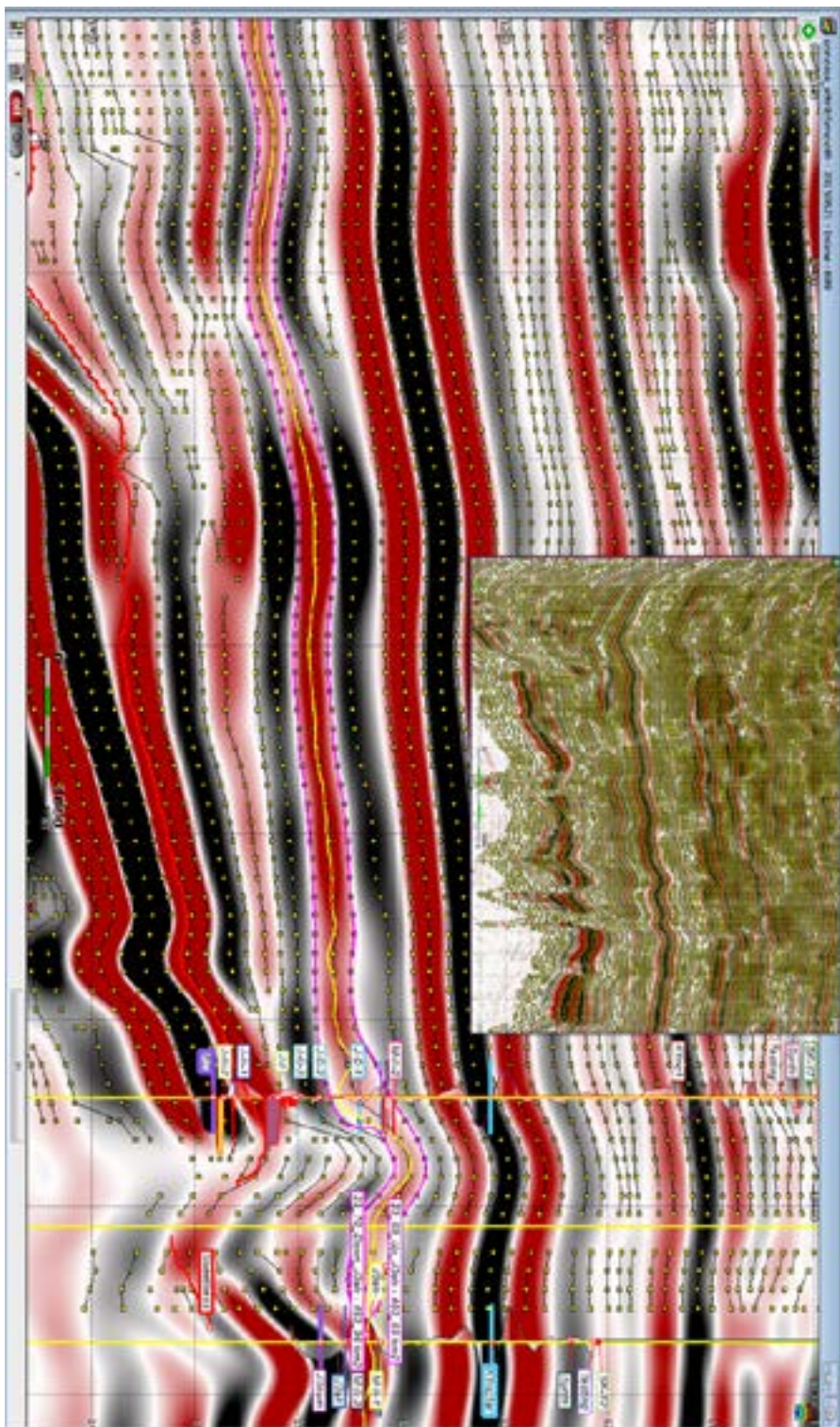


Рисунок 1 - Выделение и корреляция всех пиков, прогибов и точек перегиба в кубе сейсмических данных (PaleoScan)

