

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.11-38>

EDN CNFAKF

УДК 550.834

**Связь динамических характеристик волнового поля  
сейсмических данных МОГТ 3D (сейсмофации, атрибуты) и  
литофациальных типов разрезов по скважинным данным**

*Елишева О.В., Ушатинская Н.А., Гибеева О.А., Шахов А.В., Сильнягина Н.В.,  
Михайлов А.А.*

*ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия*

**Connection of dynamic characteristics of the wave field of  
3D seismic data (seismophations, attributes) and  
lithofacial types of sections according to borehole data**

*O.V. Elisheva, N.A. Ushatinskaya, O.A. Gibaeva, A.V. Shakhov, N.V. Silnyagina,  
A.A. Mikhailov*

*Tyumen Petroleum Scientific Center LLC, Tyumen, Russia*

**E-mail: [ovelisheva@tnnc.rosneft.ru](mailto:ovelisheva@tnnc.rosneft.ru)**

**Аннотация.** Корректно построенные литофациальные модели продуктивных отложений, подтверждающие распределение эффективных толщин и рассчитанные через динамические параметры сейсмического поля, существенно позволяют снизить инвестиционные риски при поисково-разведочном бурении. На начальной стадии ГРП изученность территорий бурением низкая. Основная информация, которая используется для построения фациальных моделей, опирается на качественный анализ динамических параметров сейсмического поля – сейсмофациальный анализ и анализ динамических атрибутов (амплитуды, частоты и т.д.). В статье, на примере континентальных отложений одного из пластов тюменской свиты, показан опыт комплексирования фациальных типов разрезов, выделенных по данным скважин, с результатами интерпретации динамических параметров сейсмического поля. Приведенные материалы иллюстрируют, каким образом выделенные сейсмодомы, характеризующиеся определенной формой трассы, соотносятся с фациальными типами разрезов по керну и ГИС (геофизическое исследование скважин). Показано, что каждый литофациальный тип разреза, состоящий из генетически разных фаций (коллекторов и неколекто-

ров), в поле динамических параметров сейсмического поля характеризуется определенными аномалиями амплитудных и частотных атрибутов. Это находит отражение и в распределении по площади разрезов с доминированием песчаных, глинистых или углистых литотипов пород на кубах синхронной акустической инверсии (Pimp, Simp,  $V_p/V_s$ ).

**Ключевые слова:** *сейсмофациальный анализ, атрибуты сейсмического поля МОГТ 3D, литофациальное районирование терригенных разрезов, геологическая интерпретация сейсмических атрибутов*

**Для цитирования:** Елишева О.В., Ушатинская Н.А., Гибаяева О.А., Шахов А.В., Сильнягина Н.В., Михайлов А.А. Связь динамических характеристик волнового поля сейсмических данных МОГТ 3D (сейсмофации, атрибуты) и литофациальных типов разрезов по скважинным данным // Нефтяная провинция.-2023.-№4(36).-С. 11-38. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.11-38>. - EDN CNFAKF

**Abstract.** Correctly constructed lithofacial models of productive deposits, which confirm the distribution of effective thicknesses calculated through the dynamic parameters of the seismic field, significantly reduce investment risks during exploration drilling. The main information used to construct lithofacial models is based on a qualitative analysis of the dynamic parameters of the seismic field – seismofacial analysis and analysis of dynamic attributes (amplitude, frequency, etc.). The article shows the experience of combining facies types of well sections with the results of interpretation of dynamic parameters of the seismic field using the example of continental sediments of one of the layers of the Tyumen formation. These materials show how the selected seismic classes with a certain shape of the route correlate with the facies types of core sections and GIS (geophysical well survey). It is shown that each facies type of section, consisting of genetically different facies-collectors and non-collectors, in the field of dynamic parameters of the seismic field is characterized by certain anomalies of amplitude and frequency attributes. This is also reflected in the area distribution of sections dominated by sandy, clay or carbonaceous lithotypes of rocks on cubes of synchronous acoustic inversion (Pimp, Simp,  $V_p/V_s$ ).

**Keywords:** *seismofacial analysis, attributes of the seismic field of the MOGT 3D, lithofacial zoning of terrigenous sections, geological interpretation of seismic attributes*

**For citation:** O.V. Elisheva, N.A. Ushatinskaya, O.A. Gibaeva, A.V. Shakhov, N.V. Silnyagina, A.A. Mikhailov Svyaz' dinamicheskikh kharakteristik volnovogo polya seysmicheskikh dannyx MOGT 3D (seysmofatsii, atributy) i litofatsial'nykh tipov razrezov po skvazhinnykh dannym [Connection of dynamic characteristics of the wave field of 3D seismic data (seismophations, attributes) and lithofacial types of sections according to borehole data]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(36), 2023. pp. 11-38. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.11-38>. EDN CNFAKF (in Russian)

## Введение

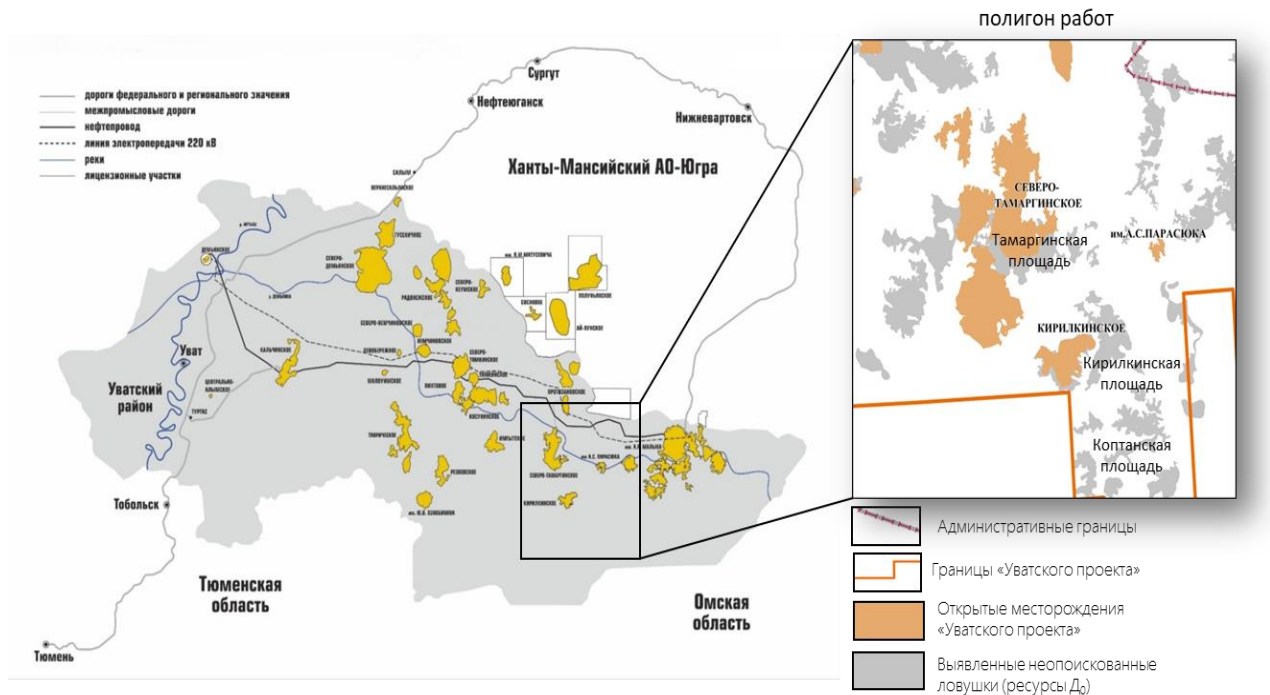
Известно [1], что завершающим этапом любых интерпретационных сейсмических работ МОГТ-2D и МОГТ-3D являются рекомендации по бурению поисково-оценочных и разведочных скважин, место заложения которых зависит от благоприятного сочетания двух основных факторов – структурно-

го и литолого-петрофизического. Основу первого составляет корректная геометризация ловушек определенного морфологического типа и анализ дизъюнктивных нарушений в их пределах. Основу второго фактора составляет выделение зон развития коллекторов с улучшенными фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС). Согласно генетическому подходу поисков залежей нефти и газа [2], распределение коллекторов в пространстве контролируется телами определенной генетической природы, поэтому выделение резервуаров с хорошими фильтрационно-ёмкостными свойствами требует корректного восстановления фациального строения отложений.

Считается [3, 4], что информация об условиях осадконакопления, полученная по результатам комплексирования кернового материала и данных ГИС (геофизическое исследование скважин) более достоверная, чем результаты сейсмической интерпретации. Однако её дискретность не позволяет корректно восстанавливать фациальные условия в межскважинном пространстве, давая большие погрешности. Поэтому при площадных сейморазведочных работах МОГТ 3D масштаба крупнее 1: 50 000, когда прогноз коллекторских свойств напрямую зависит от достоверности фациальных обстановок осадконакопления, основным инструментом для их восстановления является анализ динамических атрибутов волнового поля, на основе которого получают непрерывную информацию не только в межскважинном пространстве, но и по разрезу в целом. Несмотря на универсальность сейсмических данных, позволяющих моделировать литологический состав в межскважинном пространстве, за счёт того, что сейсмические аномалии не имеют чётко обособленных границ по площади, их самостоятельная интерпретация приводит к многовариантным результатам, поэтому они всегда комплексированы с геологическим и геофизическим материалом, полученным по скважинным данным [5].

