

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.244-261>

EDN TUUTZK

УДК 551.24+51-7:55(571.1)

Палеотектонические особенности строения отложений осадочного чехла Сургутского свода - Северо-Вартовской мегатеррасы Западно-Сибирской плиты (месторождения ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь»)

Киселева Э.Р., Лялин А.В.

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», Тюмень, Россия

Paleo-tectonic features of sedimentary deposits structure in Surgutsky Arch of Severo-Vartovsky megaterrace, Western-Siberian platform.

(LUKOIL-Western Siberia Company's fields)

E.R. Kiseleva, A.V. Lyalin

KogalymNIPIneft, Branch of LUKOIL-Engineering Company, Tyumen, Russia

E-mail: Elvina.Kiseleva@lukoil.com

Аннотация. Рассмотрены аспекты геологического (структурного и палеоструктурного) строения осадочного – верхнеюрского и нижнемелового - комплексов и сопоставления их с нефтеперспективными участками изучаемой территории. Используются методы интерпретации данных сейсморазведки МОГТ-2D/3D (динамического анализа) и вероятностно-статистического анализа.

Ключевые слова: сейсморазведка, МОГТ-3D, динамический анализ, тренд-анализ, пласты, сейсмостратиграфия, разрывные нарушения, флексуры

Для цитирования: Киселева Э.Р., Лялин А.В. Палеотектонические особенности строения отложений осадочного чехла Сургутского свода - Северо-Вартовской мегатеррасы Западно-Сибирской плиты (месторождения ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь») // Нефтяная провинция.-2023.-№4(36).-С. 244-261. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.244-261>. - EDN TUUTZK

Abstract. The paper presents some geologic aspects of Upper Jurassic and Lower Cretaceous sedimentary sequences, as well as their correlation with oil-bearing areas within the territory under consideration. 2D/3D CDP seismic data interpretation (amplitude analysis) and probabilistic-and-statistical analysis techniques have been used.

Key words: *seismic survey, 3D CDP, amplitude analysis, trend-analysis, formations, seismic stratigraphy, faults, flexural folds*

For citation: E.R. Kiseleva, A.V. Lyalin Paleotektonicheskiye osobennosti stroyeniya otlozheniy osadochnogo chekhla Surgutskogo svoda - Severo-Vartovskoy megaterrassy Zapadno-Sibirskoy plity (mestorozhdeniya OOO «LUKOYL – Zapadnaya Sibir'») [Paleo-tectonic features of sedimentary deposits structure in Surgutsky Arch of Severo-Vartovsky megaterrace, Western-Siberian platform. (LUKOIL-Western Siberia Company's fields)]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(36), 2023. pp. 244-261. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.244-261>. EDN TUUTZK (in Russian)

Данная работа выполнялась в рамках мониторинга и актуализации сейсмогеологических моделей по данным сейсморазведки, выполненной в модификации МОГТ-3D, с целью детализации геологического строения залежей УВ в верхнеюрских отложениях васюганской свиты на Повховском месторождении (Северо-Вартовская мегатерраса, Южно-Котухтинский и Западно-Повховский участки МОГТ-3D).

В связи с тем, что фонд антиклинальных ловушек уменьшается, весьма актуальным является тщательная детализация пластово-сводовых залежей с выявлением в них элементов ловушек неструктурного типа (литологически экранированных), приуроченных к участкам развития различных геологических фаций (бары, песчаные тела повышенной толщины).

Авторы отмечают, что графическое изображение пространственных изменений геологических параметров в виде графиков, разрезов, профилей, карт широко распространено в нефтегазогеологической практике и стало традиционным. На этих геологических документах обычно выделяют как направление изменения (возрастания или убывания) изучаемого признака, так и положение аномальных зон (в разрезе или на площади).

Особое внимание заслуживает проблема выделения региональных направлений изменения геологического параметра. Такие направления изменения, например, гранулометрического состава, указывают на положе-

ние области денудации – источника сноса; направление регионального увеличения продуктивности нефтеносных структур может быть связано с положением области генерации углеводородов и т.д.

В условиях сравнительно простого геологического строения (или слабой изученности) такие региональные направления достаточно уверенно выделяются на соответствующих картах. Однако в более сложных условиях при мозаичном характере распределения локальных аномалий изучаемого геологического признака выделение направлений региональной тенденции его изменения часто представляет трудную задачу, в решение которой обычно вносятся субъективные представления априорных геологических концепций.

В наиболее общей форме пространственные изменения изучаемого геологического признака могут быть представлены в виде суммы

$$G(x, y) = T(x, y) + g(x, y), \quad (1)$$

где $G(x, y)$ – функция изучаемого геологического параметра; $T(x, y)$ – полином некоторой степени n , приближенно описывающий изучаемого изменения геологического параметра в системе координат XOY (тренд (тенденция) параметра); $g(x, y)$ – остаток изменений признака, который не может быть описан многочленом степени меньше n .

Из смысла слагаемых (1) следует, что $T(x, y)$ отображает лишь наиболее общие региональные тенденции изменения изучаемого геологического параметра, их регулярную компоненту, остаток $g(x, y)$ – местные изменения их под действием локальных факторов, т. е. их нерегулярную стохастическую компоненту.

В этих задачах разложения поля основной задачей является определение степени полинома, обеспечивающего оптимальное выделение интересующей нас компоненты.

В простейшем случае палеомоноклинального падения слоев регио-

нальная компонента может быть аппроксимирована плоскостью (Рис. 1, А). В более сложных ситуациях подбором соответствующего полинома можно добиться удовлетворительного учета регионального наклона и на бортах палеобассейнов достаточно сложной конфигурации. То есть, тренд-анализ на основе полиномиальной модели (Рис. 1, Б и В) позволяет выделять палеоантиклинальные и палеосинклинальные зоны, которые отличаются размерами и амплитудой.