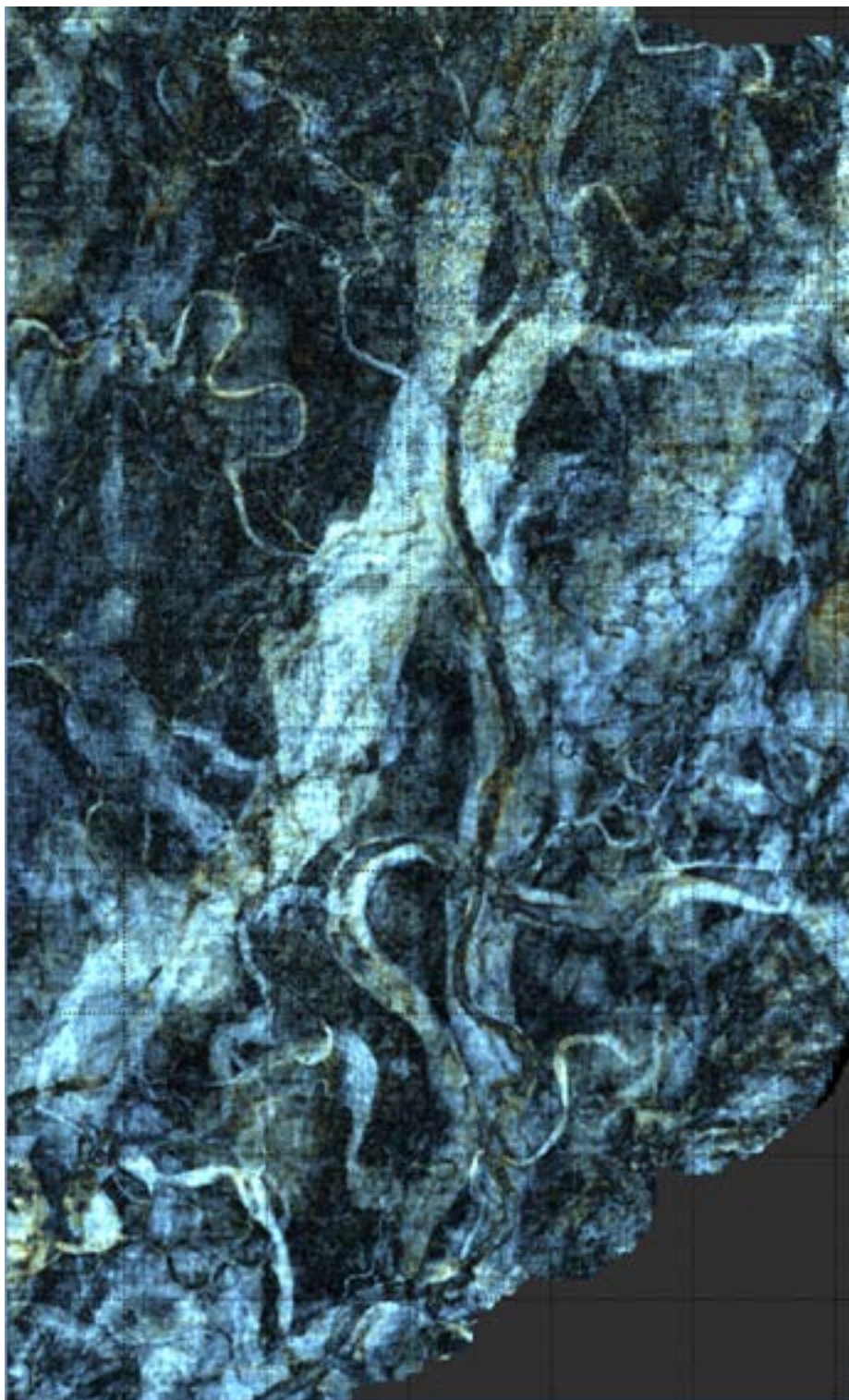


Рисунок 2 - Погоризонтный срез куба цветовой суммы кубов спектральной декомпозиции HDFD (ffA GeoTeGic)

