

УДК 550.8

МРНТИ 38.15.27

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjog108561>

Получена: 21.06.2022.

Одобрена: 02.03.2023.

Опубликована: 30.03.2023.

## Оригинальное исследование

### Фациальный контроль распределения коллекторских свойств в карбонатных породах эпиконтинентальных платформ

А.Б. Халелова

КМГ Инжиниринг, г. Астана, Казахстан

#### АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Современный мир трудно представить без углеводородного сырья. Добыча нефти и газа является не только основой мощного топливно-энергетического комплекса, но и главным источником валютных поступлений, ведущим компонентом бюджета для многих стран. Карбонатные породы поражают своим разнообразием, но при этом доставляют и немало проблем: с точки зрения коллекторов они крайне изменчивы. Основные проблемы продуктивных карбонатных пачек – неоднородность, хаотичное распределение коллекторов в виде линз с различной конфигурацией и простиранием, нередко бывает хаотична и гидродинамическая связь между линзами. Все перечисленные проблемы карбонатных коллекторов связаны со вторичными процессами.

**Цель.** Изучение фильтрационно-емкостных свойств карбонатных пород с точки зрения фациального районирования на примере овинлармских пород.

**Материалы и методы.** В данной работе были использованы: каменный материал по 8 скважинам (475 м), 14 скважин с данными гидродинамических исследований и сейсмический 3D куб.

**Результаты.** На основании полученных данных были разработаны принципы фациальной диагностики отложений эпиконтинентальных платформ, выделены фации эпиконтинентальных платформ, привязка каменного материала к данным гидродинамических исследований, построены фациальная модель и фациальная карта, проведен сиквенс-стратиграфический анализ, выявлена закономерность селективного характера проявления вторичных процессов в зависимости от особенностей условий накопления фаций эпиконтинентальных платформ, выделены перспективные зоны с учетом фациального районирования и интенсивности прохождения вторичных процессов на изучаемой территории.

**Заключение.** Выяснив, как связаны фильтрационно-емкостные свойства с условиями осадконакопления карбонатных пород, мы можем прогнозировать наиболее интересные зоны и определять основные вторичные процессы, приводящие к таким улучшенным или ухудшенным свойствам коллекторов.

**Ключевые слова:** фациальное моделирование, доломитизация, трещинообразование, сейсмофациальный анализ.

#### Как цитировать:

Халелова А.Б. Фациальный контроль распределения коллекторских свойств в карбонатных породах эпиконтинентальных платформ // *Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана*. 2023. Том 5, №1. С. 5–20. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjog108561>.

UDC 550.8

CSCSTI 38.15.27

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108561>

Received: 21.06.2022.

Accepted: 02.03.2023.

Published: 30.03.2023.

---

## Original article

# Facies control of the reservoir properties distribution in the carbonate rocks of epicontinental platforms

Assel B. Khalelova

*KMG Engineering, Astana, Kazakhstan*

### ABSTRACT

**Background:** It is difficult to imagine the modern world without hydrocarbon raw materials. Oil and gas production is not only the basis of a powerful fuel and energy complex but also the main source of foreign exchange earnings and a leading component of the budget for many countries. Carbonate rocks strike the imagination by their diversity, but at the same time they cause many problems: they are extremely variable from the point of view of reservoirs. The main problems of productive carbonate members are heterogeneity; distribution of reservoirs in the form of lenses with different configurations and strikes as well as hydrodynamic connections between the lenses is often chaotic. All of the listed problems of carbonate reservoirs are associated with secondary processes.

**Aim:** The project aims to assess the reservoir properties of carbonate rocks from the point of view of facies zoning on the example of Ovinparm rocks.

**Materials and methods:** In this work, we used: rock material from 8 wells (475 m), 14 wells with hydrodynamic data and a 3D seismic cube.

**Results:** Based on the data obtained, the principles of facies diagnostics of the epicontinental platform deposits were developed, facies of epicontinental platforms were identified, rock material was linked to logging data, a facies model and a facies map were built, a sequence stratigraphic analysis was carried out, and the regularity of the selective nature of the manifestation of secondary processes depending on the characteristics of the conditions for the accumulation of facies of epicontinental platforms was revealed, promising zones were identified taking into account the facies zoning and the intensity of the passage of secondary processes in the study area.

**Conclusion:** By understanding how the reservoir properties are related to carbonate depositional conditions, we can predict the most interesting zones and determine the main secondary processes leading to such improved or degraded reservoir properties.

**Keywords:** *facies modeling, dolomitization, fracturing, seismic facies analysis.*

### To cite this article:

Khalelova AB. Facies control of the reservoir properties distributions in the carbonate rocks of the epicontinental platforms. *Kazakhstan journal for oil & gas industry.* 2023;5(1):5–20. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108561>.

ӨОЖ 550.8

ГТАХР 38.15.27

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108561>

Қабылданды: 21.06.2022.

Мақұлданды: 02.03.2023.

Жарияланды: 30.03.2023.

## Түпнұсқа зерттеу

# Эпиконтинентальды платформалардың карбонатты жыныстарындағы коллекторлық қасиеттердің таралуын фациялық бақылау

Халелова А.Б.

ҚМГ Инжиниринг, Астана қаласы, Қазақстан

### ТҮЙІНДЕМЕ

**Негіздеу.** Қазіргі әлемді көмірсутек шикізатынсыз елестету қиын. Мұнай мен газ өндіру қуатты отын-энергетикалық кешеннің негізі ғана емес, сонымен қатар көптеген елдер үшін бюджеттің жетекші құрамдас бөлігі болып табылатын валюта түсімдерінің негізгі көзі болып табылады. Карбонатты жыныстар әртүрлілігімен таң қалдырады, бірақ сонымен бірге көптеген проблемалар туғызады: коллекторлар тұрғысынан олар өте өзгермелі. Өнімді карбонатты бумалардың негізгі проблемалары - гетерогенділік, әртүрлі конфигурациясы мен кеңеюі бар линзалар түріндегі коллекторлардың ретсіз таралуы, линзалар арасындағы гидродинамикалық байланыс жиі ретсіз болады. Карбонатты коллекторлардың барлық аталған мәселелері қайталама процестермен байланысты.