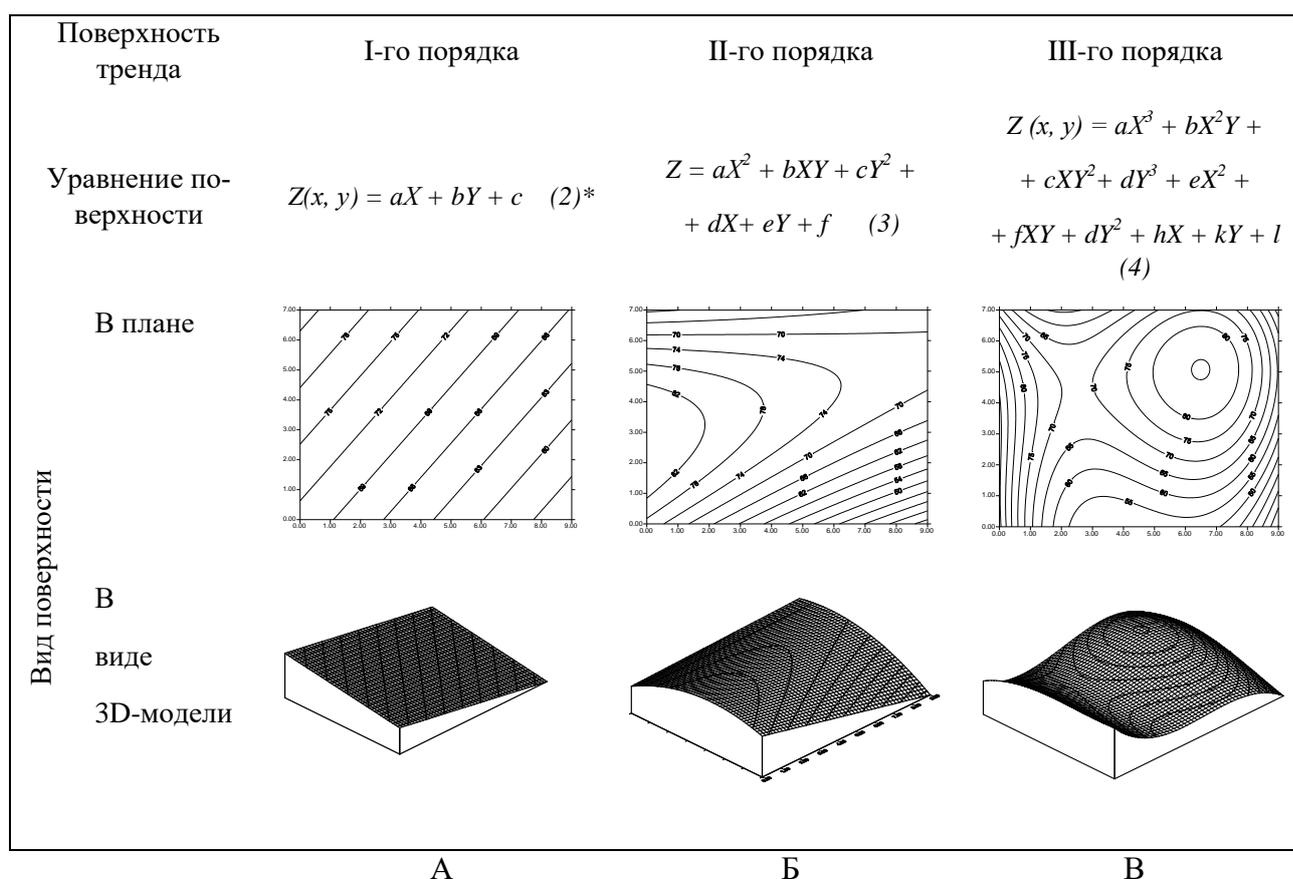
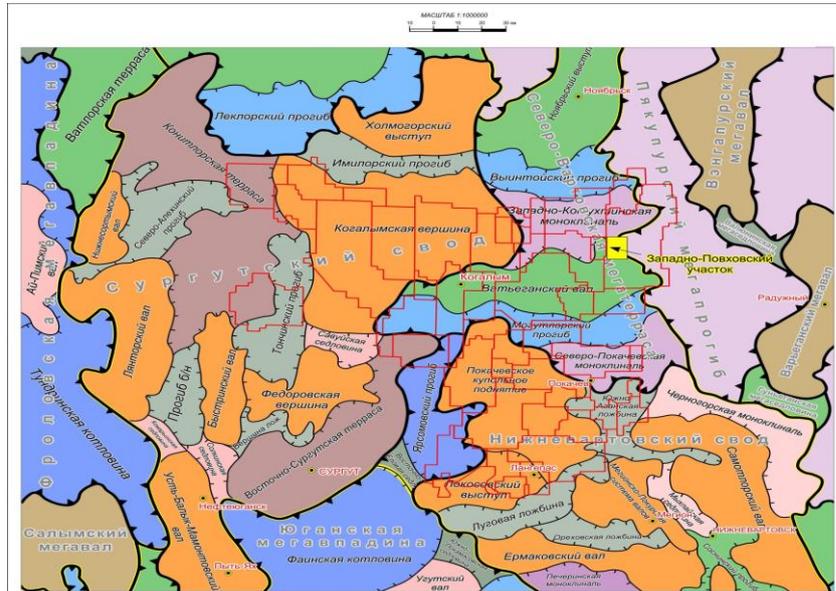


Рис. 1. Сопоставление поверхностей тренда разного порядка в плане и в виде 3D-поверхностей. Полиномиальные регрессии: А – линейная, Б – квадратическая, В – кубическая, * - порядковый номер формулы в тексте.

Согласно геотектоническому строению центральной части Западно-Сибирской плиты, Западно-Повховский и Южно-Котухтинский участки МОГТ-3D расположены в пределах восточного крыла Северо-Вартовской мегатеррасы, почти в области сочленения с Пякупурским мегапрогибом, которые являются элементами I порядка. Северо-Вартовская мегатерраса

протягивается в субмеридиональном направлении, на юге граничит с Нижневартовским сводом, на западе – с Сургутским сводом (Рис. 2).