В статье приведен пример использования результатов геологической интерпретации динамических атрибутов волнового поля МОГТ 3D (сеймофациального, атрибутного) в комплексе со скважинными данными на одной из

площадей Уватского района юга Тюменской области. Территориальное положение полигона работ приведено на рис. 1.



**Рис. 1. Обзорная карта Уватского района юга Тюменской области и полигон работ**

### Материал исследований

При подготовке материалов данной публикации, в ходе работы использованы данные керн 11-ти скважин поисково-разведочного бурения и материалы ГИС. Для интерпретации динамических характеристик волнового поля МОГТ 3D в качестве исходной сейсмической информации использован широкий арсенал сейсмических данных (разные модификации амплитудных кубов продольных и поперечных волн, кубы акустических импедансов -  $P_{imp}$ ,  $S_{imp}$ ,  $V_p/V_s$ ). Визуальный анализ данных осуществлялся на основе графических материалов, представляющих собой: карты сейсмофаций, выделенных по форме трассы на основе разных атрибутов, горизонтальные срезы кубов акустического и сдвигового импедансов и куба соотношения продольных и поперечных волн. На каждом этапе, полученные выводы контролировались совместимостью со скважинными данными (керн и ГИС) и картой общих толщин продуктивного пласта.

## **Методики интерпретации сейсмических данных мога 3D**

*Атрибутный анализ* является одним из ведущих методов, который используется как инструмент при изучении внутреннего строения сейсмофаций, рассчитанных по форме трассы. Атрибутный анализ может быть многофакторным, как метод главных компонент (РСА) или однофакторным, когда выполняется интерпретация отдельных объёмных атрибутов. Несмотря на то, что прямой связи между определенным типом рисунка волновой картины и литологическим составом пород не существует [6, 7], опосредованная связь через петрофизические и геометрические параметры резервуаров все-таки присутствует [8]. Это обусловлено тем, что разные классы сейсмофаций, как правило, отличаются набором таких параметров волнового поля, как амплитуды, частоты и фазы. Последние, как известно, несут определенную опосредованную информацию о внутреннем геологическом строении изучаемого интервала. Например, форма сейсмической трассы, условно, связана с характером напластования, амплитуда, через скорость и плотность пород – с изменениями литологии, частота – с мощностью пластов [8].

*Сейсмофациальный анализ* является одним из ведущих методов, позволяющим спрогнозировать типы фациальных разрезов на основе районирования территории по форме сейсмической записи. Его основу составляет ранжирование волнового поля по разным сейсмическим атрибутам. Наиболее распространенным является разделение по форме трассы, так как считается, что сейсмотрассы содержат в себе всю информацию о динамических (амплитуда, частота, фаза) и кинематических (время, скорость) параметрах волнового поля [9]. Карты сейсмофаций, показывающие распределение трасс одинаковой формы в выбранном интервале времен, несут в себе комплексную информацию о латеральных изменениях параметров волнового поля, поэтому, с долей условности, сопоставляются с картами геологических литофаций. По схожести формы сейсмотрасс существует возможность прогнозировать по латерали сходные элементы геологического строения отложений, заключенные в интервале между выбранными сейсмическими и, соответственно гео-

логическими границами. Последующая увязка карт сейсмофаций со скважинными данными позволяет прогнозировать литотипы пород определенного стратиграфического интервала в межскважинном пространстве.

*Литофациальный анализ по данным керна и ГИС.* Для удобства сейсмофациального анализа все литофации обычно сводят в более крупные фациальные единицы, которым в волновом поле соответствуют пакеты отражений, сопоставляемые с сейсмофациями. Например, для группы континентальных отложений, литофации, выявленные по скважинным данным объединяются в две крупные фациальные обстановки – *речных долин* и *поймы*. В первую входят фации речных каналов, русловых кос и песчаные тела внешней поймы, включая прирусловые отмели, прирусловые валы, промоины конусов выноса и фации песков разливов. Важным моментом является то, что фации песков разливов (кревассы) относят к группе фаций речных долин условно (как коллекторы с низкими ФЕС), так как генетически они являются частью обстановок внутренней поймы. Во вторую входят глинистые осадки *внутренней поймы*, включая осадки *озерного мелководья*. В пределах фациальных зон генетически связанные литофации группируются в объекты сходные по ёмкостно-петрофизическому строению, а именно по количеству и качеству коллекторов, что позволяет в континентальных терригенных разрезах выделять три группы макрофаций: прирусловые отмели, прирусловые валы и фации песков разливов.

Поскольку основной целью сейсмофациального анализа является картирование зон развития песчаных тел в межскважинном пространстве, важным моментом при их прогнозе является понимание, как перечисленные выше три макрофации соотносятся между собой (по площади и в разрезе) с зонами, выделенными по форме сейсмической записи. Поэтому помимо сопоставления сейсмофаций с определённым литофациальным типом, в работе необходимо учитывать информацию о последовательности сочетания сейсмодомов по площади. Это необходимо потому, что существует два вида морфологии поперечных сечений речных долин меандрирующего типа, кото-

рые отличаются расстоянием между залеганием генетически связанных фаций по площади [10]. Например, в тех случаях, когда прирусловая часть поймы речной долины развита слабо, в её пределах наблюдается резкая смена фациальных обстановок на близком расстоянии, что сказывается на контрастном переходе по площади одних сейсмоклассов в другие. В тех случаях, когда прирусловая часть речной долины и территория внешней поймы развиты на относительно большой площади, на карте сейсмофаций классы замещают друг друга постепенно.

### **Технология комплексного анализа данных скважин (керна, гис) и материалов сейсмических работ мотг 3D**

Как показывает практика совместного анализа скважинных и сейсмических данных, разделить лито-сейсмо-фациальный анализ на самостоятельные этапы достаточно сложно, поскольку на определенной стадии интерпретации, все материалы анализируются комплексно. Подход, который описывается в данной публикации, можно условно разделить на два крупных этапа (Рис. 2).

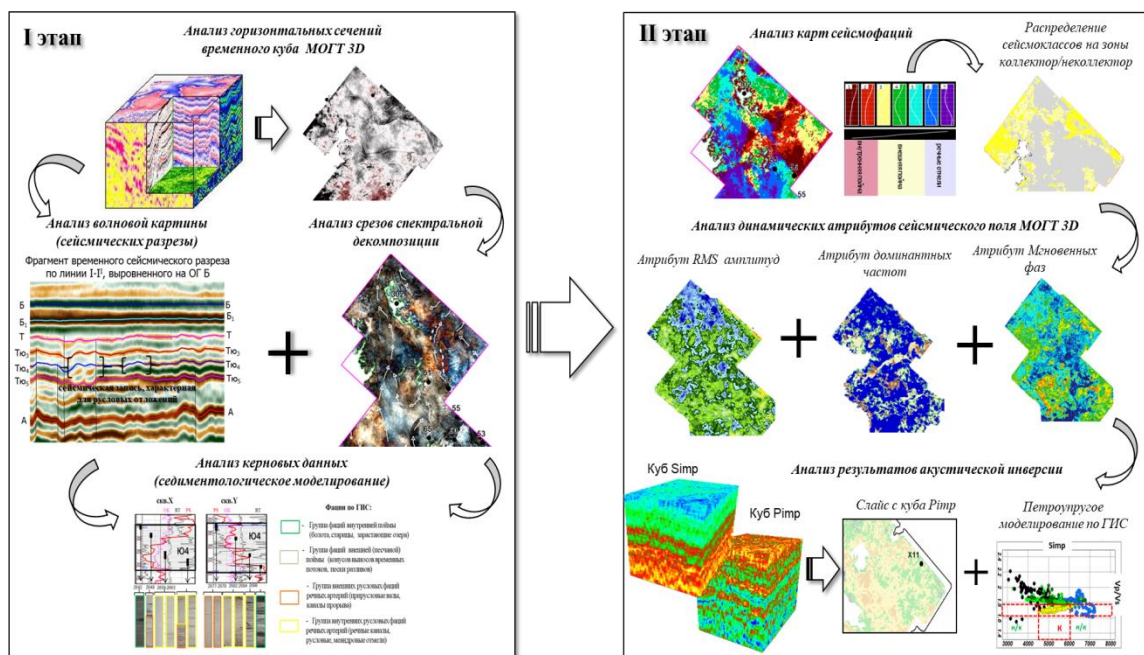
Первый этап посвящен локализации и интерпретация потенциальных обстановок осадконакопления по площади и по разрезу на основе изучения срезов амплитудного куба и куба спектральной декомпозиции и временных разрезов в интервале продуктивных горизонтов.

Второй этап посвящен анализу динамических атрибутов волнового поля, характеризующих внутреннее строение потенциальных резервуаров УВ, в который входит анализ развития песчаных тел коллекторов в пределах фациальных зон, с акцентом на участки в границах ловушек структурно-литологического типа. На этом этапе выделенные фациальные обстановки соотносятся с распределением сейсмофаций, увязанных с литофациями по скважинным данным, и контролируются распределением амплитудных, фазовых, частотных аномалий по различным сейсмическим атрибутам.