**Мақсат.** Овинпарм тау жыныстарының мысалында фациялық аудандастыру тұрғысынан карбонатты жыныстардың сұзу-сыйымдылық қасиеттерін зерттеу.

**Материалдар мен тәсілдер.** Бұл жұмыста: 8 ұңғымадан (475 м) тас материал, гидродинамикалық зерттеу деректері бар 14 ұңғыма және сейсмикалық 3D текше метр пайдаланылды.

**Нәтижелер.** Алынған мәліметтер негізінде эпиконтиненттік платформалардың шөгінділерін фациялы диагностикалау принциптері әзірленді, эпиконтиненттік платформалардың фациялары, тас материалды ГАЖ деректерімен байланыстыру бөлінді, фациялық модель және фациялық карта салынды, сиквенс-стратиграфиялық талдау жүргізілді, эпиконтиненттік платформалар фацияларының жинақталу жағдайларының ерекшеліктеріне байланысты қайталама процестердің көріністерінің селективті сипатының заңдылығы анықталды, ГАЖ деректерін ескере отырып, перспективалық аймақтар бөлінді зерттелетін аумақта фацналды аудандастыру және қайталама процестердің өту қарқындылығы.

**Қорытынды.** Сұзу-сыйымдылық қасиеттерінің карбонатты жыныстардың шөгү жағдайларымен қалай байланысты екенін біле отырып, біз ең қызықты аймақтарды болжай аламыз және коллекторлардың осындай жақсартылған немесе нашарлаған қасиеттеріне әкелетін негізгі қайталама процестерді анықтай аламыз.

**Негізгі сөздер:** фациялық модельдеу, доломиттену, жарықшақтану, сейсмикалық фациялық талдау.

### Дәйексөз үшін:

Халелова А.Б. Эпиконтинентальды платформалардың карбонатты жыныстарындағы коллекторлық қасиеттердің таралуын фациялық бақылау // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2023. 5 том, №1. 5–20 б. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108561>.

### Введение

К карбонатным отложениям относятся более 40% мировых запасов углеводородов. С ними связаны месторождения-гиганты, такие как Поса-Рика в Мексике, Келли-Снайдер в США, Суон-Хиллс в Канаде, Карачок в Сирии, Киркук в Ираке, Гавар и Шайба в Саудовской Аравии. Казахстанские крупные месторождения также связаны с карбонатными резервуарами.

Карбонатные породы характеризуются широким спектром типов по своему строению и составу и крайне изменчивы по своим коллекторским свойствам. Основными проблемами продуктивных карбонатных пачек являются неоднородность, хаотичное распределение коллекторов в виде линз различной конфигурации и простираения, что нередко отражается и на гидродинамической связи между линзами. Перечисленные проблемы карбонатных коллекторов связаны с вторичными процессами.

### Общие сведения

Изучаемая территория относится к Тимано-Печорскому нефтегазоносному бас-

сейну России. Основным продуктивным горизонтом являются карбонатные отложения овинпармского горизонта, лохковского яруса, нижнего девона.

По региональным данным, в овинпармское время изучаемая территория находилась в пределах очень протяженного, крайне мелководного моря, которое было ограничено на континентальном склоне цепочкой барьерных рифов [2]. По выделенным категориям седиментационных моделей М. Таккера и П. Райта овинпармские отложения относятся к эпиконтинентальным платформам. По условиям осадконакопления такие бассейны характеризуются приливо-отливной зоной (рис. 1).

Современные аналоги условий осадконакопления, которые контролируются приливо-отливной деятельностью, известны на шельфе Южной Флориды и в заливе Шарк в Западной Австралии. По результатам исследований этих современных субтропических и тропических морей выделяются надприливные (супралитораль), межприливные (литораль) и подприливные (сублиторальные) обстановки.

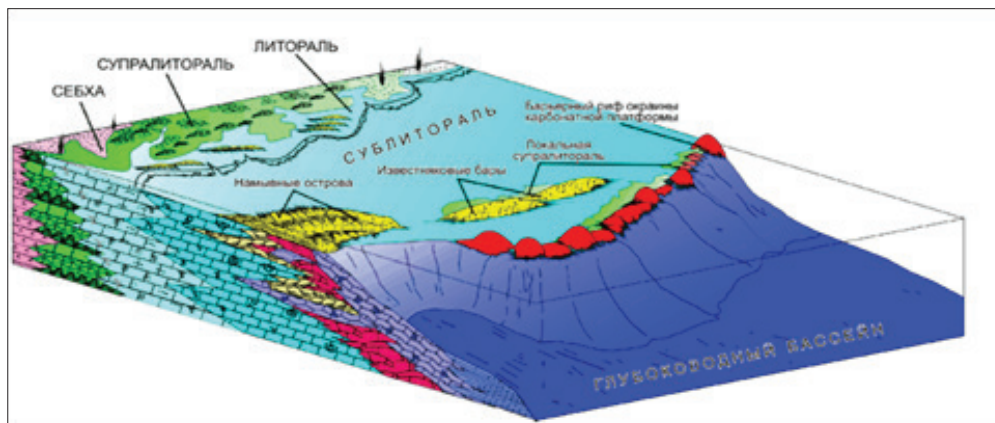


Рисунок 1. Седиментационная модель эпиконтинентальной платформы Тимано-Североуральского региона [2]

Figure 1. Depositional model of the epicontinental platform of the Timan-North Ural region [2]

На изучаемой территории карбонатное осадконакопление происходило в условиях мелководного шельфа, размер которого постепенно сокращался, и шельф обмелел с смещением западной его границы к востоку в течение лохковского времени. На этом фоне проявляются периодические изменения солёности бассейна и интенсивности поступления в него

терригенного материала, что подтверждается керновым материалом и данными гидродинамических исследований (далее – ГИС). На схеме межсважинной корреляции по линии I-I' (рис. 2) наблюдается сокращение глинистых пачек с северо-запада на юго-восток, что предопределяет факт того, что источник сноса находился на северо-западе.

По литературным данным и по данным ГИС, овинпармский сиквенс (S(IV)D1ор) можно разделить на 3 сиквенса V порядка, в пределах которых выделяют 4 фации (рис. 2). Для изучаемого региона повсеместно продуктивными является 2-я и 4-я пачки, которые характеризуются более чистыми карбонатами.