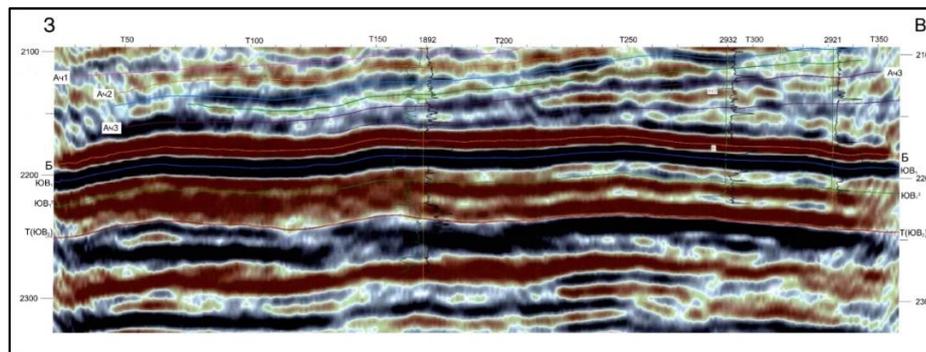
Условные обозначения:

-  – границы тектонических элементов I-го порядка
-  – границы тектонических элементов II-го порядка
-  – границы ЛУ ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь»
-  – города

Рис. 2. Выкопировка из тектонической карты центральной части Западно-Сибирской плиты

(под ред. В.И. Шпильмана, Н.И. Змановского, Л.Л. Подсосовой, 1998 г.).

Повховское нефтяное месторождение расположено в центральной части Среднеобской нефтегазоносной области (Рис. 3).



Условные обозначения:

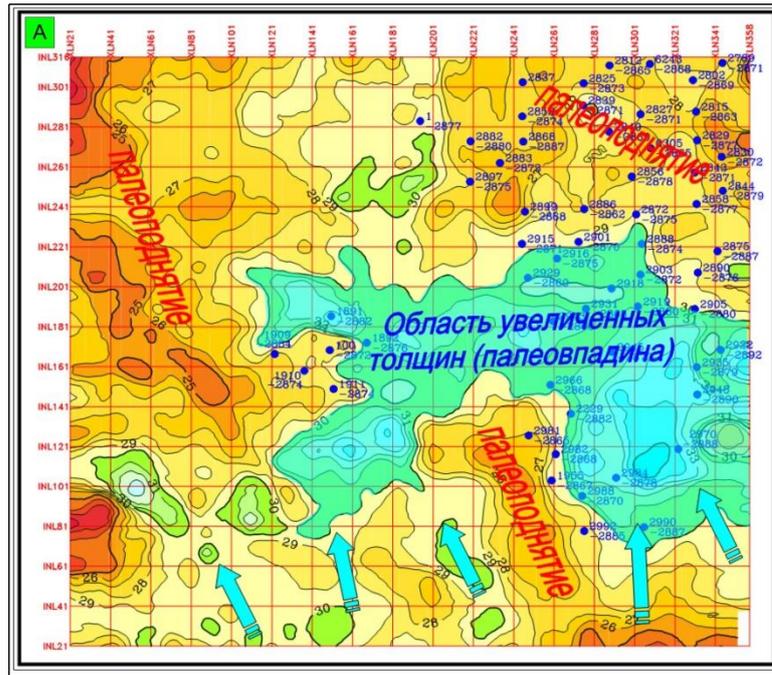
-  - кривая ПС
-  - кривая БК

Рис.3. Сейсмический временной разрез, демонстрирующий положение изучаемых пластов ЮВ₁¹ и Т(ЮВ₂)

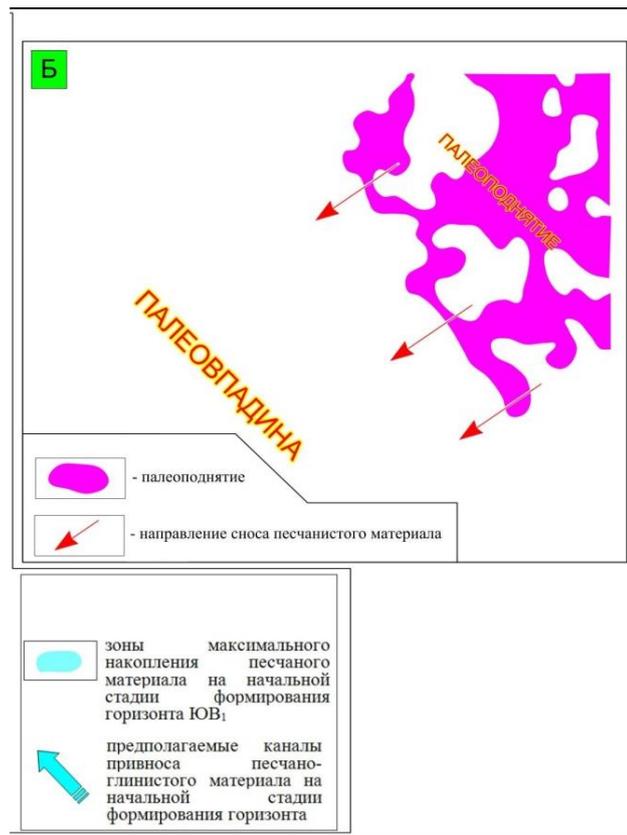
Анализ карты временных толщин между горизонтами Т и ЮВ₁¹ (Рис. 4 А, по данным Сервисной Компании «ПетроАльянс Сервисис Компани», 1999 год), которую условно можно принять за палеоплан, соответствующий началу формирования отложений пласта ЮВ₁¹, показывает, что в области увеличенных толщин отмечаются максимальные толщины песчаников.

Это позволяет сделать вывод о существовании основного направления привноса осадков с юга на север с небольшим разворотом на северо-запад.

На северо-востоке площади отмечаются глинистые отложения, вверх по разрезу увеличивается содержание песчаного материала и в верхней части разреза, где отмечаются высокопористые, хорошо отсортированные песчаники. Данный тип разреза формируется при общем понижении относительного уровня моря и повышении энергетичности среды, что и приводит к увеличению песчаности вверх по разрезу. При анализе данной зоны была использована карта временных толщин перекрывающего горизонта (Рис. 4 Б, по данным Сервисной Компании «ПетроАльянс Сервисис Компани», О.В. Чернова, С.С. Косова, Ю.Б. Хадеева, 1999 год), так как она наиболее близко характеризует палеоплан завершающей стадии формирования пласта ЮВ₁¹. Накопление песчаного материала здесь происходило на структурных задержках и небольших углублениях палеовыступа на северо-востоке площади (на Рис. 4 Б она окрашена в розовые тона).