Собственно, комплексный анализ начинается уже на этапе кинематической интерпретации сейсмических данных, когда на основе изменения волновой картины в интервале временных окон определенного стратиграфического

уровня, пошагово изучаются срезы амплитудного куба продольных волн конформные сейсмостратиграфическим границам поверхностям основных потенциально продуктивных горизонтов. Это позволяет в интервале определенной части разреза выявить основные элементы фациальных обстановок осадконакопления, которые в дальнейшем могут уточниться по результатам спектральной декомпозиции. Например, в интервале пластов Ю<sub>2-4</sub> тюменской свиты Уватского региона, на слайсах амплитудных кубов часто фиксируются шнурковые аномалии, сопоставляемые с фрагментами меандрирующих палеорусел, расположение которых вписывается в региональную палеогеографическую схему байос-батских отложений Уватского района Тюменской области, построенную 2020 г. (ООО «ТННЦ»).

Как отмечалось выше, чтобы сопоставить результаты геологической и сейсмической интерпретации между собой, требуется привести их к объектам условно «единого» масштаба. Причиной является то что, в отличие от скважин, объёмная сейсморазведка «видит» геологические объекты не напрямую через их вещественный состав, а опосредованно через петрофизические свойства, проявляющиеся в волновом поле через амплитудные, частотные и фазовые характеристики сейсмической записи [6, 7].



**Рис. 2. Схема комплексного анализа сейсмических данных МОГТ 3D и скважинного материала под задачи сейсмofациального моделирования продуктивных интервалов**



При этом, обладая ограниченной разрешающей способностью, она фиксирует тела только определённой мощности, поэтому имеет дело не с отдельными фаціальными единицами, как скважинные данные, а с суммарным откликом сейсмических сигналов от единой толщи проницаемых или не проницаемых отложений со схожими ёмкостно-фильтрационными свойствами. Можно сказать, что она воспринимает сейсмические образы объектов, которые можно соотнести с таким понятием как условно единый *резервуар* и вмещающие его глинистые толщи. В континентальных толщах аллювиального комплекса динамические атрибуты волнового поля резервуаром воспринимают весь комплекс алевритовых и песчаных осадков, сформировавшихся в русловой, прирусловой зоне речной долины и в зоне внешней (песчаной) поймы, которые по своим ёмкостным свойствам кардинально отличаются от глинистых толщ внутренней поймы аллювиальной равнины. Поэтому объединение литофаций в более крупные единицы позволяет с долей условности сопоставить с их динамическими параметрами волновой картины и тем самым восстановить фациальные обстановки в пределах отдельных сеймоклассов [10].

Выше упоминалось, что до того, как выделенные литофациальные типы разрезов продуктивных пластов соотносят с сеймоклассами, последние комплексируются с литофациями по скважинным данным, объединённые в крупные лито-петрофизические единицы. Кроме одномасштабности, эта необходимость вызвана еще тем, что определение обстановок седиментации по скважинным данным опирается не только на описание вещественного состава пород, но и интерпретацию по форме кривой  $\alpha$ ПС, согласно которой можно определить положение в разрезе коллекторов и неколлекторов определённой группы фаций. Объединение мелких групп фаций в более крупные единицы электрофациальных моделей позволяет присвоить им усредненные значения параметра  $\alpha$ ПС. Учитывая схожую связь формы сейсмических трасс с условным распределением по разрезу песчаных и глинистых литотипов, имеющих различные коэффициенты отражений, можно с долей условности соотнести опре-

делённый класс по динамическим атрибутам с определённой группой литофаций [5]. Важным моментом при интерпретации сейсмофациальных типов разрезов является то, что к определённому классу относятся не только литофации, выявленные в скважинах, но и генетически связанные типы разрезов, схожие с последними по форме электрометрических моделей [5, 10].

Поскольку схожие кривые  $\alpha$ ПС генетически близких фациальных обстановок характеризуются аналогичным распределением коллекторов в разрезе, но отличаются мощностями и качеством последних, это отразилось на интенсивности параметров динамических аномалий на кубах синхронной акустической инверсии ( $P_{imp}$ ,  $V_p/V_s$ ). Чтобы результаты акустической инверсии использовать для прогноза зон развития коллекторов, приуроченных к различным фациальным обстановкам, в анализ были вовлечены значения упругих параметров по скважинам [11, 12].

Как показывает практика анализа материалов по Уватскому региону, на кроссплотах петрофизического моделирования разделение песчано-алевритовых и глинистых разностей по акустическим свойствам носит достаточно условный характер, что обусловлено идентичностью упругих свойств части проницаемых и непроницаемых литотипов. Чтобы понять причины, которые могли повлечь за собой на такое перекрытие параметров в различных гранулометрических разностях, был проанализирован литологический и минерально-петрографический состав песчаных и пелитовых разностей совместно с распределением коллекторских свойств по разрезу. Результаты анализа показали, что в зону частичного перекрытия пород со сходными упругими свойствами попадают глинистые разности, обогащенные большим количеством углистого материала и сидеритизированные песчаники алевритовой фракции с большим количеством глинистого цемента базально-порового типа. Несмотря на частичное перекрытие значений упругих свойств  $P_{imp}$  и  $S_{imp}$  в породах различного литологического состава, удалось в общих чертах соотнести разные литотипы с определенными параметрами. Глинистые отложения, обогащенные большим количеством маломощных углистых прослоев, характери-

зуются самыми низкими значениями (Pimp 5000-9000; Simp 3000-5000). Аргиллитам и достаточно уплотненным глинистым разностям соответствуют высокие значения (Pimp >11000; Simp >6000). На их фоне песчаные и алевроитовые разности пород, с которыми связываются коллекторы, занимают промежуточные значения (Pimp 9000-11000; Simp 5000-6000) [10].

### **Сопоставление литофаций по скважинам и динамических характеристик волнового сейсмического поля на примере пласта Ю<sub>4</sub> одной из площадей уватского региона**

Пример комплексного анализа приведен на основе результатов по территории Кирилкинско-Коптанской площади центральных районов Уватского региона.

На описываемых территориях пласт Ю<sub>4</sub> тюменской свиты является одним из перспективных интервалов, нефтеносность которого уже доказана на Кирилкинском и Северо-Тамаргинском месторождениях. Общая мощность в скважинах составляет в среднем 36 м, при эффективной мощности коллекторов от 3,8 м до 7,8 м. По результатам сейсмической корреляции мощности пласта меняются в интервале от 30 до 55 м, сокращаясь на отдельных участках до 25 м.

Согласно описанию кернового материала, отложения пласта Ю<sub>4</sub> представлены чередованием разнозернистых песчаников, кварцевых, мелко-, среднезернистых алевролитов и глинисто-углистых аргиллитов. Алевроитовые и песчаные разности светло-серые, серые, массивные, слоистые, кварцевого состава, иногда сидеритизированные, пиритизированные, разнозернистые, с преобладанием алевроитовой фракции, сцементированные глинистым цементом порово-базального, базально-порового и порового типов. Аргиллиты темно-серые, алевроитистые, слоистые, сцементированы глинистым и сидеритовым цементом. В песчаниках встречаются крупные обломки углефицированных растений. Алевролиты и аргиллиты обогащены большим количеством углефицированного растительного детрита (УРД). Обломочная часть отложе-

ний плохо сортирована, часто слабо и средне окатана, что указывает на близость источников сноса (Рис. 3).

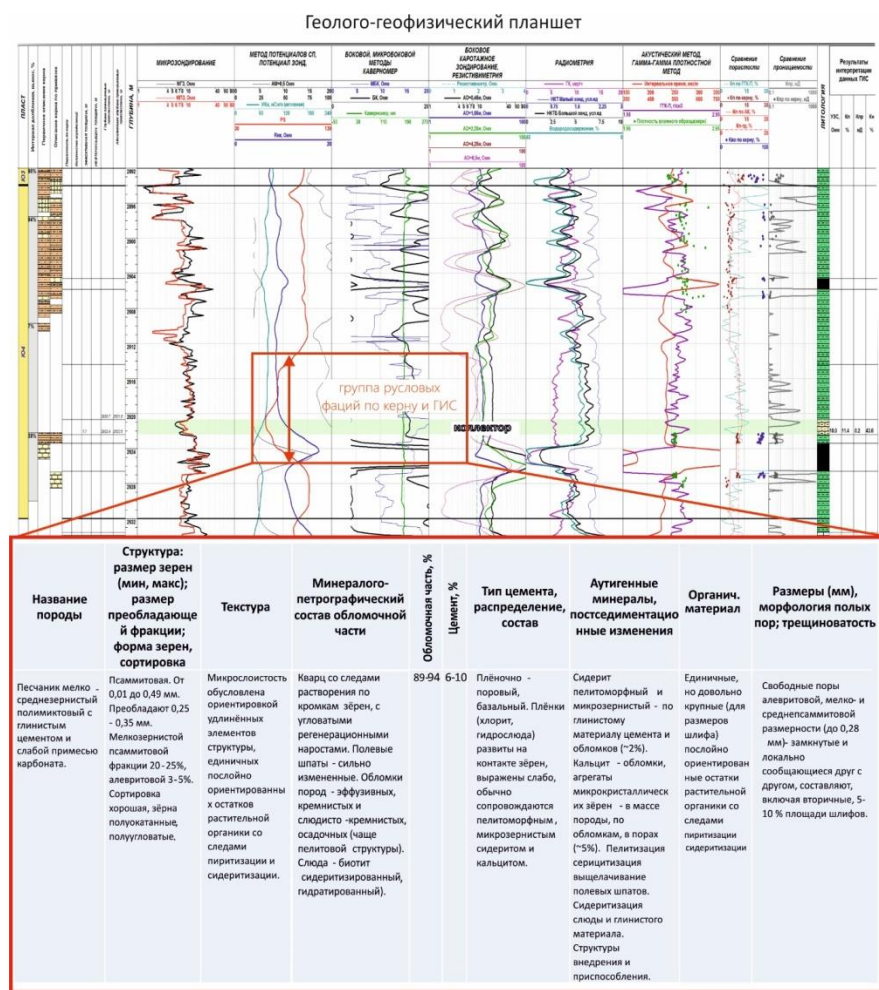
По результатам седиментологического анализа разрез представлен следующим комплексом фаций – русловые отложения (речные каналы, стрежневые части, русла малых рек и проток), прирусловые части внешней поймы (прирусловые валы, промоины конусов выноса), отложения внутренней поймы (покровные пески паводков, отложения стариц, торфяных болот).