#### **Генетический анализ пористости овинпармских отложений**

В процессе анализа фотографий шлифов, керна и их описания выделены 4 фации: супралитораль, верхняя литораль, нижняя литораль и мелкая сублитораль, которые характерны для древних эпиконтинентальных платформ. Основой для разделения на фации являлись: различная седиментационная структура пород, текстурные особенности, такие как тип слоистости, наличие биотурбации и т.д., наличие остатков организмов, различное содержание глинистой примеси (рис. 3).

Выделенные фации формируют элементарные циклиты, начинающиеся с отложений сублиторали и обмеляющиеся вверх по разрезу. Эти циклиты делятся на два типа, которые различаются, главным образом, по количеству глинистой примеси в составе циклитов и по их толщине (рис. 4–5).

#### **Строение элементарных циклитов**

##### **Отложения мелкой сублиторали**

К отложениям сублиторали с низким содержанием глинистой примеси отнесены массивные, интенсивно биотурбированные мадстоуны (рис. 6). Они характеризуются отсутствием фауны, причиной чему могли служить периодические увеличения солёности, а также мутность воды из-за карбонатных частичек пелитовой размерности, выносимых в подприливную зону.

Отложениям сублиторали с высоким содержанием глинистой примеси свойственны глинистые карбонаты с нодулярной текстурой (рис. 6, а-д)). Они характеризуются отсутствием фауны и следов биотурбации. Вероятно, вследствие увеличения привноса глинистого материала илоеды перестали занимать эту биологическую нишу. Образование нодулярной текстуры связано со стяжением карбонатного материала, при котором происходит выжимание рассеянной глины (рис. 6, е-и)).

##### **Отложения литорали**

Межприливная зона характеризуется развитием приливо-отливных течений и значительными колебаниями гидродинамической активности водного потока. Литораль обладает отчетливой вертикальной зональностью, которая контролируется энергией водной среды, поэтому в литорали выделяются:

**1. Нижняя литораль** из-за низкой гидродинамической активности маркируется развитием горизонтально слоистых микритовых известняков. Слоистость обусловлена переслаиванием темных пелитоморфных разностей и более светлых пеллоидных. В зернистом компоненте, помимо пеллоидов, может присутствовать остракодовый детрит, который иногда образует ракушняковые скопления (рис. 7, а-е)). При увеличении привноса глинистого материала сокращается количество детрита, увеличивается содержание микритовой составляющей (рис. 7, ж-и)).

**2. Верхняя литораль** из-за высокой активности водной среды характеризуется косой и линзовидной слоистостью со знаками ряби. Особенностью этой зоны является развитие песков, пляжей, барьеров и гряд, сложенных из зёрен песчано-алевритовой размерности (водорослевые песчинки, литокласты, пеллоиды, оолиты), также этой зоне характерна фенестровая пористость и развитие водорослевых тел (рис. 8, а-е)).

При увеличении привноса глинистого материала уменьшается размерность оолитовых песков и сокращается их мощность (рис. 8, ж-к)).

##### **Отложения супралиторали**

Для супралиторальных отложений характерна тонкая слоистость, преобладание пелитоморфных известняков и седиментационных доломитов с трещинами усыхания. Также встречаются строматолиты (рис. 9, а-г)). При привносе глинистого материала, отложения супралиторали представлены алевритистыми микритовыми карбонатами (рис. 9, д-е)).

##### **Влияние вторичных процессов на коллекторские свойства овинпармских пород**

По итогам выделения фаций на керновом материале выполнена привязка к данным ГИС. По результатам привязки выявлены петрофизические облики каждой



выделенной фации. Основой для выделения данных литотипов служит изменение глинистости по разрезу. Поэтому для расчленения разреза основным методом является гамма-каротаж (далее – ГК). Фации сублиторали и верхней литорали представлены относительно чистыми известняками, фации нижней литорали – слабоглинистыми известняками, а супралитораль – сильноглинистыми известняками и глинами.

Кроме показаний гамма-каротажа, также использован метод нейтронного гамма-каротажа (далее – НГК), бокового каротажа (далее – БК), акустического

каротажа (далее – АК) и плотностного гамма-гамма-каротажа (далее – ГГК).

Таким образом, сублитораль характеризуется низкими значениями ГК и АК, высокими значениями НГК и плотности, средними и высокими значениями БК. Отложениям нижней литорали характерны средние значения ГК, НГК, средние и низкие значения БК и плотности, средние и высокие значения АК. Фациям верхней литорали свойственны низкие значения ГК, высокие значения НГК, очень высокие значения БК, низкие и средние значения АК, высокие и средние значения плотности.