А) Карта временных толщин между горизонтами Т и ЮВ₁ с элементами палеогеоморфологического анализа;



Б) Палеоструктурная схема (по данным анализа временных толщин между горизонтами ЮВ₁ и Б (кровля баженовской свиты)

**Рис. 4. Данные СК «ПетроАльянс Сервисис Компани»
(О.В. Чернова, С.С. Косова, Ю.Б. Хадеева, 1999 год).**

Авторами была проведена структурная реконструкция (по глубинам) бассейна осадконакопления на промежуток времени, когда происходило накопление отложений, сформировавших толщу «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т», кровля тюменской свиты) ÷ кровля пласта ЮВ₁¹» Южно – Котухтинского участка.

Отмечается следующее. На время начала осадконакопления литологического материала, впоследствии сформировавших толщу «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹», на участках, где в современном рельефе пласта ЮВ₁¹ выделяется Большая Котухтинская структура и ее ответвляющиеся сегменты, имели место впадины, где на начальном этапе предполагается накопление песчанистого осадка за счет возможного сноса с размывающихся палеоантиклинальных участков сформировавшегося пласта ЮВ₂.

Также отмечаются палеовпадины в виде палеобрахисинклиналей, прерывистых, с «заливообразными» очертаниями, есть палеомульды-спутники. Впадины существовали и на момент завершения осадконакопления толщи «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹».

На рис. 5 авторами представлена предполагаемая поэтапная эволюция бассейнов осадконакопления отложений, сформировавших толщу «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т», кровля тюменской свиты) ÷ кровля пласта ЮВ₁¹».

На ранней стадии выделяются два участка, к которым приурочены локальные палеовпадины незначительной глубины – от –0,5 ÷ –1,0 м до –7,0 ÷ –7,5 м. Эти участки, по мнению Авторов – основные зоны концентрации песчанисто-глинистого терригенного материала.

Далее, на средних стадиях осадконакопления литологического материала (Рис. 5 (2), (3)) продолжается формирование палеобассейнов с увеличением их глубины – от 0 до –13,0 м. и до –20,0 ÷ –21,0 м. и объединением в единый субширотный комплексный бассейн с дифференцирован-

ным рельефом дна, с приподнятыми участками и продолговатыми «протоками», служащими границами и «каналами» для перемещения осадочного материала подводными течениями.

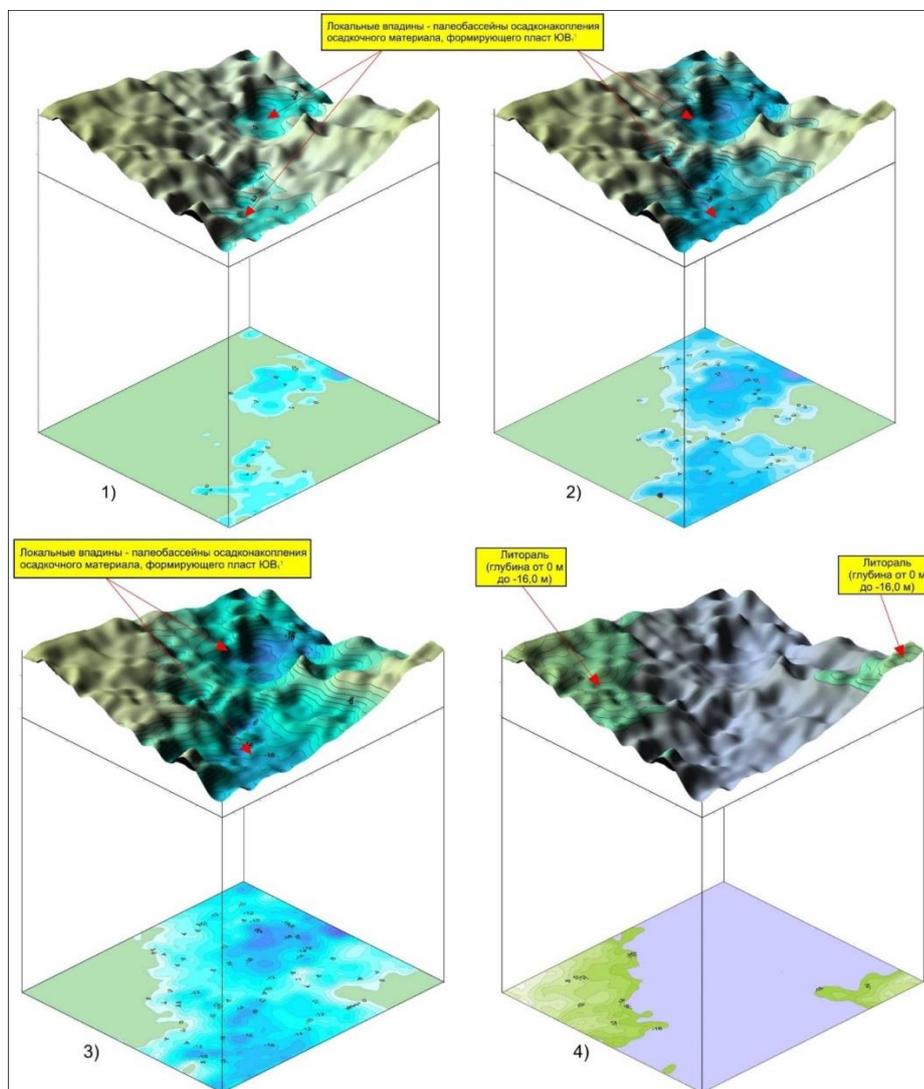


Рис. 5. Поэтапная эволюция бассейнов осадконакопления отложений, сформировавших толщу «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹» на Южно-Котухтинской площади,

1) ранняя, 2) средняя стадия, 3) заключительная стадия, 4) зоны литорали.

Заключительная стадия формирования палеобассейна накопления литологического материала, формирующего впоследствии пласт ЮВ₁¹, представлена на рис. 5 (4). Исполнителями выявлены зоны литорали с глубинами от 0 до –16,0 м., имеющие место на северо-западе и юго-востоке площади исследований. Эти участки являлись источниками привноса

осадков в глубокую впадину субмеридионального простирания, в которых формировались микроклиноформные-черепицеобразные линзовидные тела, сложенные песчанистыми осадками.

На рис. 6 Авторами представлено сопоставление результатов динамического анализа – атрибут Instantaneous Phase (Мгновенные фазы), Largest Negative Value (наибольшее отрицательное значение мгновенной фазы сейсмического волнового сигнала) с границами палеобассейнов накопления осадков ЮВ₁¹, развивающихся поэтапно. Участок, выделенный штриховыми линиями, приуроченный к зонам палеовпадин, рекомендуется под эксплуатационное бурение.