Как показывает практика комплексной интерпретации сейсмических и скважинных данных, от сочетания и мощности, перечисленных литотипов по разрезу, зависит не только форма электрометрических моделей  $\alpha$ ПС, но и динамика интенсивности, выдержанности отражений на сейсмических разрезах амплитудного куба 3D.

В волновом сейсмическом поле отложения пласта Ю<sub>4</sub> выделяются между отражающим горизонтом (ОГ) «ТЮ<sub>4</sub>», маркирующего кровлю и двумя границами ОГ «ТЮ<sub>5</sub>» и ОГ «А», ограничивающих его подошву. По форме сейсмической записи интервал пласта на сейсмических разрезах характеризуется двумя типами отражений. В первом случае наблюдается выдержанная, протяженная, регулярная амплитудная запись, характерная для отложений, формировавшихся в стабильных условиях низкодинамичных обстановок, таких как участки поймы низинных равнин. Во втором случае, наблюдается линзовидно-слоистое, бугристое, нерегулярное, интерферируемое отражение амплитудного сигнала, характеризующее отложения, формировавшиеся в высокодинамичных обстановках, таких как русла рек и прирусловые участки внешней поймы речной долины. В районах ограничено меандрирующих или блуждающих крупных речных каналов, формирующих достаточно большие врезы в субстрат нижележащих отложений, в волновом поле часто наблюдается дополнительная фаза по типу линзовидного подошвенного прилегания. Когда в интервале отдельно взятого стратиграфического пласта фиксируются русла небольших временно живущих рек, дополнительное отражение, как правило, отсутствует, а наличие руслового канала проявляется линзовидной

раздутой формой отражённой волны или сильной интерференцией фаз ОГ «ТЮ<sub>4</sub>» и ОГ «ТЮ<sub>5</sub>». Пример волновой картины в районе речных русел можно видеть на рис. 2.

Сопоставление карты сейсмофаций с распределением общих толщин пласта Ю<sub>4</sub> показало, что практически все сеймоклассы визуально разделились на две крупных зоны, разделяющихся между собой условно по изопахите 40 м. В зону с развитием мощностей <40 м попали сейсмофации 1 класса (фиолетовый), в область развития отложений >40 м попали сеймоклассы со 2 по 5-й (желтый, зеленый, красный и голубой цвета) (Рис. 4).

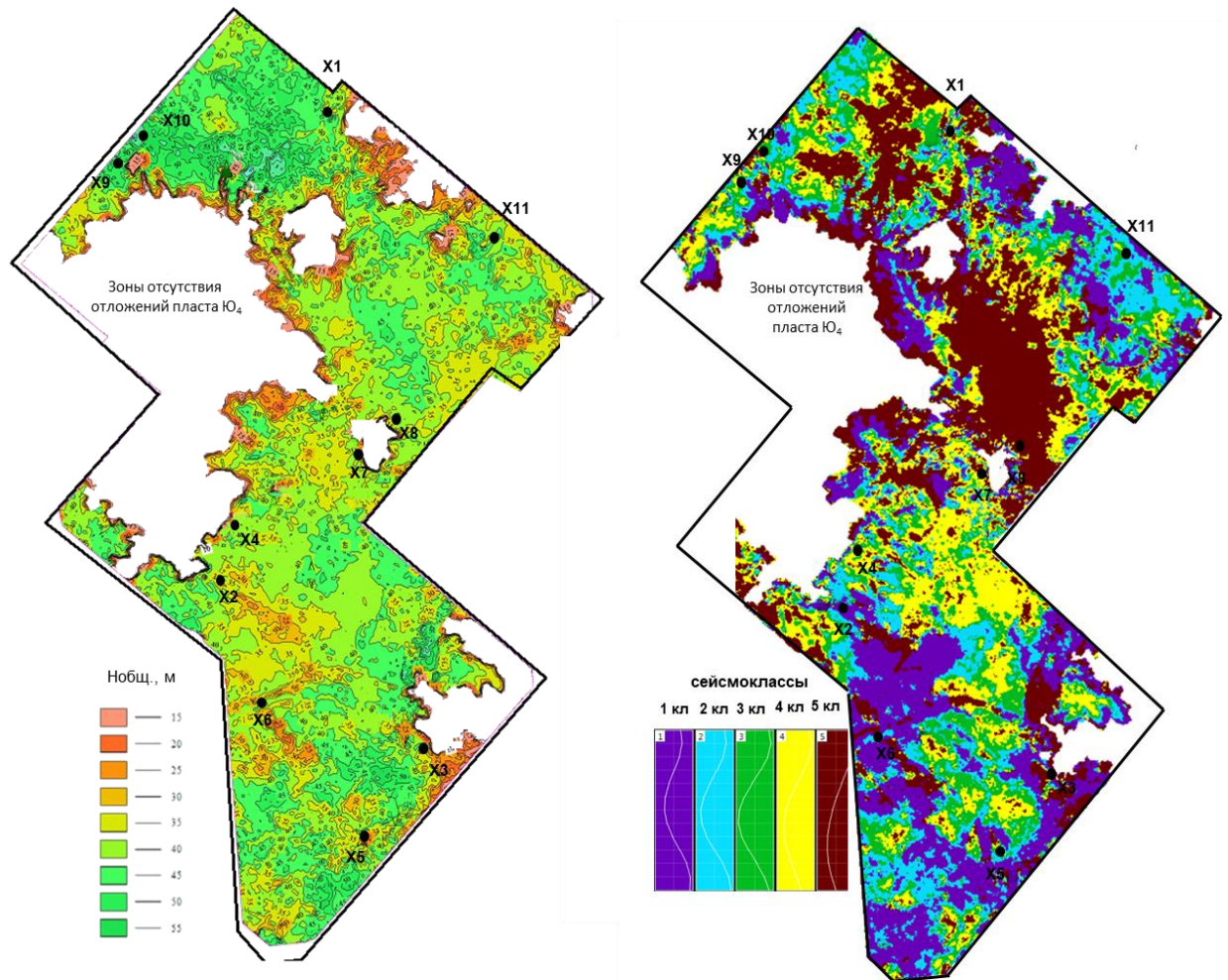


Вторичные изменения в поровом пространстве коллекторов пласта Ю4



Цемент порового типа, коррозионный, микро-мелкозернистой структуры, представлен карбонатным материалом кальцитового состава, а также глинистым материалом гидрослюдисто-каолинитового. В породе отмечается преобладание межмикроагрегатно-зерновых и межмикроагрегатных и межзерновых микропор, с наличием тонких внутризерновых микропор; открытые поры размером 6-7 мкм, преимущественно анизометричной и тонко-щелевидной формы.

**Рис. 3. Литолого-петрографическая характеристика пород коллекторов пласта Ю<sub>4</sub> на примере одной из скважин Кирилкинской площади**



Карта общих толщин пласта Ю<sub>4</sub>

Карта сейсмофаций пласта Ю<sub>4</sub>

**Рис. 4. Сопоставление карт литофаций с распределением общих толщин пласта Ю<sub>4</sub> на территории Кирилкинской площади**

Разделение сейсмофаций на основе геоморфологического критерия подтвердилось литофациями по скважинным данным. Согласно электрометрическим моделям αПС и описанию керна, такие скважины как X<sub>1</sub>, X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub> в которых более 70-90 % разреза представлено песчаными фациями русловых каналов, боковых протоков и прирусловых отмелей, чередующихся с небольшими прослоями глинистых отложений, попадали в зону 3-5 сейсмодиапазонов (желтый, зеленый, коричневый). Согласно электрометрической модели αПС и описанию керна, разрез пласта Ю<sub>4</sub> в скв. X<sub>2</sub> характеризуется глинистым составом, хотя в нём присутствуют маломощные песчаные пропластки, сопоставляемых с фацией песков разливов. На карте сейсмодиагонального районирования скважина попала во 2 класс (голубой цвет) и отнесена к зоне развития коллек-

торов. Зона в границах 1 класса (фиолетовый цвет) сейсмофаций, керновыми данными не охарактеризована. По её расположению в пределах депрессионных участков, она была отнесена к зоне глинизации (отсутствие коллекторов) (Рис. 4).