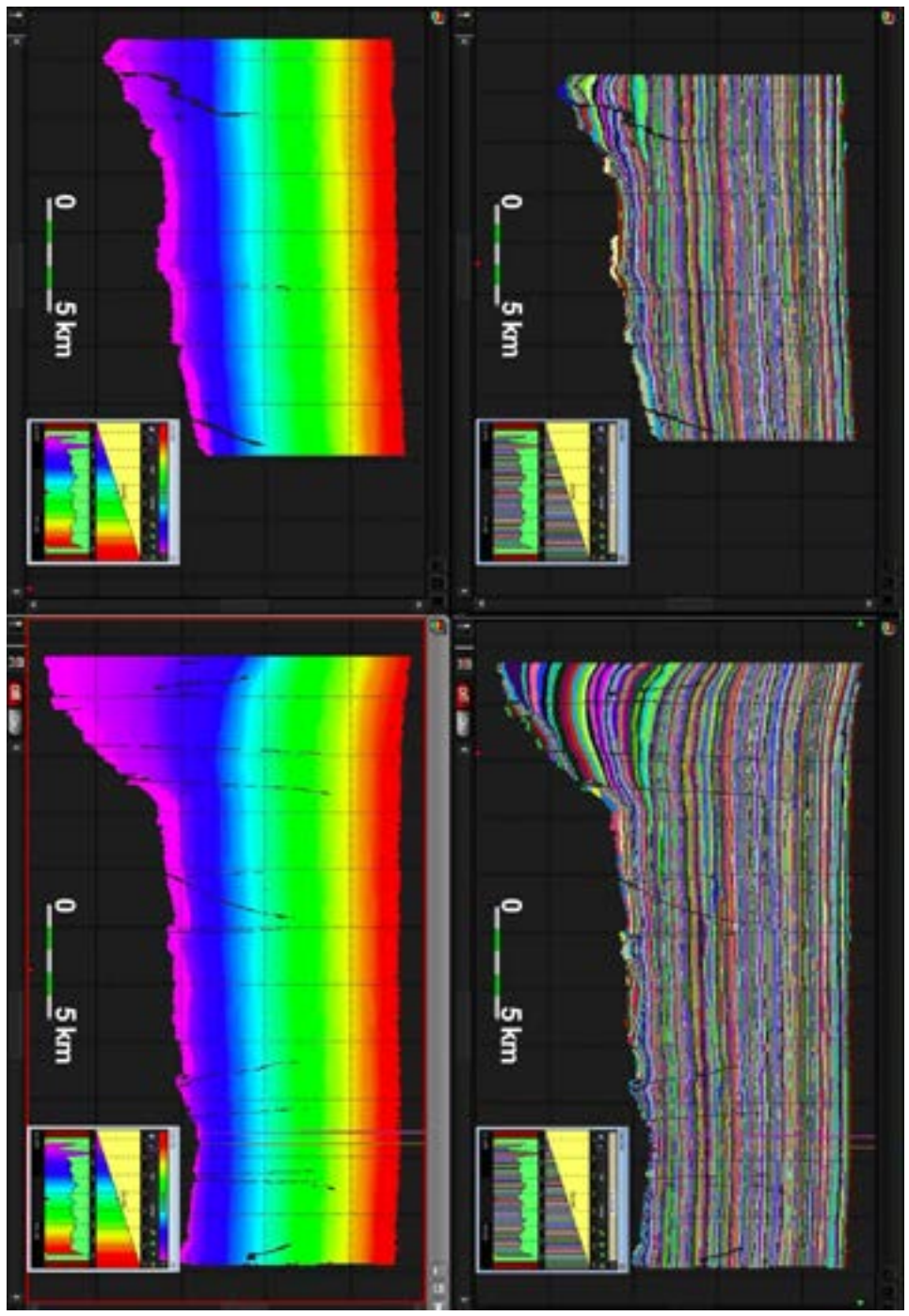


Рисунок 3 - Разрезы модели относительного геологического времени (Ellis PaleoScan)