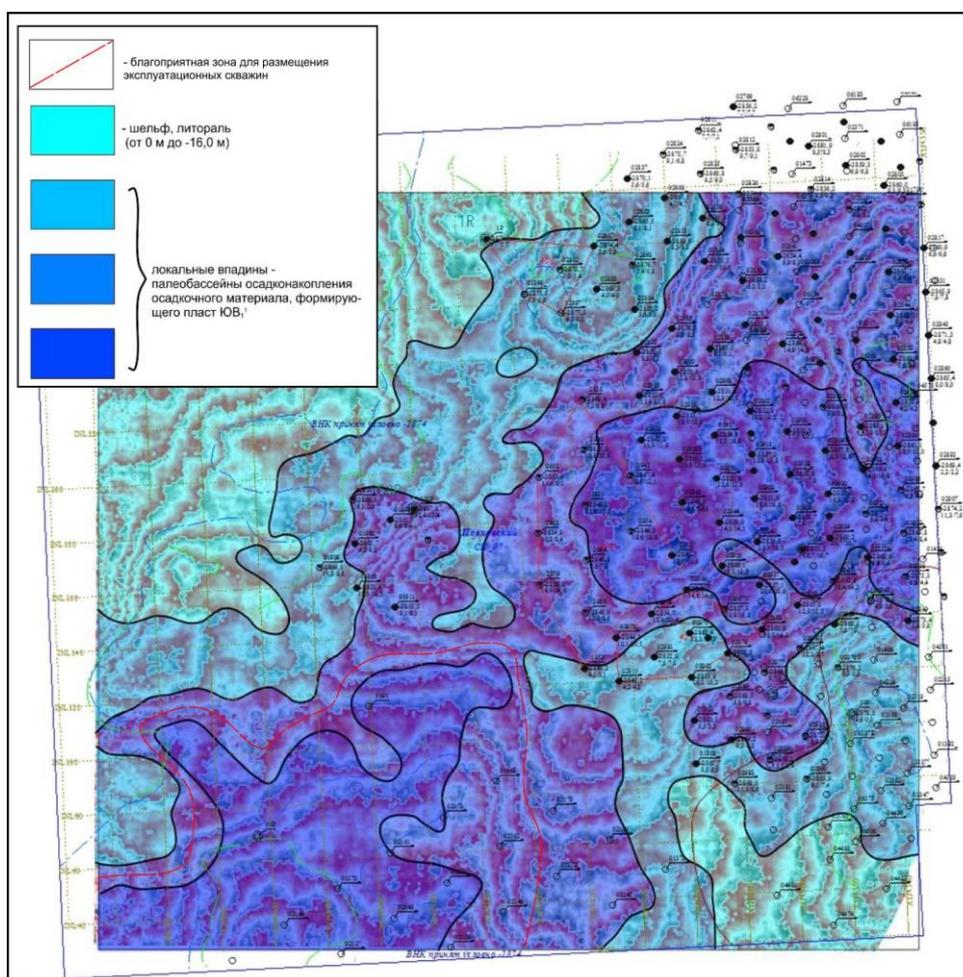


Рис. 6. Сопоставление результатов динамического анализа, атрибут Instantaneous Phase (Мгновенные фазы), Largest Negative Value (наибольшее отрицательное значение мгновенной фазы сейсмического волнового сигнала) с границами палеобассейнов накопления осадков ЮВ₁¹.

Плановая сейсмодинамическая «слоистость» (предполагаемое микроклиноформное и черепицеобразное залегание наклонных линз, слагающих пласт ЮВ₁¹) распределения интенсивности динамического атрибута и его параметра относительно хорошо сопоставляется в площадном отношении с границами верхнеюрских палеобассейнов и с границей «литораль – шельф».

Авторы отмечают следующую характерную особенность – границы палеовпадин, приуроченных к поверхности Т (палеокровля тюменской свиты, средняя юра) совпадает с наиболее нефтеперспективными участками в кровле васюганской свиты (поверхность ЮВ₁¹) с интенсивным эксплуатационным бурением.

Аналогичный анализ Авторы провели в пределах Западно-Повховского участка МОГТ-3D. Была проведена структурно-тектоническая реконструкция палеобассейна осадконакопления на промежуток времени, когда происходило формирование толщи «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹».

Были построены серия палеоструктурных карт, иллюстрирующих поэтапную эволюцию бассейнов осадконакопления отложений, сформировавших толщи «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹» (Рис 7).

Отмечается, что на время начала осадконакопления литологического материала, впоследствии сформировавших толщу «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹», на участках, где в современном рельефе пласта ЮВ₁¹ имеют место антиклинальные структуры, имеют место впадины, где на начальном этапе происходило накопление песчанистого осадка за счет сноса с размывающихся участков (палеоантиклинальных) сформировавшегося пласта ЮВ₂.