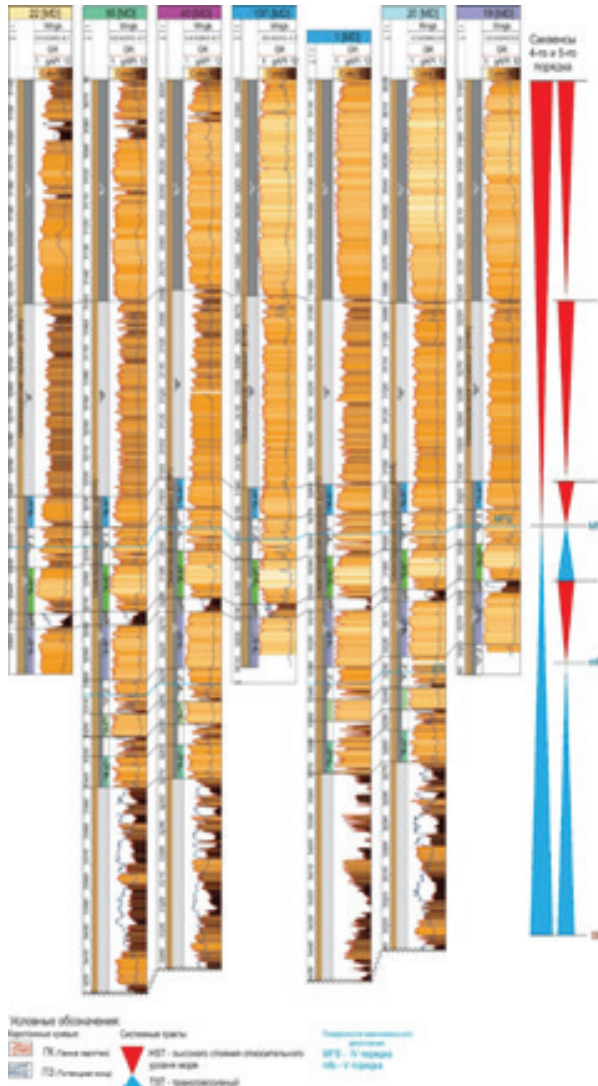
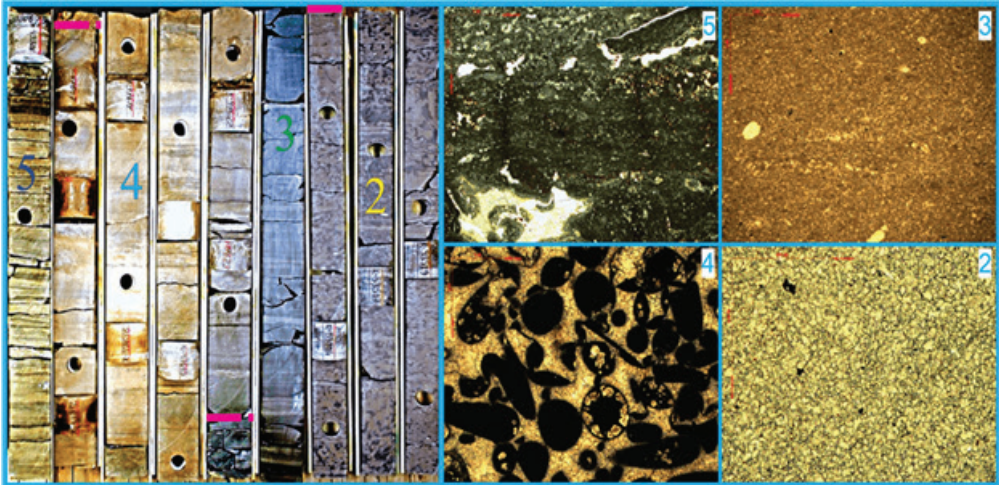


Рисунок 2. Межскважинная корреляция по линии I-I'  
Figure 2. Inter-well correlation along the I-I' line

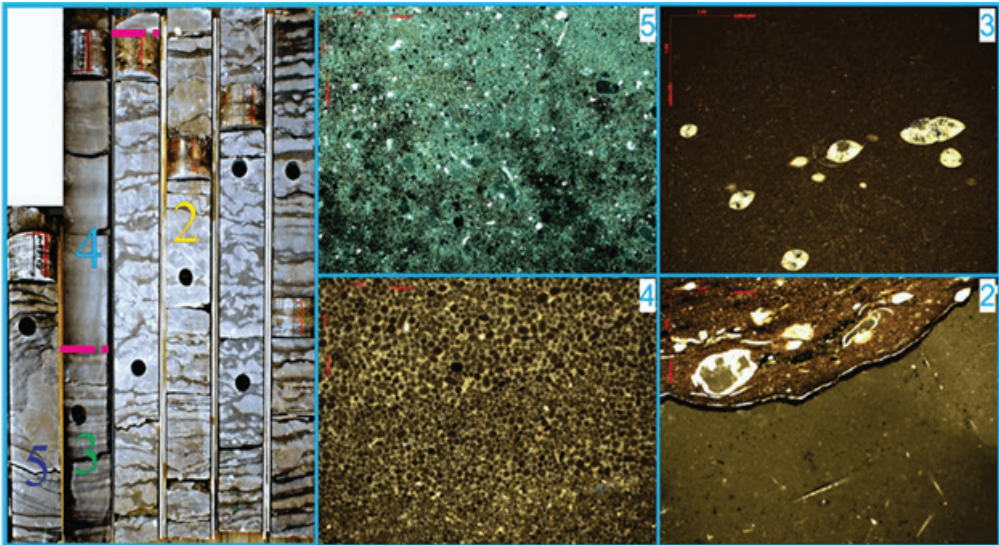






**Рисунок 4. Структура элементарного циклита овинпармских отложений в условиях низкого привноса глинистого материала**  
**Figure 4. The structure of the elementary cyclite of the Ovinparma deposits under conditions of the low input of argillaceous material**

2 – фашии мелкой сублиторали; 3 – нижней литорали; 4 – верхней литорали; 5 – супралиторали  
 2 – facies of shallow littoral; 3 – of lower littoral; 4 – of upper littoral; 5 – of supralittoral



**Рисунок 5. Структура элементарного циклита овинпармских отложений в условиях увеличенного привноса глинистого материала**  
**Figure 5. The structure of the elementary cyclite of the Ovinparma deposits under conditions of the increased input of argillaceous material**

2 – фашии мелкой сублиторали; 3 – нижней литорали; 4 – верхней литорали; 5 – супралиторали  
 2 – facies of shallow littoral; 3 – of lower littoral; 4 – of upper littoral; 5 – of supralittoral



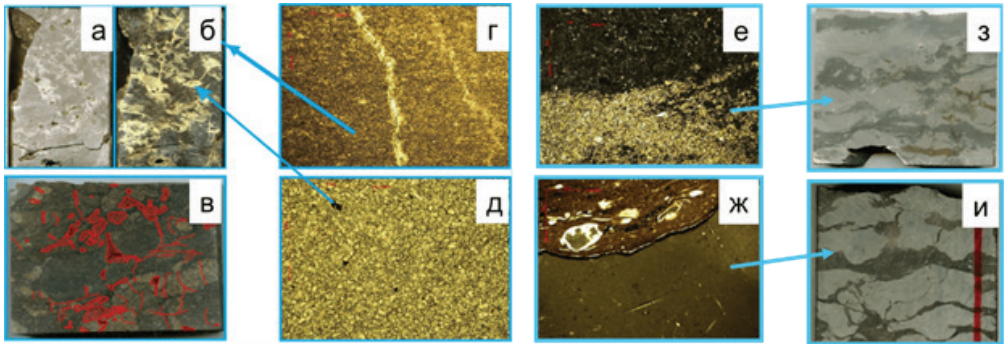


Рисунок 6. Отложения мелкой сублиторали

Figure 6. Shallow littoral deposits

Биотурбированный доломит / Bioturbated dolomite: а) при дневном свете / in daylight; б) при ультрафиолетовом свете / under ultraviolet light; в) биотурбированный доломит (красными линиями показаны раскрытые трещины, красными областями – каверны выщелачивания) / bioturbated dolomite (red lines show open cracks, red areas show / desalination caverns); г) мелкозернистый доломит / fine-grained dolomite; д) крупно-среднезернистый доломит, образованный по ходам илоедов / coarse-medium-grained dolomite formed along the burrows. Надулярный доломит / Nadular dolomite: е) мелкозернистый доломит с разной степенью заглинитизированности / fine-grained dolomite with varying degrees of clay content; ж) микроновый доломит с разной степенью заглинитизированности / micritic dolomite with varying degrees of clay content; з, и) надулярные доломиты / nodular dolomites