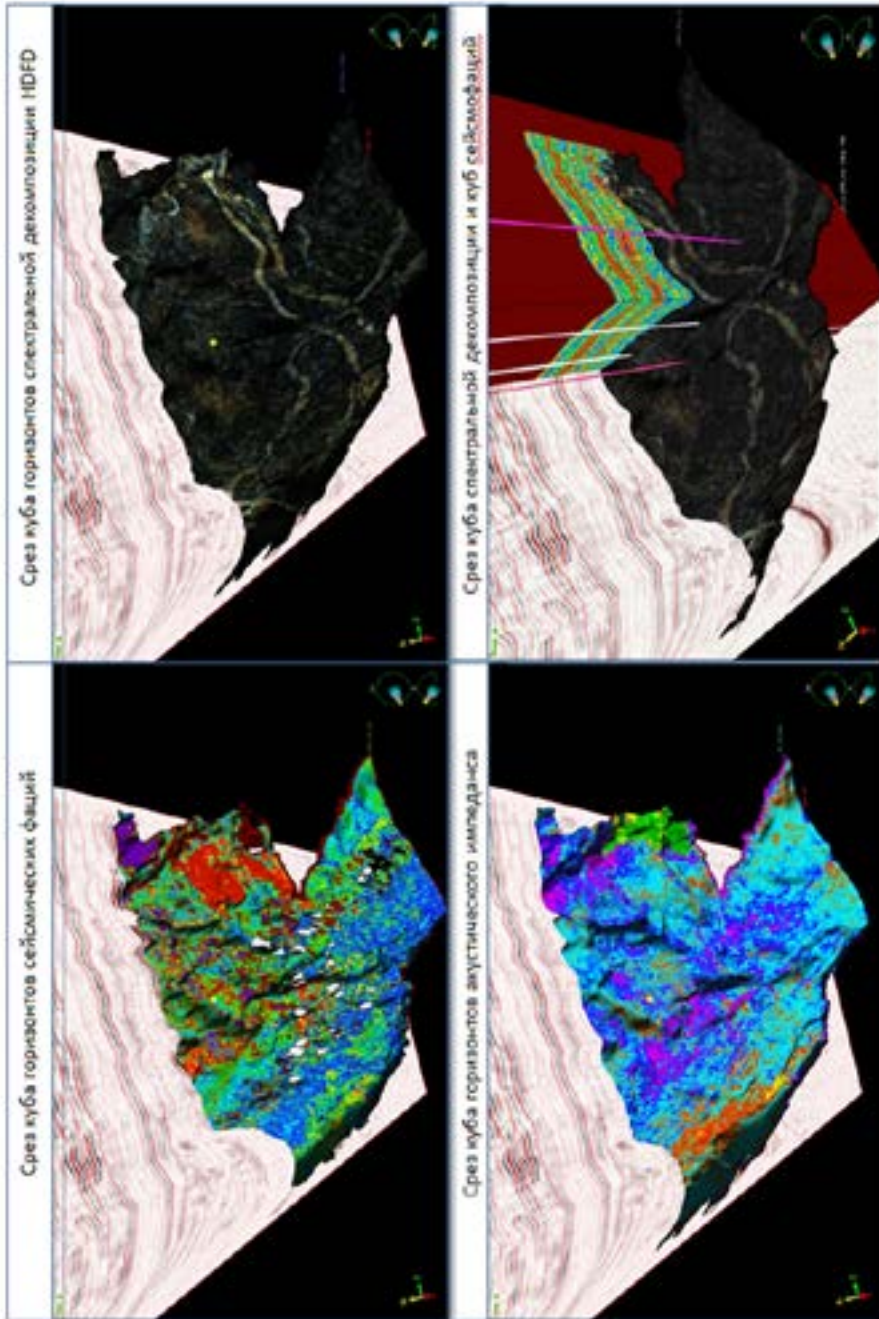


Рисунок 4 - Кубы погоризонтных срезов сейсмических атрибутов, фаций и кубов цветовой суммы спектральной декомпозиции

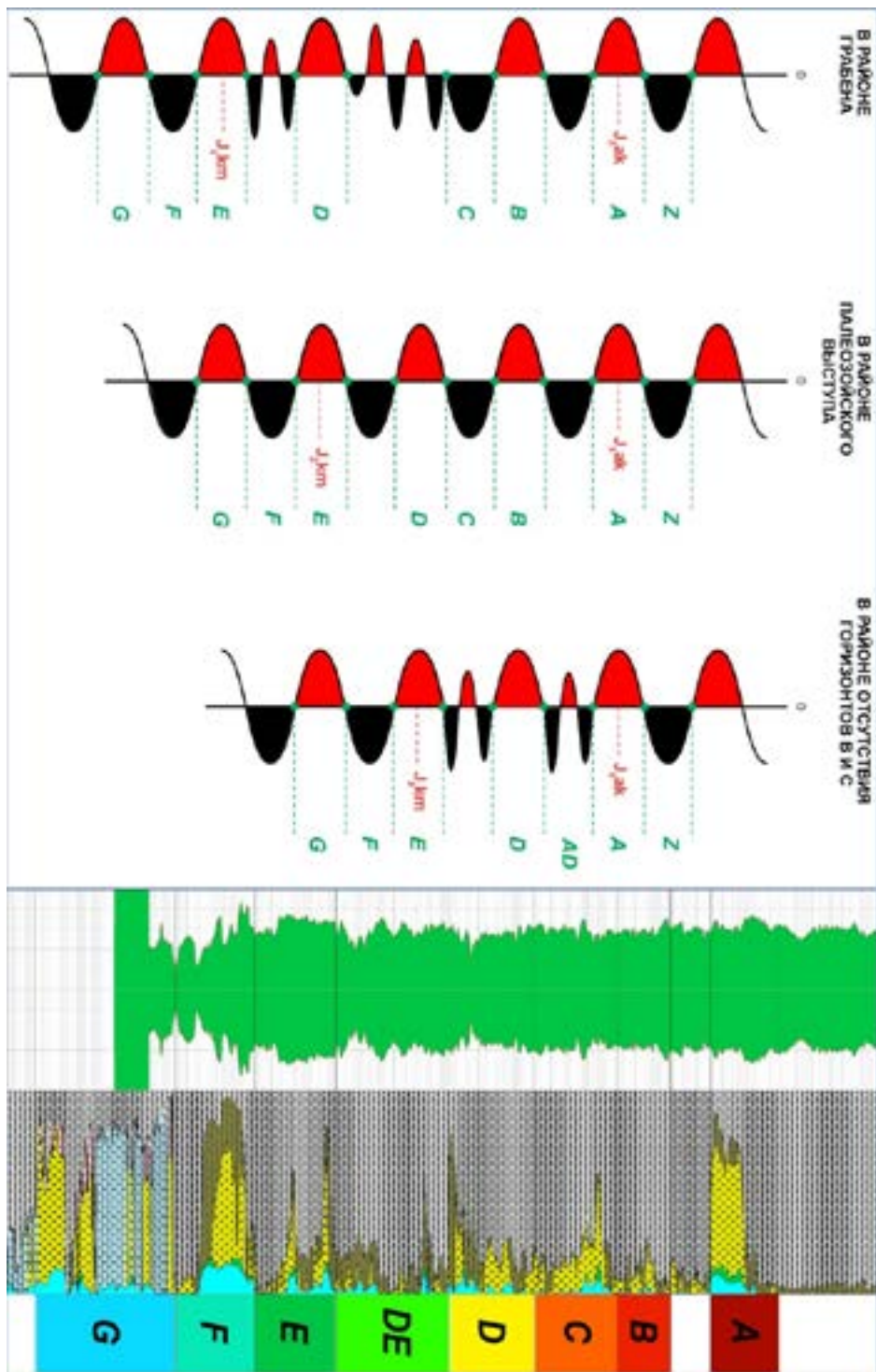


Рисунок 5 - Увязка лито-, сейсмо- и хроностратиграфической стратификации продуктивной части разреза