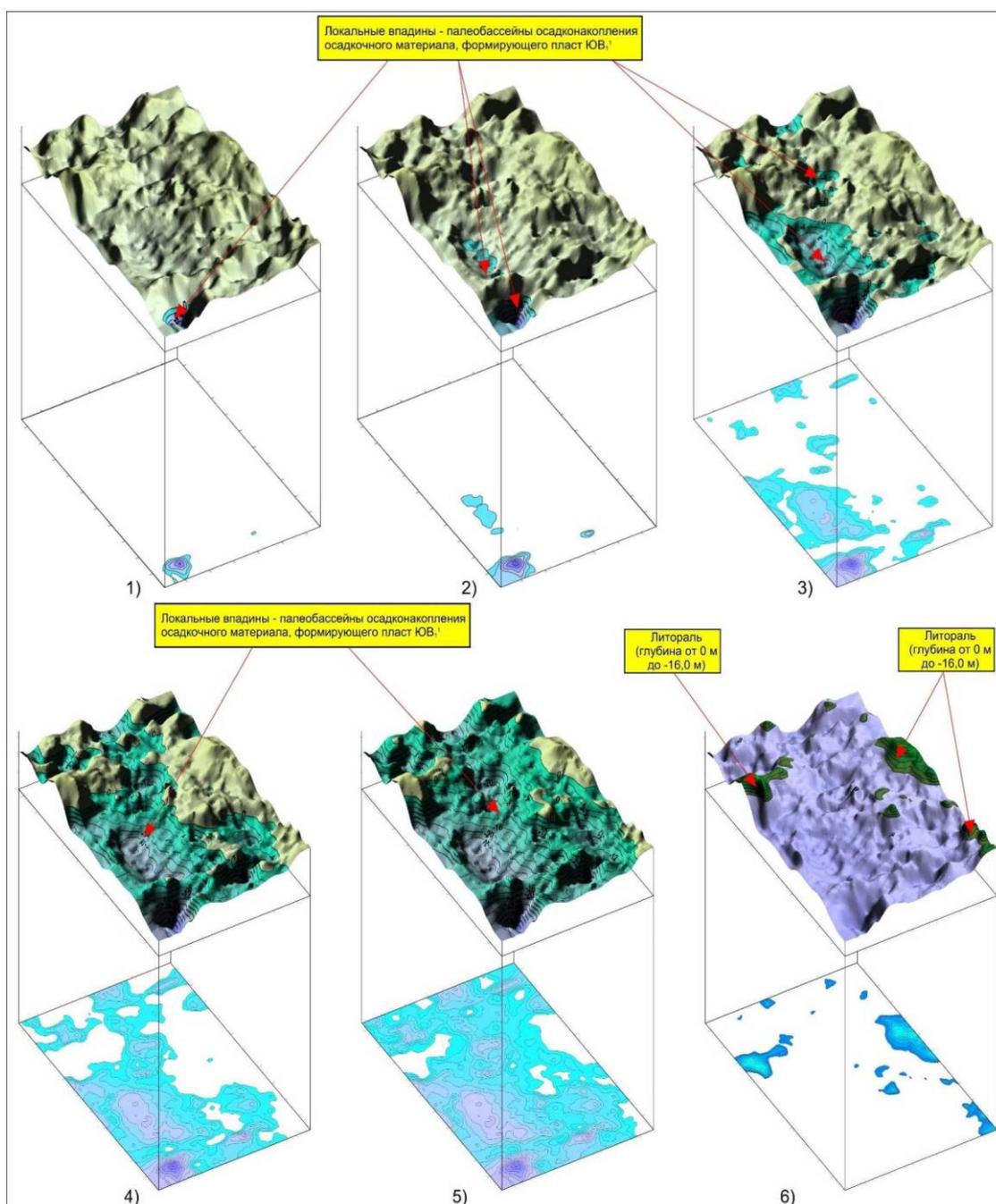


Рис. 7. Поэтапная эволюция бассейнов осадконакопления отложений, сформировавшихся толщю «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹» на Западно-Повховской площади,

1) ранняя, 2 – 3 – 4) средняя стадии, 5) конечная стадия, 6) зоны литорали.

На ранней стадии (Рис. 7, (1)) на юго-западе Западно-Повховской площади выделяются участок, к которому приурочена локальная палеовпадина незначительной глубины – от $-0,5 \div -1,0$ м. до $-14,0 \div 14,5$ м. Этот участок, по мнению Авторов – начальный участок концентрации песчани-

стого терригенного материала.

Далее, на средних стадиях осадконакопления (Рис. 7, (2) и (3)) продолжается формирование палеобассейнов с увеличением их глубины – от 0 до –22,0 м. и до –23,0 ÷ –30,0 м. и формированием палеобассейна с дифференцированным рельефом дна, с приподнятыми участками и продолговатыми «протоками», служащими границами и «каналами» для перемещения осадочного материала подводными течениями.

Затем, на средней и конечной стадиях осадконакопления литологического материала (Рис. 7, (4) и (5)) продолжается формирование палеобассейнов с увеличением их глубины – от 0 до –38,0 м. и до –38,5 ÷ –46,0 м. и объединением в единый субмеридиональный комплексный бассейн с дифференцированным рельефом дна, с приподнятыми участками, впадинами-мульдами и продолговатыми «протоками», служащими границами и «каналами» для перемещения осадочного материала подводными течениями.

Заключительная стадия формирования палеобассейна накопления литологического материала, формирующего коллекторы пласта ЮВ₁¹ представлена на рис. 7 (б). Авторами выявлены зоны литорали с глубинами от 0 до –16,0 м., имеющие место на северо-западе и востоке площади исследований. Эти участки являлись источниками привноса осадков в глубокую впадину субмеридионального простирания, в которых формировались микроклиноформные-черепицеобразные линзовидные тела, сложенные песчанистыми осадками.

На рис. 8 представлено сопоставление результатов динамического анализа – атрибут Instantaneous Phase (Мгновенные фазы), Largest Negative Value (наибольшее отрицательное значение мгновенной фазы сейсмического волнового сигнала) с границами палеобассейнов накопления толщи «кровля пласта ЮВ₂ (ОСГ «Т») ÷ кровля пласта ЮВ₁¹», развивающихся поэтапно.