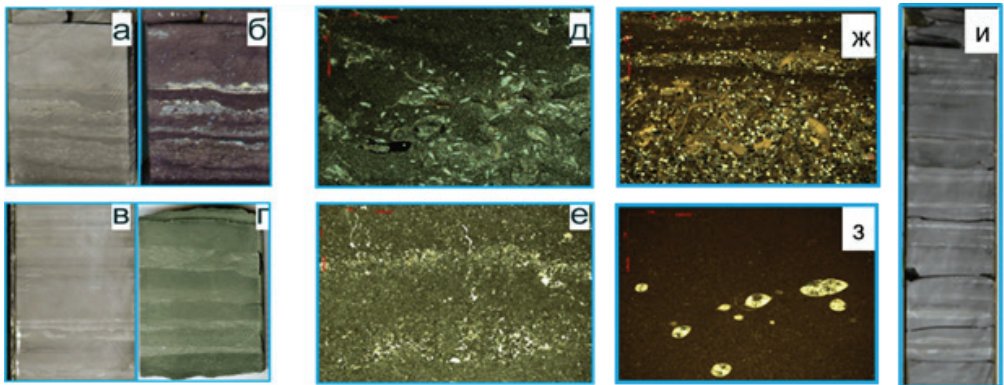


Рисунок 7. Отложения нижней литорали

Figure 7. Deposits of the lower littoral

Известняки с ракушняковыми скоплениями / Limestones with shell accumulations: а) при дневном свете / in daylight; б) при ультрафиолетовом свете / under ultraviolet light; в) микроновый известняк с горизонтальной слоистостью / micritic limestone with horizontal layering; г) тонкозернистый доломит с включениями фауны / fine-grained dolomite with faunal inclusions; д) раковины остракод в микроновом известняке / ostracod shells in micritic limestone; е) слоистый микроновый известняк / layered micritic limestone. Алевритистые карбонаты / Silty carbonates: ж) слоистые алевритовые известняки с детритом / layered silty limestones with detritus; з) единичные раковины остракод в микроновом известняке / single ostracod shells in micritic limestone; и) слоистый алевритистый известняк / layered silty limestone

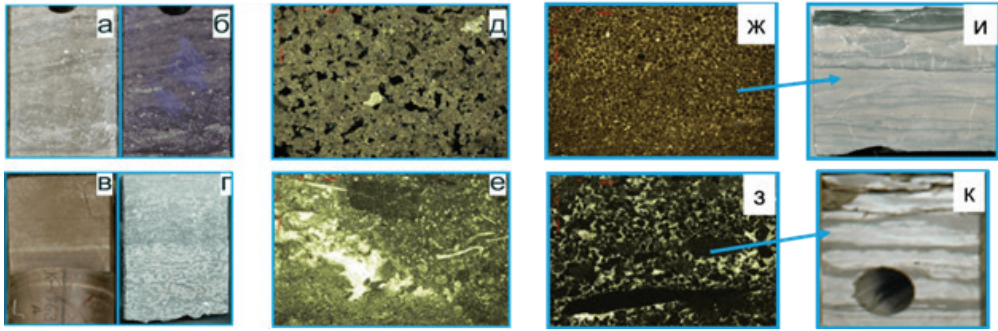


Рисунок 8. Отложения верхней литорали

Figure 8. Upper intertidal deposits

Крупно-среднезернистые известняки с косою слоистостью / Coarse-medium-grained limestones with oblique bedding: а) при дневном свете / in daylight; б) при ультрафиолетовом свете / under ultraviolet light; в) среднезернистые известняки с косою слоистостью / medium-grained limestones with oblique bedding; г) водорослевый известняк / algal limestone; д) микрокодиевые водоросли / microcodia algae; е) водорослевый известняк с фенестровой пористостью, заполненный кальцитом / algal limestone with fenestra porosity filled with calcite. Мелкозернистые известняки с косою слоистостью с прослоями глинистых микритовых известняков / Fine-grained obliquely bedded limestones with interlayers of argillaceous micritic limestones; ж) слоистый мелко оолитовый известняк / layered finely oolitic limestone; з) разнозернистый оолитовый известняк / inequigranular oolitic limestone; и) мелкозернистые оолитные известняки с косою слоистостью, с прослоями глин / fine-grained ooid limestones with oblique bedding, with interlayers of clays; к) мелкозернистые оолиты с прослоями глин / fine-grained oolites, with interlayers of clay

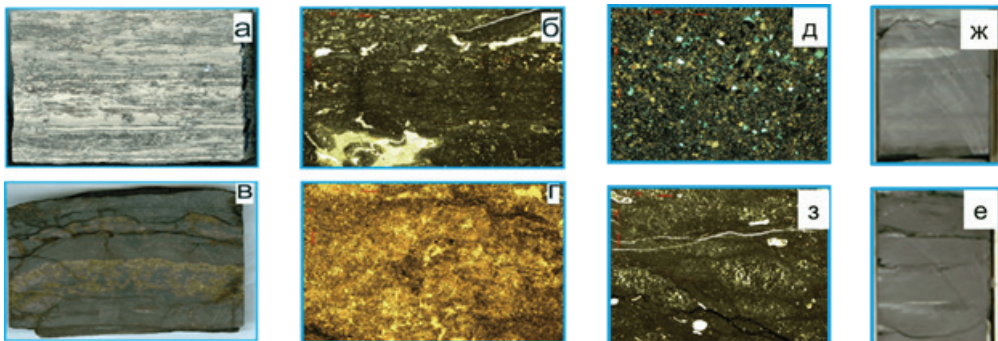


Рисунок 9. Отложения супралиторали

Figure 9. Supralittoral deposits

Строматолитовый известняк / Stromatolitic limestone: а) в образце / in the sample; б) в шлифе, вторичный доломит по водорослевому строматолитовому известняку / in the thin section, secondary dolomite after algal stromatolitic limestone; в) в образце / in the sample, г) в шлифе / in the thin section. Алевролитовый известковистый доломит / Silty calcareous dolomite: д) в шлифе / in the thin section; е) в образце / in the sample; ж) линзовидно-микрослоистый микритовый известняк с трещинами усыхания / lenticular-microlayered micritic limestone with shrinkage cracks; з) в шлифе / in the thin section