Особенностью профиля речных долин, формирующихся реками слабо меандрирующего и блуждающего типов, является расположение в определенной последовательности от речного русла генетически связанных песчаных тел. Это позволяет, при наличии концептуальных моделей сочетания литофаций в разрезе, в комплексе с районированием разреза по преобладанию глинистых или песчаных литотипов, сопоставлять их с развитием определённых сейсмофаций, контролируя изменения коллекторских свойств в пределах гипотетических песчаных тел-резервуаров динамикой интенсивности аномалий сейсмических атрибутов по площади [10]. Характер соотношения между собой этих трёх фаций в пределах профиля речной долины и их сопоставление с сеймоклассами по форме трассы приведены на рис. 5.

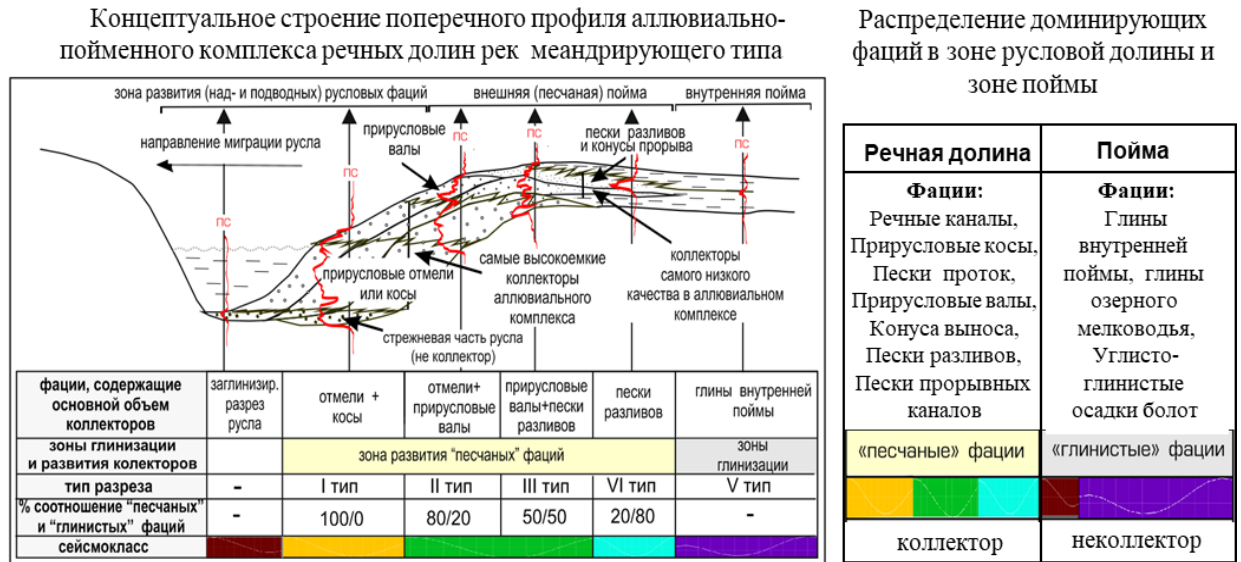
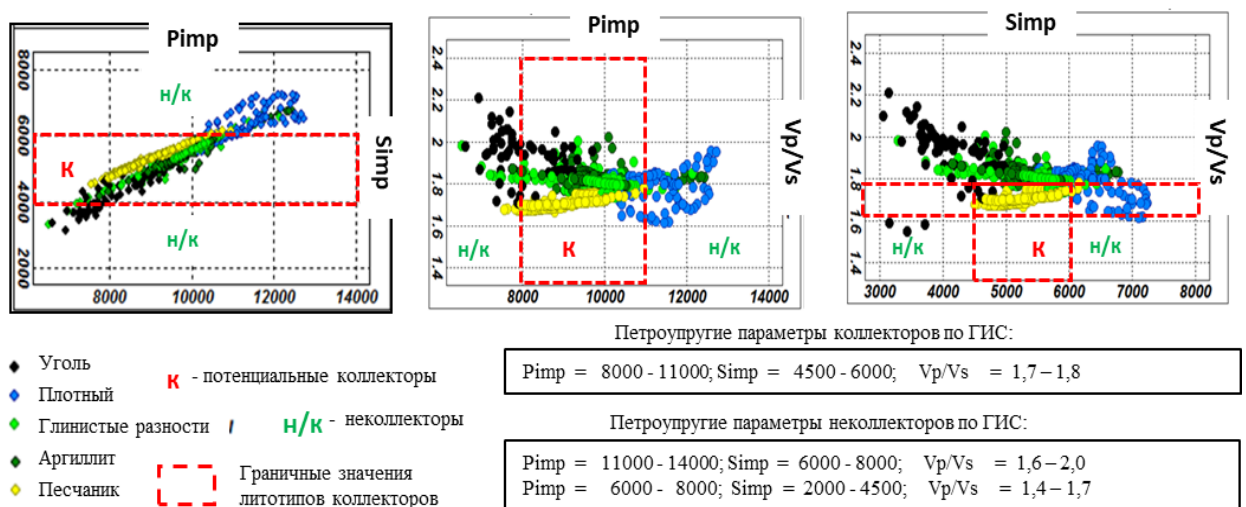


Рис. 5. Сопоставление карт литофаций с распределением общих толщин пласта Ю<sub>4</sub> на территории Кирилкинской площади [10]

Сейсмофации 1 класса (фиолетовый) сопоставлены с глинистыми осадками внутренней части поймы низинной равнины. Такой тип разреза коллекторов не содержит. Территориально картируются в пределах погруженных участков и вдоль эрозионных выступов доюрского основания. По упругим ха-

рактическим литотипы глинистых фаций поймы попадают в зону развития отложений с достаточно высокими параметрами ( $P_{imp}$  11000-12000,  $S_{imp} > 6000$ ) (Рис. 6). Согласно петрофизическому моделированию глинисто-углистые литотипы пород с низкими акустическими свойствами ( $P_{imp} < 8000$ ,  $S_{imp} < 4000$ ), сопоставляемые с осадками заболоченных пойм, по результатам акустической синхронной инверсии, на описываемой территории не выделяются. В сторону террасы возвышенно-аккумулятивной равнины, эта группа сейсмофаций замещается на разрезы сейсмофаций класса 2 (голубой цвет), иногда встречаясь в сочетании с сейсмофациями класса 5.



**Рис. 6. Распределение упругих параметров ( $V_s$ ,  $V_p$ ) в интервале пласта Ю<sub>4</sub> по данным ГИС [10]**

Сейсмофации **2 класса** (голубой) сопоставлены с литофациальным разрезом, где песчаная часть состоит из литотипов пород близких к пескам разливов и фациям озёрного мелководья. Основная область формирования осадков – территория перехода от внешней (песчаной) части к её внутренней (глинистой) поймы. Поэтому содержание песчаного материала по всему разрезу, как правило, не превышает 15-20 % от общего объёма пласта.

Остальные 80 % составляют глинистые разности внешней и внутренней поймы. Пески разливов имеют площадное распространение. Как самостоятельная фация в толще глин пойменных отложений, выделяется только на границе между внешней и внутренней поймы. В разрезе пески разливов представляют собой группу маломощных (1-2 м) пластов алеврито-песчаных



мелкозернистых разностей, залегающих среди пелитовых осадков глинистой поймы. От суммарной мощности песчаных прослоев зависит, в какую сейсмофациальную зону попадает этот тип разреза. Если мощности алеврито-песчаных разностей не хватает для интенсивности аномалии, чтобы зарегистрировать её сейсмической волной, то отложения попадают в зону сейсмофаций 1 класса, как толща неколлекторов. При ограниченной миграции или блуждании речного русла, фации песков разливов могут перекрываться фациями конусов прорыва или прирусловыми валами береговой зоны, что приводит не только к увеличению общей доли песчаного материала в разрезе, но и повышает качество коллекторов для этой части разреза. Как правило, это происходит за счёт появления в разрезе осадков конусов прорыва, которые из всех песчаных фаций внутренней и внешней поймы являются самыми лучшими коллекторами. На картах динамических атрибутов увеличение доли песчаного материала в разрезе сказывается на динамике поведения аномалий в пределах зоны голубого сейсмокласса. Использовать эту зависимость на территории Кирилкинской площади не удалось из-за малой ширины зоны развития сейсмофаций 2 класса. По упругим характеристикам литотипы фаций песков разливов попадают в зону развития отложений с достаточно высокими параметрами ( $P_{imp}$  10000-10500). По Ханину А.А. [13] резервуар сложенный такими литотипами (фациями группы песков разливов) представлен коллекторами IV-V классов. На карте сейсмофаций зона развития 2 класса занимает положение между зоной сейсмофаций 1 класса и 3 класса. Первые характеризуют замещение песчаных фаций песков разливов на глинистые отложения внутренней поймы, вторые – связаны с зонами перехода в разрезы прирусловых отмелей. В редких случаях, когда прирусловая отмель представлена достаточно узкой зоной, а прирусловой вал в её пределах при частых или сильных половодьях мигрирует, постепенно размываясь в сторону поймы, на карте встречается сочетание сейсмофаций голубого и жёлтого цветов (Рис. 4).