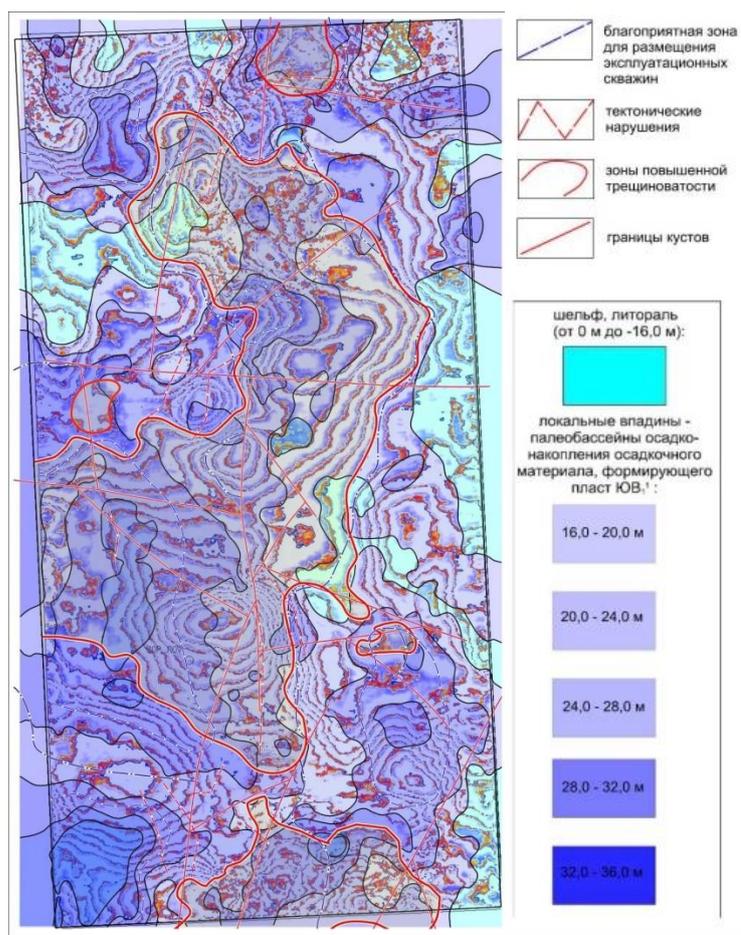


Рисунок 8. Сопоставление результатов динамического анализа, атрибут *Instantaneous Phase* (Мгновенные фазы), *Largest Negative Value* (наибольшее отрицательное значение мгновенной фазы сейсмического волнового сигнала) с границами палеобассейнов накопления осадков ЮВ¹ на Западно-Повховской площади.

Плановая сейсмодинамическая «слоистость» (предполагаемое микроклиноформное и черепицеобразное залегание наклонных линз, составляющих пласт ЮВ¹) распределения интенсивности динамического атрибута и его параметра относительно хорошо сопоставляется в площадном отношении с границами верхнеюрских палеобассейнов и с границей «литораль – шельф». Этот факт подтверждает мнение Исполнителей о возможном кослоистом осадконакоплении на склонах палеовпадин и последующем формировании клиноформных и линзовидных тел пласта ЮВ¹. Участок, выделенный штриховыми линиями, приуроченный к зонам палеовпадин, рекомендуется под эксплуатационное бурение.

Палеоструктурный анализ в рамках Западно-Повховской площади позволяет предположить, что между палеовпадинами существовали каналы привноса грубообломочного терригенного материала. Они фиксируются узкими зонами увеличенных толщин песчаников. В субмеридиональном направлении, в центре площади им соответствуют зоны основного накопления терригенного материала с максимальными величинами эффективных толщин песчаников. Положение палеоантиклиналей относительно совпадает с современными антиклинальными структурами.

Авторами, для выявления плановых сейсmodинамических аномалий (сейсмофаций) волнового поля, связанных в верхнеюрских отложениях с зонами трещиноватости (разуплотнения) на Западно-Повховском участке МОГТ-3D был применен тренд-анализ планового распределения наибольших положительных значений мгновенных ускорений сейсмического волнового сигнала по ОГ Ю₁¹ (Instantaneous Acceleration, Largest Positive Value, Рис. 9).

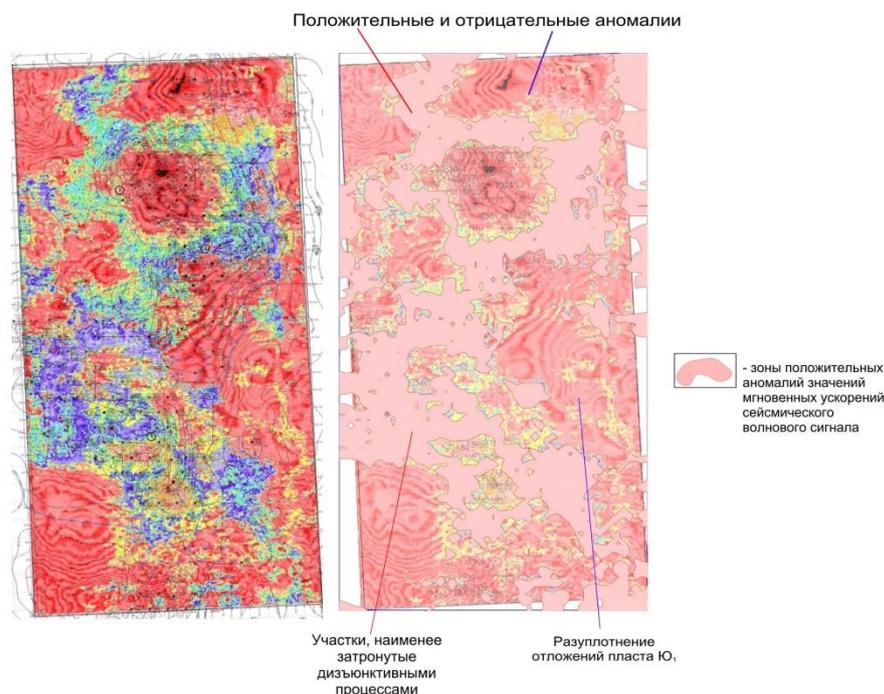


Рис. 9. Результаты динамического анализа ОГ Ю₁¹, наибольшее положительное значение мгновенных ускорений сейсмического волнового сигнала по ОГ Ю₁¹ (Instantaneous Acceleration, Largest Positive Value).

В качестве трендовой поверхности был выбран полином (уравнение) 2-й степени (параболическая поверхность). Границы положительных и отрицательных аномалий значений изучаемого атрибута и его параметра были ассоциированы с границами участков «спокойной» пликативной тектоники и участков с повышенной степенью активности тектонических процессов. Методика тренд-анализа проиллюстрирована рис. 10.