Высокие значения ГК, АК, низкие значения НГК, БК и плотности соответствуют отложениям супралиторали, т.к. они представлены более глинистыми породами (рис. 13).

Основными процессами увеличения фильтрационно-емкостных свойств (далее – ФЕС) в отложениях овинпармского горизонта являются выщелачивание, доломитизация и процессы трещинообразования. Некоторые из этих процессов имеют селективный характер развития. Эта

избирательность предопределяется различными свойствами каждой выделенной фации: структурно-текстурными особенностями, наличием разнообразных примесей, морфологией первичного пустотного пространства, вещественного состава.

На изучаемой территории трещины в большей степени характерны для отложений мелкой сублиторали и нижней литорали (рис. 10). В процессе изучения керна материала определены признаки избирательности трещинообразования:

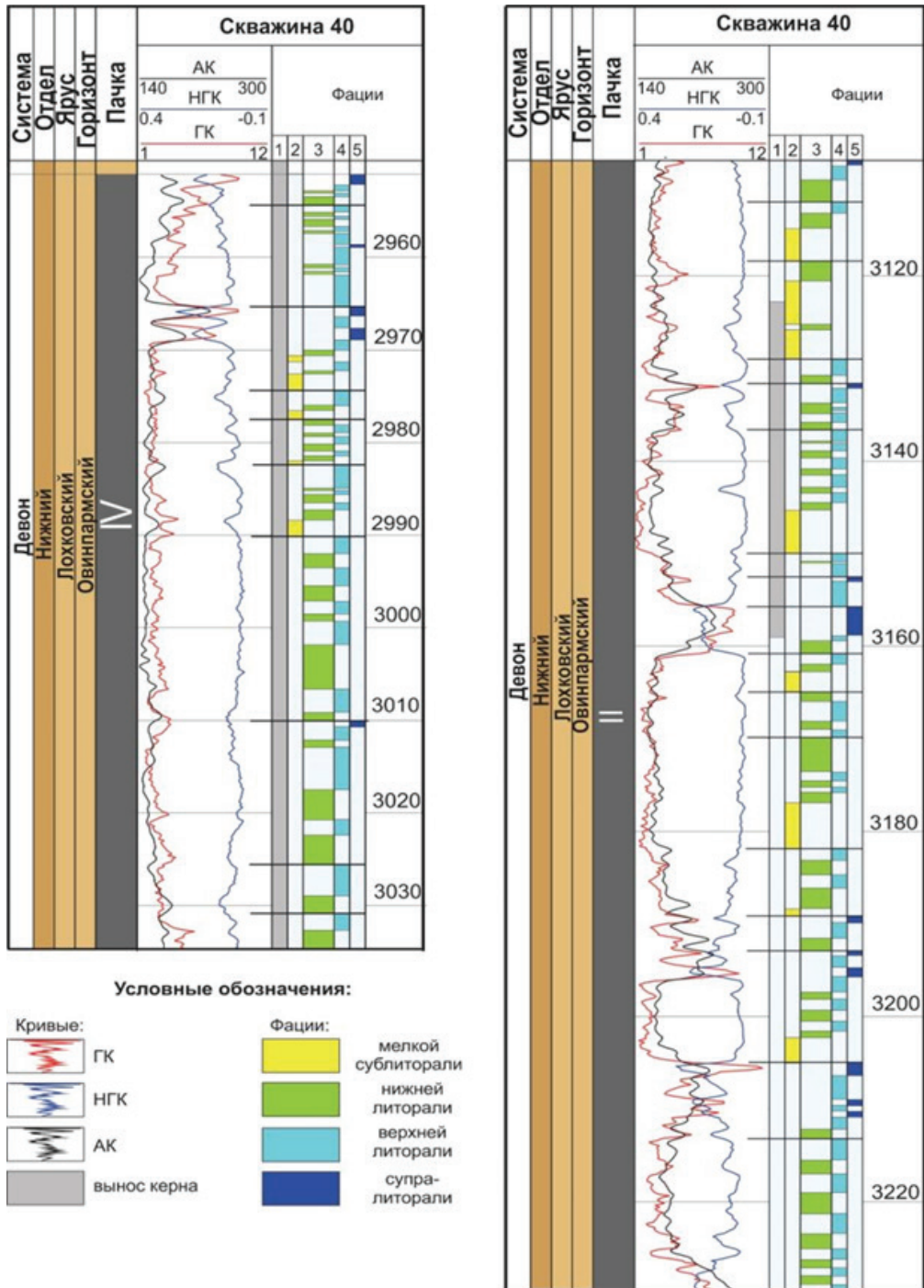


Рисунок 10. Модель циклофациального расчленения отложений овинпармского горизонта  
 Figure 10. The model of the cyclofacial subdivision of the Ovinparma horizon deposits



1) наблюдается последовательное уменьшение плотности трещин от мадстоунов к пакстоунам и к грейнстоунам, т.е. отложения сублиторали и нижней литорали => супралиторали => верхней литорали (рис. 11).

2) наблюдается увеличение плотности трещин по степени увеличения доломитизированности мадстоунов (рис. 10).

По петрофизическим данным можно предположить наличие трещин на

глубинах 3005, 3029 и 3059 м в скв. N, т.к. там наблюдаются «выпадения» из порово-каверновой модели образцов с повторяющимися «отскоками» по трем видам исследований (Кп, Кпр и Кв), что, безусловно, может характеризовать микро-трещиноватость породы (рис. 12). Эти интервалы по керну охарактеризованы отложениями нижней литорали и сублиторали (рис. 10, б, ж).