Сейсмофации **3 класса** (зелёный) сопоставлены с разрезом, в котором основная песчаная часть представлена чередованием осадков прирусловых отмелей и русловых кос. Область формирования фаций – подводная и надводная часть прибрежной части речных побережий. В фациях осадки на 60-80 % сложены песчаным материалом: средне- и мелкозернистыми песками, чередующихся с крупнозернистыми алевролитами, содержащие прослойки грубозернистых песков, гравия, щебня. Глинистая часть разреза представлена фациями внешней поймы и заиленных стариц, составляет не более 10 % от всего объёма разреза. Глинистые разности, как правило, приурочены к интервалам перехода одного речного цикла в другой. Его малое количество, массивная текстура отложений и отсутствие в разрезе тонкого переслаивания песчаных и глинистых разностей сказывается на формировании относительно мощных пластов с однородными по строению коллекторами, что отражается в изменении интенсивности аномалий различных амплитудных и частотных атрибутов. Среди всех отложений аллювиального комплекса речных долин, песчаные тела, сложенные русловым аллювием отмелей и кос, представляют первоочередные объекты для опознания в них залежей УВ. Согласно результатам акустической инверсии, развитие этого сейсмодиагноза на кубе  $V_p/V_s$  попадает в зону аномалий со значениями 1,7-1,8, которая по скважинным данным соответствует зоне максимального развития песчаных разностей. Вследствие неоднократного перекрытия в разрезе песчаных тел русловых отмелей и кос, на кривой самопроизвольной поляризации большая часть разреза (преимущественно его центральная часть) представлена широкой аномалией  $\alpha_{PS}$  находящейся в диапазоне значений 0,6-0,8. Базальная и кровельная части разреза представлены маломощными пластами пойменных глин. Поэтому усредненная форма кривой  $\alpha_{PS}$  этого литофациального типа достаточно хорошо сопоставляется с формой сейсмической трассы. В плане песчаные тела этих русловых фаций образуют широкие плащеобразные зоны, занимающие обширные площади меандровых пространств.

Сейсмофации **4 класса** (жёлтый) сопоставлены с литофациальным разрезом, где часть песчаного тела представлена фациями прирусловых отмелей, перекрывающихся фациями прирусловых валов (Рис. 5). Особенности строения первых приведены выше при характеристике сейсмофации 3 класса. В отличие от отмелей, прирусловые валы представлены не только песчаными, но и глинисто-алевритовыми осадками. Соотношения песчаных и глинистых разностей в разрезе составляет 50:50. Располагаясь в границах внешней прирусловой части поймы, валы залегают на отложениях прирусловых отмелей, отделяя последние от глинистых фаций внутренней поймы. В целом строение прирусловых валов несколько отличается от строения прирусловых отмелей, хотя они являются продуктом размыва последних в периоды половодий. Из-за этого, на кривой самопроизвольной поляризации, в зоне перехода одних фаций в другие, они плохо дифференцируются между собой. Хотя прирусловые валы отличаются от отмелей несколько меньшей аномалией  $\alpha_{ПС}$  0,5–0,6. В керне, помимо глинизации разреза, прирусловые валы отличаются от отмелей признаками сильного осушения, что проявляется наличием фрагментов корневых систем, следов ихнофаций и большим количеством УРД. Из-за этих различий, несмотря на генетическую и, в целом, литологическую схожесть фаций, в прирусловых валах коллекторы обладают неоднородным внутренним строением, что наделяет их более низкими коллекторскими свойствами, чем отмели и косы. Пониженность ёмкостных характеристик прирусловых валов обусловлена не только присутствием глинистых прослоев, но сидеритизацией и пиритизацией пород, которые являются результатом вторичных изменений органического вещества в процессе диагенеза. Согласно классификации Ханнина А.А. [13] резервуар, сложенный литофациями прирусловых валов, представлен коллекторами IV-V классов. Отсутствие в разрезе отложений песчаных тел русловых кос, обладающих достаточно высокими ёмкостными свойствами, несколько снижает общий потенциал «песчаного резервуара» в границах этой сейсмофации, хотя тела прирусловых отмелей и русловых валов в пределах этого сейсмодкласса также представляют интерес для опосредованного

них залежей УВ. На срезах кубов акустической инверсии сейсмофации жёлтого и зелёного цветов попадают в зоны различных аномалий. Причиной такого распределения является то, что первые обладают более высокой акустической жёсткостью пород, за счёт повышенной глинизации разреза. Если на срезе куба  $P_{imp}$  литотипы сейсмофаций этих классов характеризуются схожими упругими параметрами, то на сечении куба  $V_p/V_s$  часть разрезов 4 класса (жёлтый цвет) попадает в зону значений  $>1.8$ , что характеризует их как коллекторы очень низкого качества. На карте сейсмофаций пакет отражений 4 класса граничит большей частью с сейсмофациями 3 класса, занимая её центральные части, что без противоречий вписывается в литофациальную модель аллювиального комплекса рек слабомеандрирующего типа. Как отмечалось выше, иногда сейсмофации 4 класса граничат с сейсмофацией 5 класса (коричневый цвет). Как правило, это наблюдается в тех местах, где имеется спорная сейсмическая корреляция пластов  $Ю_{4-5}$  и кровли доюрского интервала.

Сейсмофации **5 класса** (коричневый) на описываемой территории выделяются фрагментарно, по большей части в границах русловых каналов и в пределах отдельных зон вдоль выступов доюрского выхода пород (Рис. 4). На территории Кирилкинской площади они граничат с сейсмофациями, нетипичными для фациальной последовательности тел аллювиального комплекса долин рек слабомеандрирующего и блуждающего типов. В литофациальном отношении сейсмофации этого класса связаны с развитием двух литологических типов разреза, сходных по распределению в пласте  $Ю_4$  песчаных и глинистых разностей. В обоих разрезах 80 % объёма пород представлено глинами и аргиллитами. Нижнюю часть разреза порядка 20 % занимает толща плохо сортированных осадков различной размерности, сопоставляемых, в первом случае, с отложениями стрежневой части русловых каналов, во втором случае – с делювиальными осадками шлейфов конусов выноса. Обе литофации по составу представлены «мусорными», плохо сортированными, разнозернистыми (от мелкозернистых осадков до крупных галек, валунов) породами, сцементированными большим количеством глинистого

матрикса. В отличие от глинистых осадков поймы, приуроченных к зоне сине-фиолетовых классов, глинисто-песчаный разрез этой сейсмофации предполагает несколько сокращенные толщины, за счёт того, что глинистые фации в пределах русел, заполняли последние лишь на завершающей стадии жизни речной системы. Это предположение находит подтверждение на карте общих толщин, где участкам развития речных каналов соответствуют шнурковообразные зоны сокращенных мощностей. Несмотря на наличие песчаных разностей, коллекторы в таких породах, как правило, отсутствуют. Поэтому, как и сейсмофации 1 класса (фиолетовый цвет), сейсмофации 5 класса отнесены к зоне глинизации (отсутствию коллекторов). Если на территории Коптанской площади зона развития сейсмофаций 5 класса без противоречий вписывается в седиментационную модель пласта Ю<sub>4</sub>, то на территории Кирилкинской площади, где они граничат с сейсмофациями 4 класса, наблюдается несоответствие в последовательности смены литофаций, требующее пояснения.

Анализ временных разрезов на этой территории показал, что волновая картина интервала пласта Ю<sub>4</sub> в зоне прогибов представлена сильно интерферирующей записью между волной «ТЮ<sub>4</sub>» и нижележащей отражающей границей, сопоставляемой с отражением от кровли пласта Ю<sub>5</sub>. Так как сейсмическая запись волновой картины не позволяет провести однозначную сейсмическую корреляцию, существует вероятность, что в используемом варианте интерпретации, часть доюрского комплекса, которая представляет собой верхнюю дезинтегрированную, разуплотнённую часть доюрского основания, была отнесена к низам осадочного чехла, а именно к пласту Ю<sub>5</sub>. Поскольку при классификации по форме сейсмической трассы расчёт атрибутов выполнялся в интервале постоянного окна ОГ «ТЮ<sub>4</sub>»-2/+22 мс, на территории прогиба в интервал сейсмической интерпретации могла попасть часть пласта Ю<sub>5</sub>, которая, как отмечалось выше, является предположительно частью доюрского комплекса пород. Поэтому сейсмофациальная модель пласта Ю<sub>4</sub> в пределах прогибов оказалась идентичной разрезам, где верхняя половина литофа-

циальной модели представлена глинистыми отложениями, а нижняя песчаными разностями (хотя и без коллекторов). С тем лишь отличием, что нижняя часть пласта Ю<sub>4</sub> в границах прогиба, при данной корреляции представлена не «мусорными» песчаными разностями пород, а изменёнными доюрскими породами, схожими с последними по динамическим параметрам волнового поля. Есть предположение, что схожая ситуация была в районе скважин X<sub>7</sub> и X<sub>8</sub>, где из-за сложной волновой картины не удалось корректно выполнить сейсмическую корреляцию юрских пластов и доюрского основания.