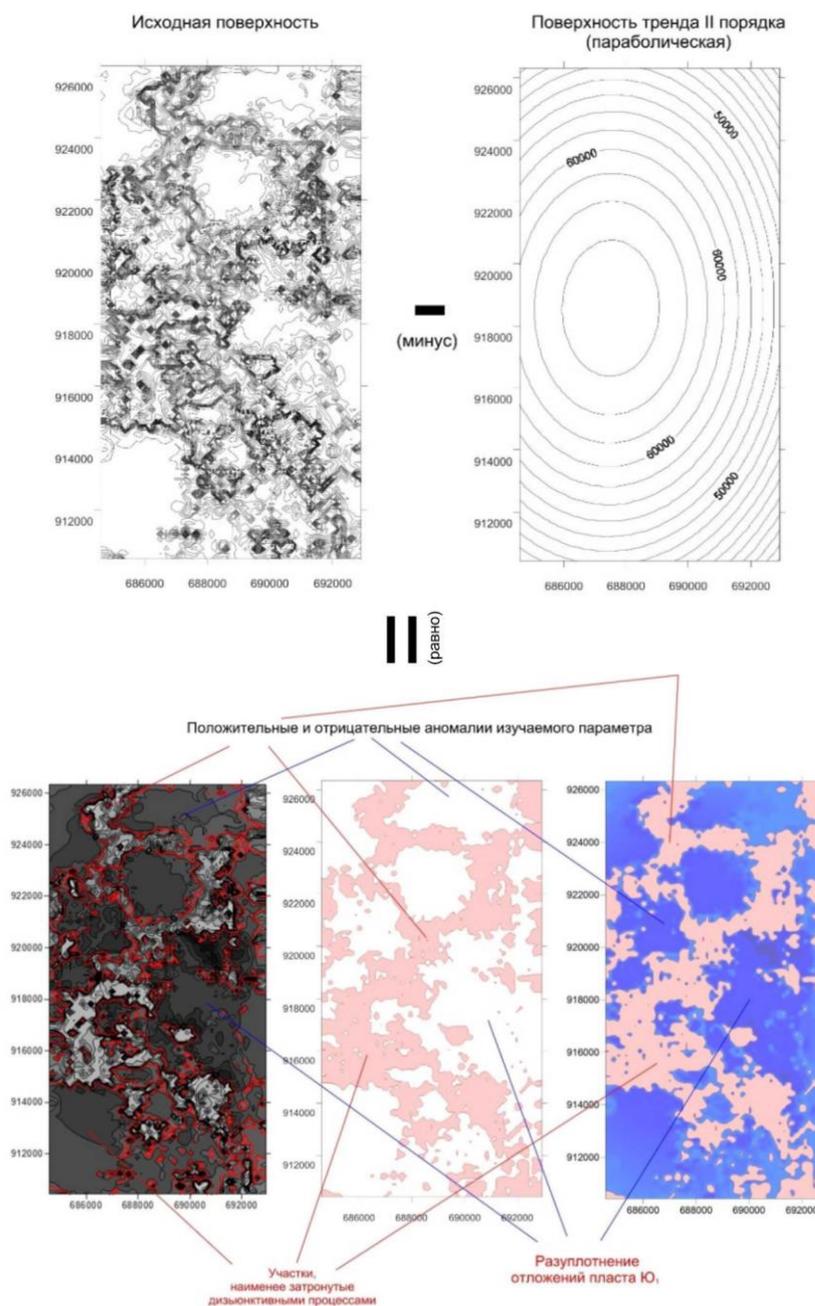


Рис. 10. Методика выделения и уточнения границ зон трещиноватости (разуплотнения) в отложениях пласта Ю₁ методом тренд-анализа, Западно-Котухтинский участок МОГТ-3D.

Применение такой методики в сопоставлении с данными эксплуатационного бурения (особо успешно применение сведений о дебитах и нефтеводонасыщении и сопоставление карт дебитов жидкости с участками различной тектоники) повышает качество подготовки основы для планирования и размещения эксплуатационного фонда.

Список литературы

1. Ярошевский В. Тектоника разрывов и складок. – М.: Недра, 1981 год:
2. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1995 год, 480 с.
3. Арабаджи М. С. Решение геологических задач на персональных компьютерах: Справочное пособие. М.: Недра, 1995.-239 с.
4. Математические методы и ЭВМ в поисково-разведочных работах: Учебное пособие для вузов/ Арабаджи М.С., Бакиров Э.А., Мильничук В.С.-М.: Недра. 1984. -264 с.
5. Сейсмическая стратиграфия. Р. Е. Шерифф, А. П. Грегори, П. В. Вейл и др.; Под ред. Н.Я. Кунина, Г.Н. Гогоненкова.-М.: Мир, 1982.-839 с.

References

1. Yaroshevsky V. Tektonika razryvov i skladok [Tectonics of faults and folds]. Moscow, Nedra Publ., 1981 (in Russian)
2. Khain V.E., Lomize M.G. Geotektonika s osnovami geodinamiki [Geotectonics with fundamentals of geomechanics]. Moscow, MSU Publ., 1995, 480 p. (in Russian)
3. Arabadzhi M.S. Reshenie geologicheskikh zadach na personalnyh kompyuterah [Solving geological problems using personal computers]. Moscow, Nedra Publ., 1995, 239 p. (in Russian)
4. Arabadzhi M.S., Bakirov E.A., Milnichuk V.S. Matematicheskie metody i EVM v poiskovo-razvedochnykh rabotah [Mathematical methods and computers in prospecting and exploration]. Moscow, Nedra Publ.,1984, 264 p. (in Russian)
5. Sheriff R.E., Gregory A.P., Veil P.V. Sejsmicheskaya stratigrafiya [Seismic stratigraphy]. Moscow, Mir Publ.,1982, 839 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Киселева Эльвина Рустемовна, геолог 2 категории отдела мониторинга и актуализации сейсмогеологических моделей Когалымского района Управления сейсмических исследований

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени (офис в г. Когалым)

Россия, 628483, г. Когалым, ул. Центральная, д. 19

E-mail: Elvina.Kiseleva@lukoil.com

Лялин Александр Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, специальность ученой степени: 25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений, начальник отдела мониторинга и актуализации сейсмогеологических мо-

делей Когалымского района Управления сейсмических исследований
Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени(офис в г.
Когалым)
Россия, 628483, г. Когалым, ул. Центральная, 19
E-mail: Aleksandr.Lyalin@lukoil.com

Authors

E.R. Kiseleva, Geologist of the 2nd category of the department for monitoring and updating seismogeological models of the Kogalym region of the Seismic Research Department LUKOIL-Engineering Limited KogalymNIPIneft Branch Office in Tyumen (office in Kogalym)
19, Centralnaya st., Kogalym, 628483, Russian Federation
Email: Elvina.Kiseleva@lukoil.com

A.V. Lyalin, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, specialty of academic degree: 25.00.12 - Geology, prospecting and exploration of oil and gas fields; head of the department for monitoring and updating seismogeological models of the Kogalym region of the Seismic Research Department LUKOIL-Engineering Limited KogalymNIPIneft Branch Office in Tyumen (office in Kogalym)
19, Centralnaya st., Kogalym, 628483, Russian Federation
Email: Lyalinav@lukoil.com

Статья поступила в редакцию 07.10.2023
Принята к публикации 20.12.2023
Опубликована 30.12.2023