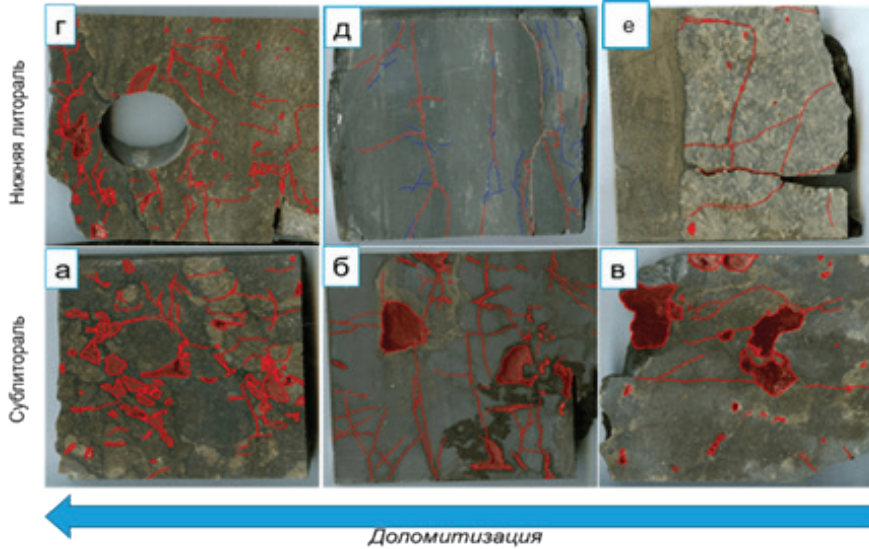


Рисунок 11. Пример расположения микротрещин на керне в породах сублиторали и нижней литорали

Figure 11. An example of the location of microcracks on the core in the rocks of the sublittoral and lower littoral

а) биотурбированный доломит мелкой сублиторали / bioturbated dolomite of the shallow sublittoral zone; б) доломит мелкой сублиторали / dolomite of shallow sublittoral; в) кавернозный известняк мелкой сублиторали / cavernous limestone of the shallow sublittoral zone; г) доломит нижней литорали / dolomite of the lower littoral; д) микроновый известняк нижней литорали / micritic limestone of the lower littoral; е) остракодовый известняк нижней литорали, перекрывающийся породами верхней литорали / ostracod limestone of the lower littoral, overlain by rocks of the upper littoral

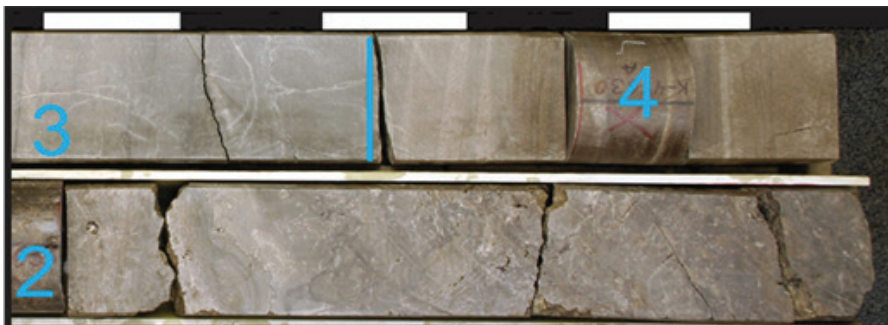


Рисунок 12. Примеры трещин в отложениях овинпармского горизонта в колонке керна

Figure 12. Examples of fractures in the sediments of the Ovinparma horizon in the core column  
2 – сублиторальные, 3 – нижняя литораль, 4 – верхняя литораль  
2 – sublittoral, 3 – lower littoral, 4 – upper littoral



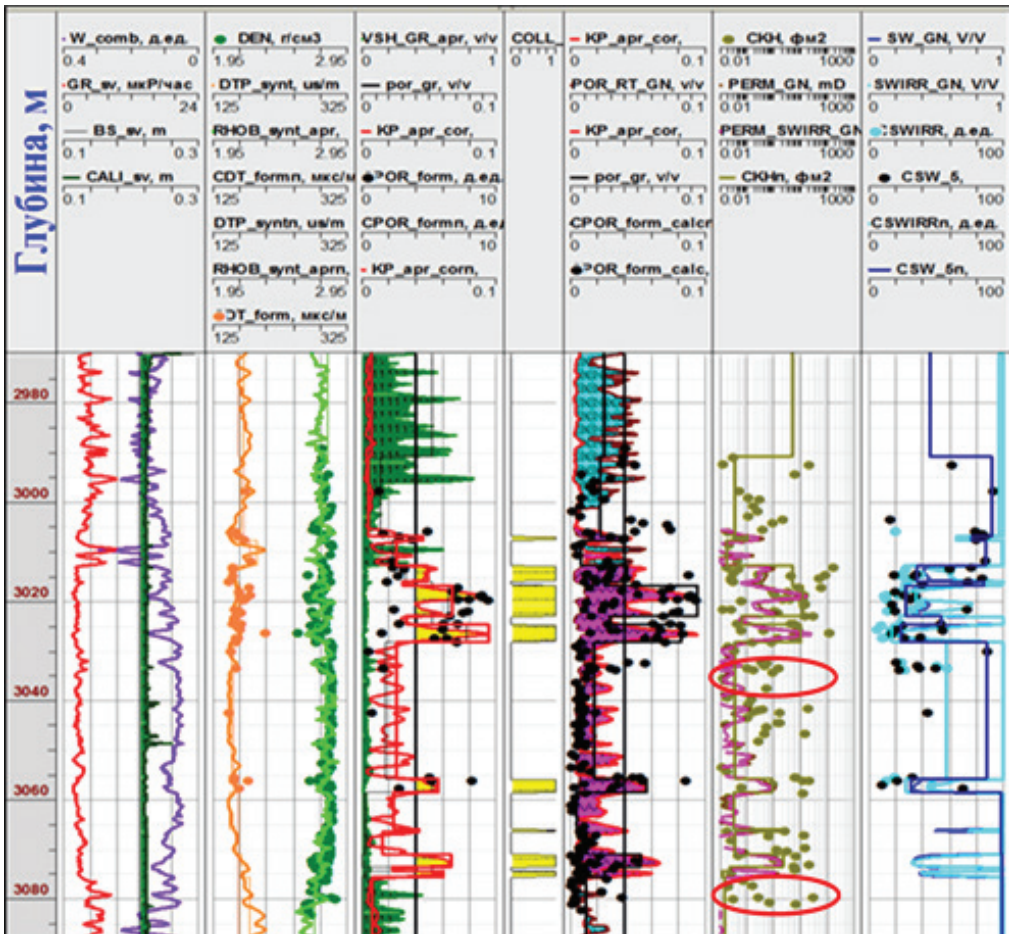


Рисунок 13. Выкопировка из петрофизического планшета скв. N с нанесенными интервалами вероятной трещиноватости  
 Figure 13. Mapping extract from the petrophysical surveying plane table of well N with plotted intervals of probable fracturing