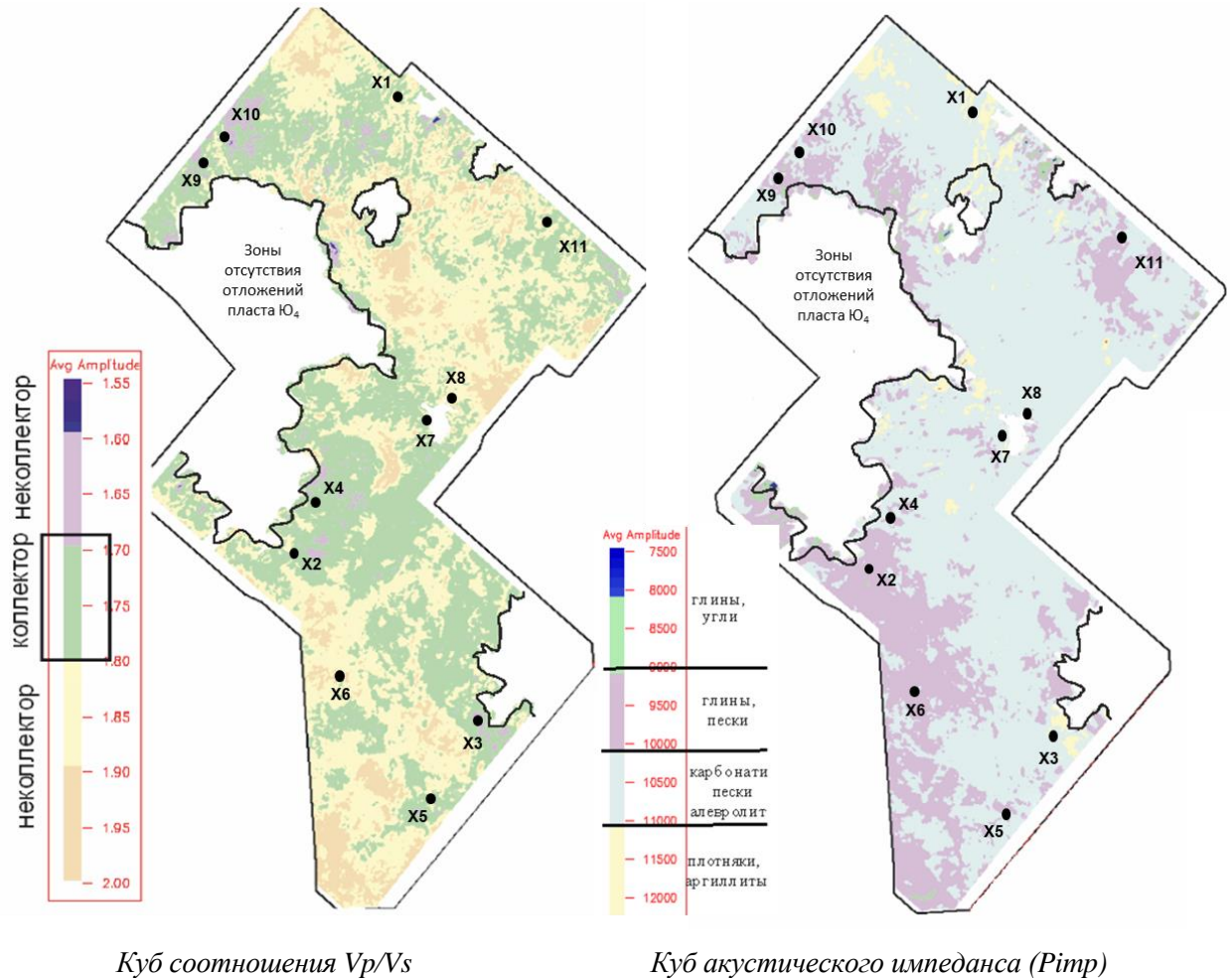
В результате, без учёта результатов бурения этой скважины, при автоматическом расчёте сейсмодатумов по форме трассы, зона отсутствия отложений по динамике сейсмических атрибутов была отнесена к «песчаным фациям» пласта Ю<sub>4</sub>, хотя в действительности значения амплитудных и частотных характеристик волнового поля были сняты с кровли доюрских пород, представленных в керне кислыми эффузивами предположительно триасового возраста.

### **Комплексирование литофациального районирования по типам разрезов с данными акустической синхронной инверсии**

Так как фациальные типы разрезов связаны с распределением коллекторов по площади, результаты сейсмофациального анализа сопоставлены с результатами акустической инверсии. Для этого проанализированы результаты петрофизического моделирования по данным скважин (Рис. 7).

Установлено алевроитовые и песчаные разности, являющиеся потенциальными резервуарами УВ, характеризуются диапазоном значений акустического импеданса  $P_{imp} - 9000-11000$ ,  $S_{imp} - 5500-6000$ . Как выяснилось, схожими акустическими свойствами обладает ряд глинистых и аргиллитовых литотипов пород, отличающихся от проницаемых разностей лишь небольшим снижением значений по сдвиговому импедансу ( $S_{imp}$ ) до 4500-5500. Это обстоятельство позволило по аномалиям куба  $V_p/V_s$  глинистые и песчаные разности пород с долей условности разделить на область развития коллекторов (1,7–1,8) и неколлекторов (1,8–2,0) (Рис. 6).

Таким образом, наличие связи упругих параметров пород по скважинным данным с расчётными значениями упругих параметров по акустической инверсии, позволило районировать территорию отчётных съёмков на зоны потенциального развития коллекторов и неколлекторов путём наложения аномалий с кубов  $P_{imp}$  и  $V_p/V_s$ .



**Рис. 7. Сопоставление результатов распределения упругих свойств пород пласта Ю4 по скважинным данным и сейсмоакустическому моделированию**

Если по результатам петрофизического моделирования, при более детальном анализе кроссплотов имеется возможность дробного разделения пород на литотипы с разным объёмом в них коллекторов и глинистых разностей, то по результатам сейсмоакустического моделирования такая возможность отсутствует.

Поэтому при сопоставлении упругих свойств пород по скважинным данным и данным сейсморазведки, встречается закономерная картина, когда

в зоне развития аномалий определённого диапазона значений  $P_{imp}$  по сейсмической инверсии, выделяется не один, присущий ей литотип, а ещё смежные литотипы, характеризующиеся более низкими и более высокими значениями. Проблема отчасти решается комплексированием результатов акустического моделирования с результатами фациальной кластеризации отложений по форме сейсмической трассы, когда зоны развития коллекторов и глинизации сопоставлялись с зонами развития определенных сейсмоклассов.

В целом, сопоставление результатов моделирования упругих свойств пород по скважинным данным с результатами акустической инверсии показало, что литотипы пород, выделяемые по петрофизическому моделированию в интервале значений 9000-11000 для куба  $P_{imp}$ , 1,7-1,8 для куба  $V_p/V_s$  имеют хорошую сходимость с этими же диапазонами значений по результатам акустической инверсии с небольшим увеличением диапазона по кубу соотношения продольных и поперечных волн. Таким образом, комплексирование аномалий упругих параметров по результатам акустической инверсии с результатами сейсмофациального районирования позволило на качественном уровне выделить зоны развития глинизации и зоны потенциальных коллекторов.

### **Заключение**

В работе продемонстрированы материалы, иллюстрирующие каким образом выделенные сейсмоклассы, характеризующиеся определенной формой трассы, можно соотнести с фациальными типами разрезов по керну и ГИС. Показано, что каждый литофациальный тип разреза, состоящий из генетически разных фаций (коллекторов и неколлекторов), в поле динамических параметров сейсмического поля характеризуется определенными аномалиями амплитудных и частотных атрибутов. Это находит отражение и в распределении по площади разрезов с доминированием песчаных, глинистых или углистых литотипов пород на кубах синхронной акустической инверсии ( $P_{imp}$ ,  $S_{imp}$ ,  $V_p/V_s$ ).



Как показывает практика ГРП, чем больше скважин удаётся использовать при таком комплексном анализе, тем корректнее удаётся воссоздать фациальные типы разрезов и спрогнозировать ФЕС, снизив риск отсутствия коллекторов в точках заложения скважин. Для повышения успешности ПРБ применение современных возможностей сейсморазведки МОГТ 3D в виде сейсмофациального анализа и результатов акустической инверсии совместно со скважинными данными, являются оптимальным решением, которое позволяет достаточно корректно прогнозировать распределение коллекторов в межскважинном пространстве.

С помощью подхода, описанного в работе, на территории Кирилкинской и Коптанской площадей Уватского района юга Тюменской области в интервале пласта Ю<sub>4</sub> были выдены зоны потенциального развития коллекторов и зоны заглинизированных разрезов. Одна из зон коллекторов спрогнозирована между восточным склоном Кирилкинской структуры и западным склоном Восточно-Кирилкинской структуры. Вторая зона выделена на юге Коптанской площади, в пределах Южно-Кирилкинского поднятия, и южнее, в пределах группы Северо-Коптанских поднятий. Третья зона коллекторов выделена в районе Тишкинской группы структур. На территории между Кирилкинским и Южно-Кирилкинским поднятиями предполагается обширная зона отсутствия коллекторов.