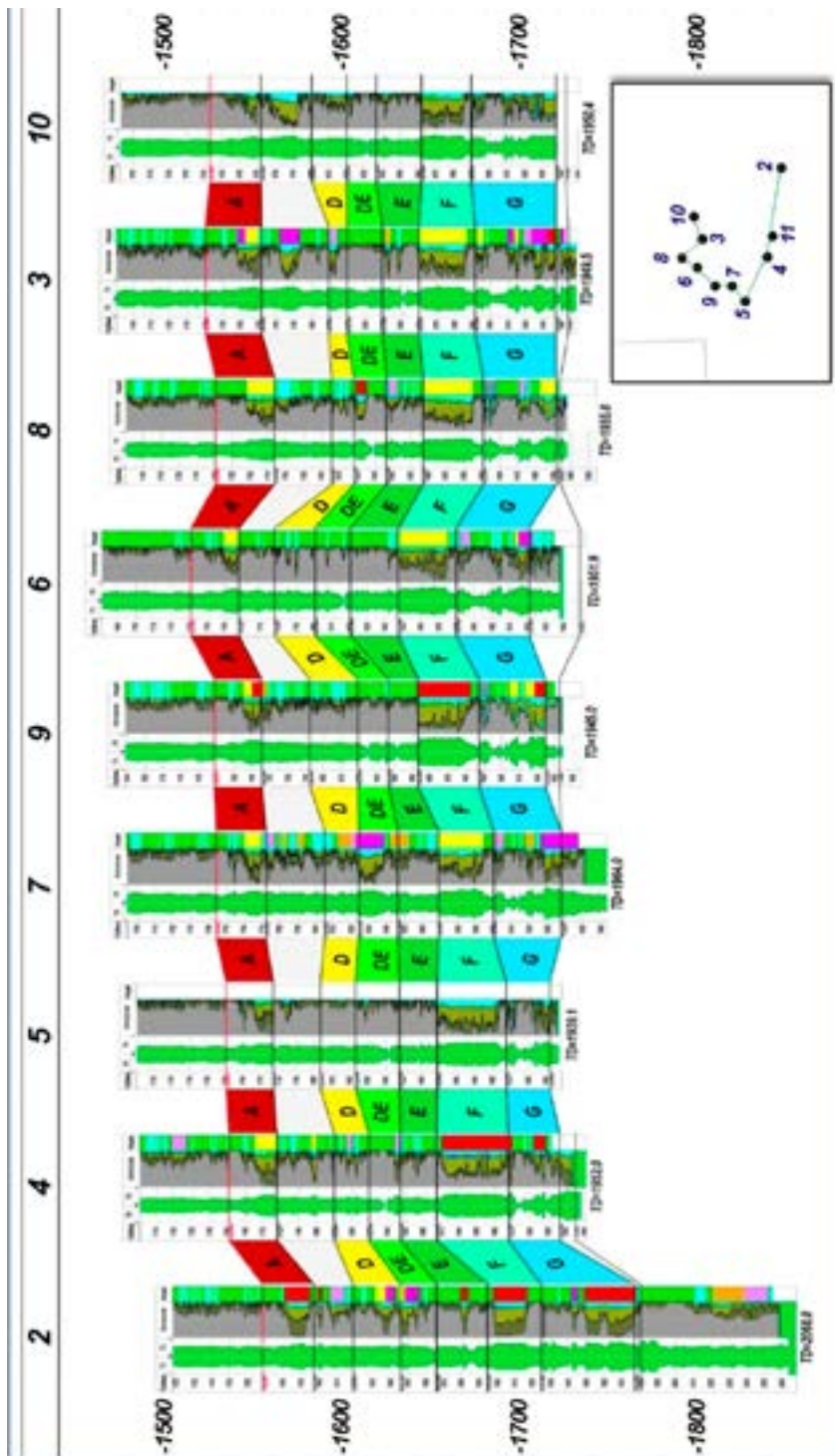


Рисунок 6 - Схема корреляции продуктивной толщи по одному из месторождений исследуемого района

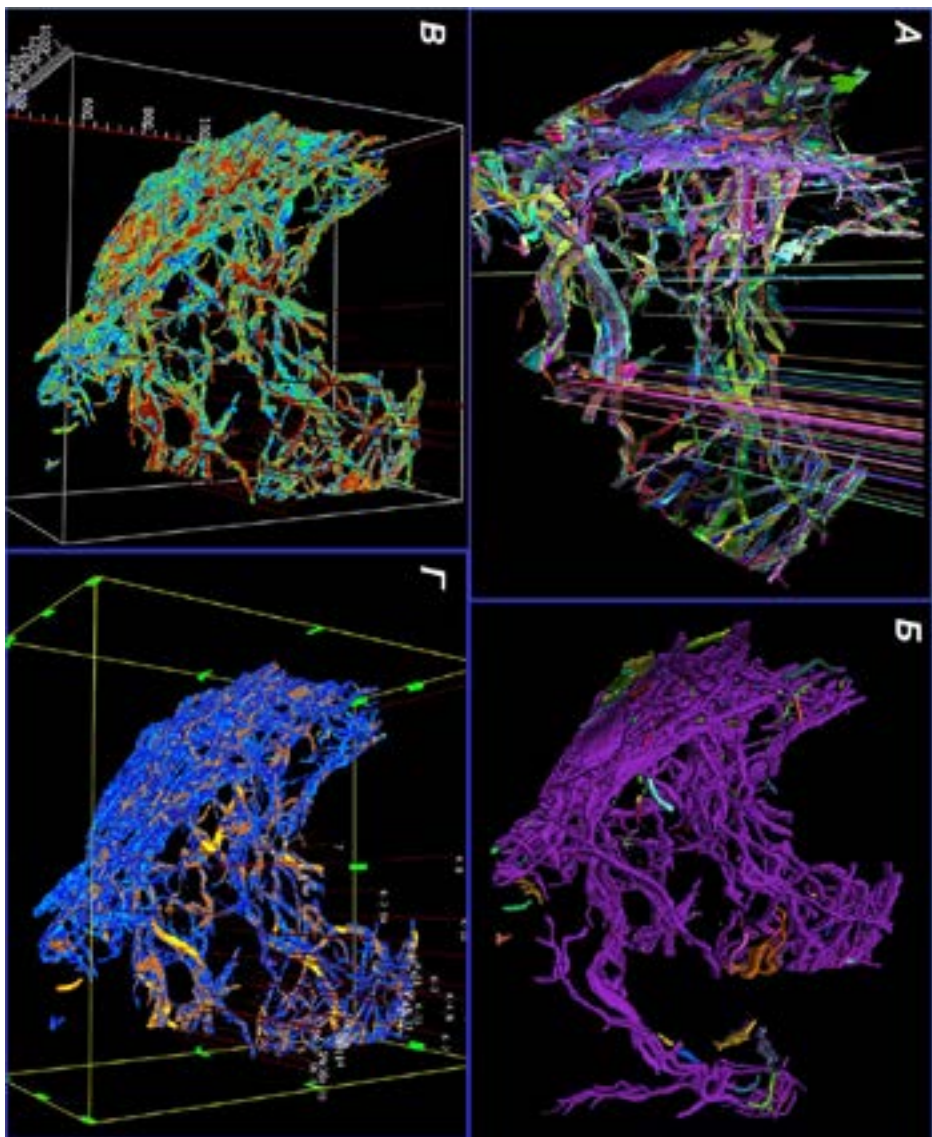


Рисунок 7 - Выделенные геологические тела палеозойского эллиса PaleoScan (А), Ретрей (Б), геологические тела палеозойского эллиса Naiburiton Geoprobe (В), и куба атрибутов Sweetness (Г) данными куба сейсмических фаций