Таким образом литофациальные модели продуктивных пластов, построенные с помощью комплексирования данных 3D-сейсморазведки, в виде сейсмофациального и атрибутного анализов и результатов акустической инверсии, совместно со скважинными данными, существенно позволяют снизить инвестиционные геологические риски и повысить успешность ПРБ.

### Список литературы

1. Временное положение об этапах и стадиях геолого-разведочных работ на нефть и газ (№126 от 7.02.2001) // Приложение №3 к ж."Минеральные ресурсы России", -2001.
2. Габриэлянц, Г.А., Методика поисков и разведки залежей нефти и газа / Габриэлянц, Г.А., Пороскун В.И., Сорокин Ю.В.// -Москва.: Недра. –1985. –304 с.
3. Алексеев, В.П. О рамочных границах применения принципа актуализма в седиментологии / В.П.Алексеев, Э.О.Амон // Методологические проблемы литологических исследований в России: Всероссийское литологическое совещание. – Казань. -2011. –Т. I. - С.25-28.
4. Ухлова, Г.Д. Сейсмофациальный анализ и возможности прогнозирования литотипов пород по данным сейсморазведки / Г.Д.Ухлова, В.В.Соломатин, Л.И.Штифанова, Т.И.Чернышова // VII Всероссийское литологическое совещание. - 2013. – Т.3. - С.227-230.
5. Птецов, Р.С. 3D-сейсмофациальный анализ как инструмент для уточнения границ распространения песчаных коллекторов/Птецов Р.С., Виниченко О.С., Твердохлебов Д.Н. // Технологии сейсморазведки. -2008. Вып. 1. – С. 55-59
6. Михайлова, С.В. Анализ сейсмических атрибутов – комплексный подход при концептуальном моделировании // PRОнефть. Профессионально о нефти. -2018. -№2(8). - С. 31-35.
7. Ампилов, Ю.П. Об атрибутном анализе в сейсморазведке. Атрибуты отраженных и рассеянных волн // Oil and Gas Russia. –2015 - С. 49.
8. Участкин, А.А. **Опыт** применения атрибутного анализа при оценке информативности и качества обработки данных региональной сейсморазведки / Участкин, А.А., Михайлов В.А., Навроцкий А.О. // Геоинформатика. -2022. -№3. – С. 47-55.
9. Малярова, Т.Н. Сейсмофациальный анализ как универсальное средство понимания строения резервуара // Технологии сейсморазведки. №2. – С. 79-87.
10. Елишева, О.В. Создание литофациальных 2D-моделей продуктивных пластов как основы прогноза коллекторов по данным сейсморазведки МОГТ 3D // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. -№2. -2019. – С. 20-30.
11. Кондратьев, И.К. Способы реализации и оценка эффективности сейсмической инверсии: учебное пособие / Кондратьев И.К., Рыжков В.И., Киссин Ю.М., Шубин А.В. // М: издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. -2011. - 62с.
12. Ампилов Ю.П., Сопоставление альтернативных методов прогноза фильтрационно-емкостных свойств в межскважинном пространстве по данным сейсморазведки / Ампилов Ю.П., Барков А.Ю., Шаров С.А., Яковлев И.В., Богданова О.Е //Технологии сейсморазведки/ -2009. - №1. - С. 60-69.
13. Тугарова, М.А. Породы-коллекторы: Свойства, петрографические признаки, классификации // Учебно-методич. пособие. - СПб., 2004. - 36 с.

### Reference

1. Temporary regulation on the stages and stages of geological exploration for oil and gas (No. 126 of 7.02.2001) // Appendix No. 3 to the railway"Mineral Resources of Russia", -2001. (in Russian)
2. Gabrielants, G.A., Methods of prospecting and exploration of oil and gas deposits / Gabrielants, G.A., Poroskun V.I., Sorokin Yu.V.// -Moscow.: The bowels. -1985. –p. 304. (in Russian)
3. Alekseev, V.P. On the framework boundaries of the application of the principle of actualism in sedimentology / V.P.Alekseev, E.O.Amon // Methodological problems of lithological research in Russia: All-Russian Lithological Meeting. – Kazan. -2011. –Т. I. - pp.25-28. (in Russian)
4. Ukhlova, G.D. Seismofacial analysis and the possibility of forecasting lithotypes of rocks according to seismic data / G.D.Ukhlova, V.V.Solomatin, L.I.Shtifanova, T.I.Chernyshova //

- VII All-Russian Lithological Meeting. - 2013. – Vol.3. - pp.227-230. (in Russian)
5. Ptentsov, R.S. 3D seismic facies analysis as a tool for clarifying the boundaries of the distribution of sand reservoirs/Ptetsov R.S., Vinichenko O.S., Tverdokhlebov D.N. // Technologies of seismic exploration. -2008. Issue 1. – pp. 55-59 (in Russian)
  6. Mikhailova, S.V. Analysis of seismic attributes – an integrated approach to conceptual modeling // Proneft. Professionally about oil. -2018. -№2(8). - Pp. 31-35. (in Russian)
  7. Ampilov, Yu.P. On attribute analysis in seismic exploration. Attributes of reflected and scattered waves // Oil and Gas Russia. -2015.-p. 49. (in Russian)
  8. Plotkin, A.A. The experience of using attribute analysis in assessing the informativeness and quality of data processing of regional seismic survey / Plotkin, A.A., Mikhailov V.A., Navrotsky A.O. // Geoinformatics. -2022. -No.3. – pp. 47-55. (in Russian)
  9. Malyarova, T.N. Seismofacial analysis as a universal means of understanding the structure of the reservoir // Technologies of seismic exploration. No. 2. – pp. 79-87. (in Russian)
  10. Elisheva, O.V. Creation of lithofacial 2D models of productive formations as a basis for reservoir prediction based on the data of seismic exploration of MOGT 3D // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. -No.2. -2019. –pp. 20-30. (in Russian)
  11. Kondratiev, I.K. Methods of implementation and evaluation of the effectiveness of seismic inversion: study guide / Kondratiev I.K., Ryzhkov V.I., Kissin Yu.M., Shubin A.V. // Moscow: Publishing Center of Gubkin Russian State University of Oil and Gas. -2011. -62с. (in Russian)
  12. Ampilov Yu.P., Comparison of alternative methods for forecasting filtration-capacitance properties in the inter-well space according to seismic data / Ampilov Yu.P., Barkov A.Yu., Sharov S.A., Yakovlev I.V., Bogdanova O.E. //Technologies of seismic exploration/ -2009. - No. 1.-pp. 60-69. (in Russian)
  13. Tugarova, M.A. Reservoir rocks: Properties, petrographic features, classifications // Uchebno-metodich. stipend. - St. Petersburg, 2004. - 36 p. (in Russian)

#### **Сведения об авторах**

*Елишева Ольга Владимировна*, кандидат геолого-минералогических наук, эксперт по геологии, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: ovelisheva@tnnc.rosneft.ru

*Ушатинская Наталья Александровна*, менеджер отдела геологии и сейсмической интерпретации, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: naushatinskaya@tnnc.rosneft.ru

*Гиббаева Ольга Александровна*, начальник отдела геологии и сейсмической интерпретации, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: oagibaeva@tnnc.rosneft.ru

*Шахов Андрей Васильевич*, заведующий сектором динамической интерпретации и геологической поддержки сейсморазведочных работ, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: avshakhov@tnnc.rosneft.ru

*Сильнягина Наталья Владимировна*, главный специалист отдела геологии и интерпретации сейсмических данных, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: nvsilnyagina@tnnc.rosneft.ru

*Михайлов Александр Анатольевич*, начальник отдела геологии и интерпретации сейсмических данных, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»  
Россия, 425048, Тюмень, ул. Максима Горького, д. 42  
E-mail: aamikhailov@tnnc.rosneft.ru

### **Authors**

*O.V. Elisheva*, PhD (Geology and Mineralogy), Geology Expert, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: ovelisheva@tnnc.rosneft.ru

*N.A. Ushatinskaya*, Manager, Geology and Seismic Interpretation Department, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: naushatinskaya@tnnc.rosneft.ru

*O.A. Gibaeva*, Head of Geology and Seismic Interpretation Department, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: oagibaeva@tnnc.rosneft.ru

*A.V. Shakhov*, Head of Amplitude Interpretation and Geologic Support of Seismic Survey Sector, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: avshakhov@tnnc.rosneft.ru

*N.V. Silnyagina*, Chief Specialist, Geology and Seismic Data Interpretation Department, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: nvsilnyagina@tnnc.rosneft.ru

*A.A. Mikhailov*, Head of Geology and Seismic Data Interpretation Department, Tyumen Petroleum Research Center LLC  
42, M. Gorky st., Tyumen, 625048, Russian Federation  
E-mail: aamikhailov@tnnc.rosneft.ru

*Статья поступила в редакцию 19.10.2023*

*Принята к публикации 20.12.2023*

*Опубликована 30.12.2023*