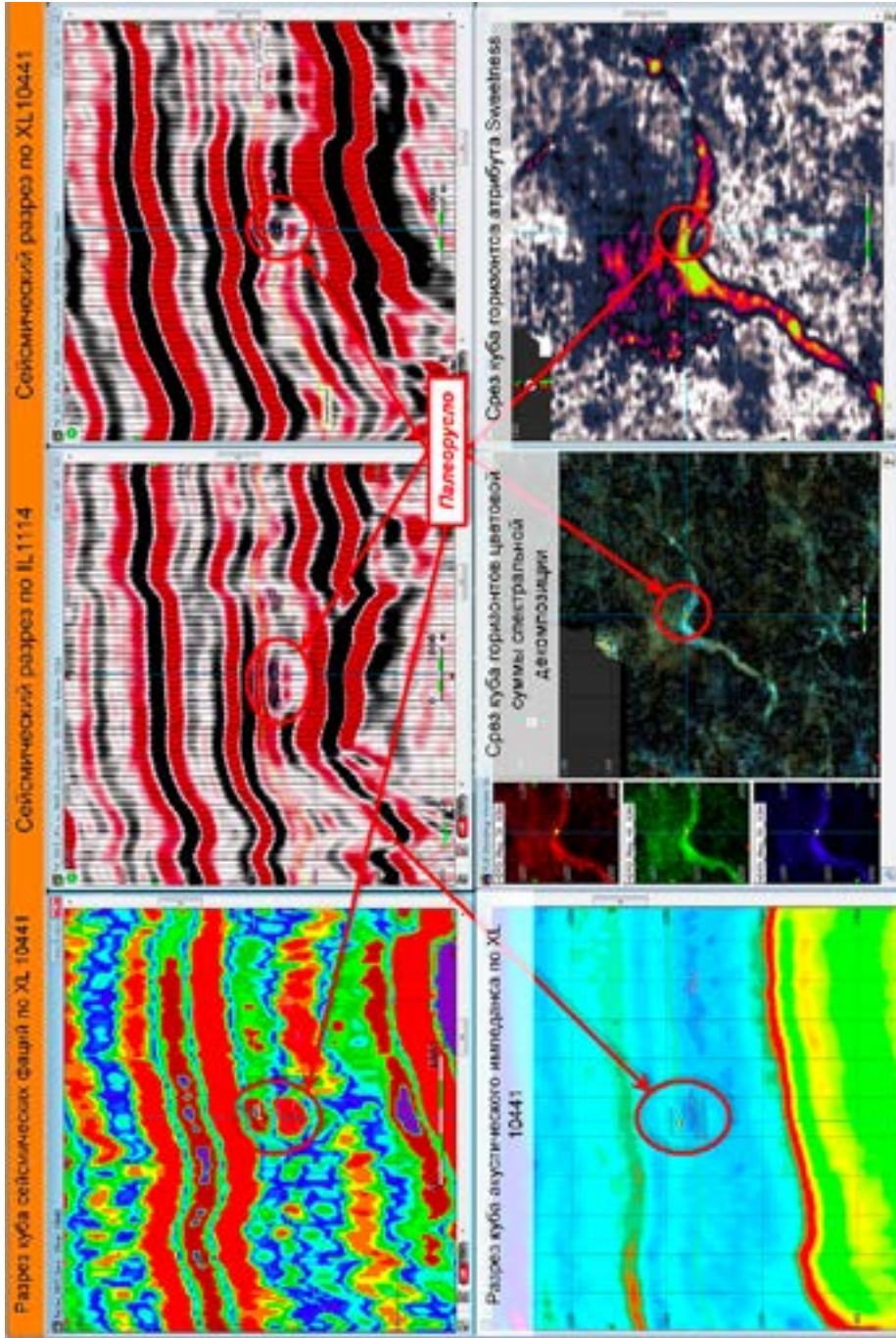


Рисунок 8 - Прослеживание геологических тел палеорусел по кубам горizontов сейсмических атрибугов, фаций, спектральной декомпозиции и акустического импеданса (Ellis PaleoScan)

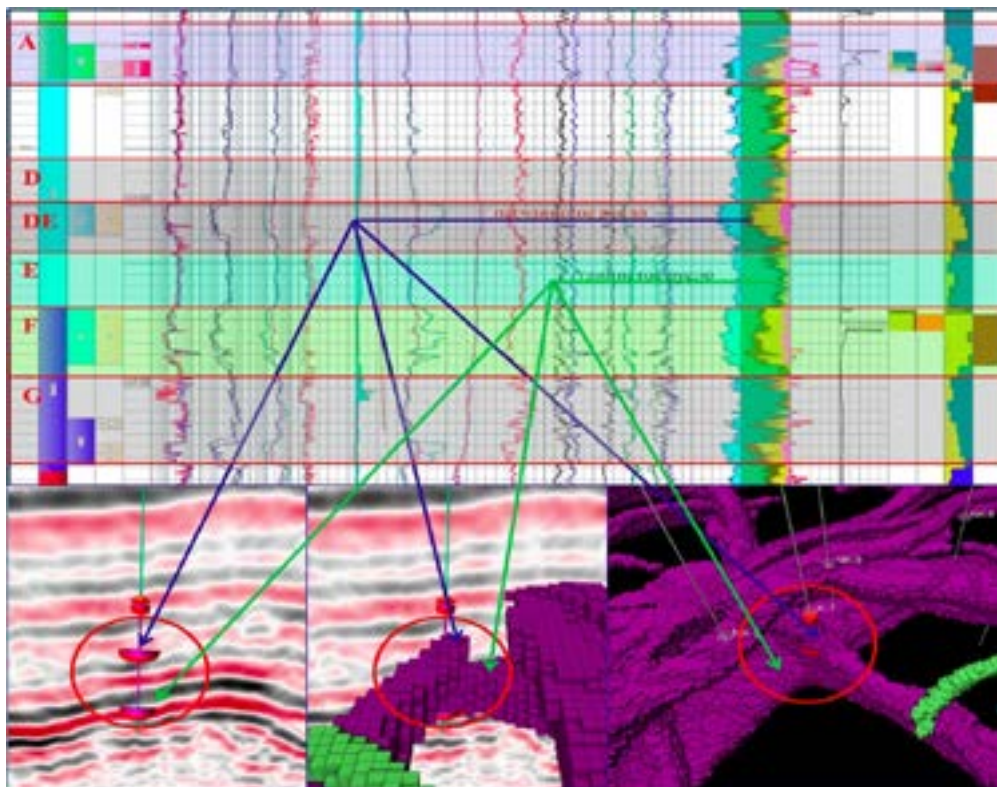


Рисунок 9 - Увязка положения палеорусел по сейсмическим данным и по данным ГИС

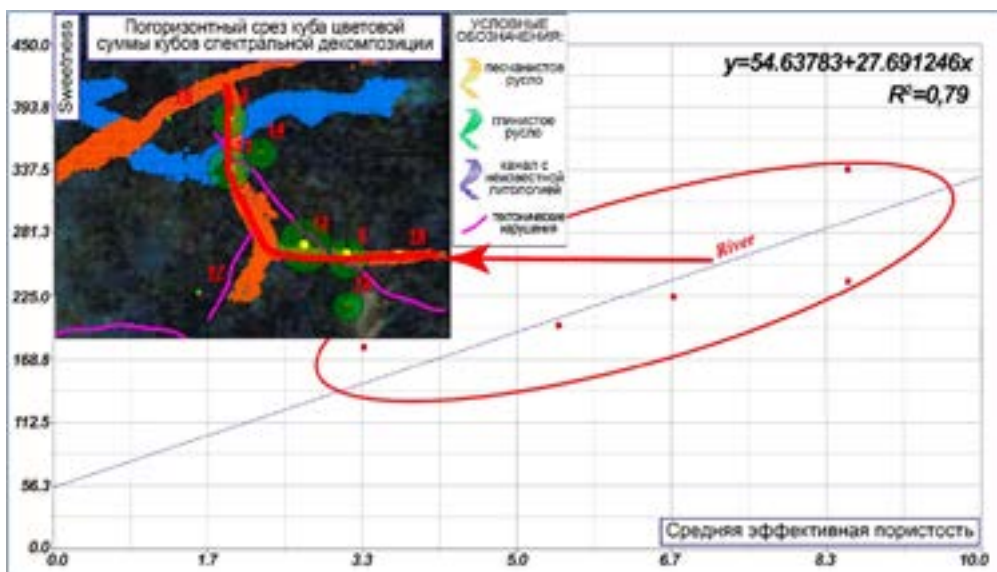


Рисунок 10 - Получение количественных взаимосвязей между сейсмическими и скважинными параметрами для отдельных элементов флювиальной системы

ЛИТЕРАТУРА

1. Alistair R. Brown Interpretation of Three-dimensional Seismic Data, [Интерпретация данных трехмерной сейсморазведки]. American Association of Petroleum Geologists: Petroleum; 1996.
2. Fabien Pauget, Sébastien Lacaze, Thomas Valding A Global Approach in Seismic Interpretation Based on Cost Function Minimization. SEG Houston Annual Meeting, 25 – 30 October 2009. Expanded Abstract. 2009:28 (no 1): 2592-2596.
3. Mark Brownless, Ryan Williams, Abdulquadir Cader Artificial intelligence: revolutionizing our understanding. GEOExPro. 2020; VOL 17 (No. 4): 30-32
4. Ryan M. Williams, Peter Szafian, Penelope A. Milner The evolution of structural interpretation from 2D to AI: the reinterpretation of the Cheviot Field. First Break. 2020: VOL 38 (ISSUE 07):69-74. DOI: <https://doi.org/10.3997/1365-2397.fb2020052>
5. Victorien Paumard, Julien Bourget, Tobi Payenberg, Annette D. George, R. Bruce Ainsworth, Simon Lang From quantitative 3D seismic stratigraphy to sequence stratigraphy: Insights into the vertical and lateral variability of shelf-margin depositional systems at different stratigraphic orders. Marine and Petroleum Geology. 2019: Volume 110:797-831. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.07.007>
6. Ingelise Schmidt, Sebastien Lacaze, Gaynor Paton Spectral Decomposition combined with geo-model interpretation: Creating new workflows by integrating advanced technologies for seismic imaging and interpretation. 75thEAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013 London, UK. 2013
7. B. Durot, M.M. Mangué, B.L. Luquet, J.P.A. Adam, N.D. Daynac Innovatice and Interactive Methods emphasizing geological events through spectral decomposition New Zealand case study. 79th EAGE Conference and Exhibition 2017, Extended Abstract, Paris. 2017
8. Edited by Nathan Young Advanced Seismic Interpretation with GeoTeric. Foster Findlay Associates Limited: www.geoteric.com. 2017.
9. Буторин А.В. Изучение детального строения ачимовского нефтегазоносного комплекса на основе спектральной декомпозиции сейсмического волнового поля. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Санкт-Петербург; 2016. 141 с. [Butorin A.V. Study of the detailed structure of the Achimov oil and gas complex based on the spectral decomposition of the seismic wave field. PhD Thesis. Sankt-Pererburg; 2016. (In Russ.)]
10. S.D. Nio, A.R. Böhm, J.H. Brouwer, M.G.G. De Jong and D.G. Smith Climate Stratigraphy. Principles and applications in subsurface correlation. Houten:EAGE Publications bv; 2006
11. Renjun Wen 3D geologic modelling of channellized reservoirs: applications in seismic attribute facies classification. First Break. 2005; VOL 23:71-78.
12. Satinder Chopra, Kurt J. Marfurt Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. Tulsa:SEG Books; 2007