По изученным данным керна, шлифов и ГИС наблюдается зависимость степени доломитизации от вертикального расстояния до поверхности размыва и от наличия глинистой примеси. Это позволяет предположить, что основной причиной процессов доломитизации овинпармских отложений является влияние поверхностных вод, связанных с размывами в пражское, а затем и в живетское время. Но при прочих равных условиях наблюдается селективность этих процессов, связанных с наличием микритовой составляющей в породах, т.е. отложения нижней литорали => супралиторали => сублиторали (по ходам илоедов) => верхней литорали.

**Сейсмофациальный анализ**

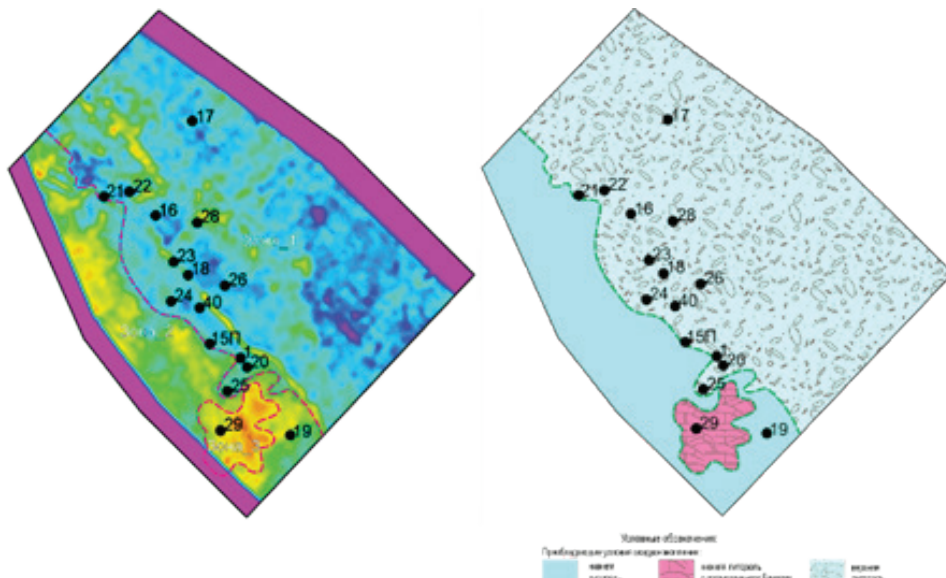
Сейсмофациальный анализ предполагает детальное изучение особенностей волновой картины в интервале изучаемого пласта на вертикальных временных разрезах и картах атрибутов. Совместный анализ особенностей формы записи и их отображения на картах позволяет выделить сейсмофации на качественном уровне, т.к. отсутствует хорошая корреляция между атрибутивными и скважинными данными, что связано с частым переслаиванием выделенных фаций. Наиболее информативным для построения фациальной карты для овинпармских пород является атрибут, полученный по результатам AVA инверсии. Сейсмофациальные карты построены

для двух продуктивных пачек овинпармского горизонта.

По данным ГИС IV пачка накапливалась в условиях наименьшего привноса глинистого материала, что создало наиболее благоприятные условия для формирования коллекторов с повышенными ФЕС. По фациальной карте IV пачки были выделены зоны развития нижней и верхней литорали (рис. 14). В пределах зоны развития нижней литорали выделяется зона с увеличенными мощностями, которая

потенциально соответствует зоне развития остракодовых банок. Согласно сейсмическим данным и данным ГИС, для IV пачки наилучшими коллекторами в овинпармских отложениях являются фации верхней литорали, поскольку:

– эти фации состоят из зернистых известняков, сложенных водорослевыми песчинками, литокластами, пелоидами, оолитами и т.д., за счёт чего образуется больше первичной межзерновой пористости;



**Рисунок 14. Карта сейсмического атрибута и карта преобладающих условий осадконакопления в интервале IV пачки**

**Figure 14. Seismic attribute map and a map of prevailing deposition conditions in the interval of member IV**

– из-за активных гидродинамических условий практически отсутствует первичный цемент между зернами, а постседиментационный спаритовый цемент очень хорошо поддается процессам выщелачивания, что объясняет высокие значения проницаемости для этой фации в наиболее преобразованных частях;

– при вторичных преобразованиях появляются дополнительные типы пористости (внутризерновая и слепковая), которые в большей степени характерны фациям верхней литорали.

По данным ГИС, II пачка накапливалась в условиях увеличения привноса глинистого материала, что привело к ухудшенным ФЕС и сокращению мощностей овинпармских отложений. По фа-

циальной карте II пачки выделены зоны развития нижней и верхней литорали (рис. 15). На изучаемой территории преобладали отложения нижней литорали, отложения верхней литорали представлены в сокращенных мощностях и зонах развития. Привнос глинистого материала сильно ухудшил ФЕС пород верхней литорали. Для II пачки овинпармских пород наилучшими коллекторами являются отложения нижней литорали. Вторичные процессы существенно увеличивают ФЕС пород отложений нижней литорали и мелкой сублиторали. Так, в наиболее преобразованных разностях имеются средние значения ФЕС при нулевых значениях на момент осадконакопления. Это объясняет то, что:

- эти фации характеризуются наибольшей плотностью трещин, которые контролируют все последующие вторичные процессы;
- пористость в этих фациях появ-

ляется за счёт каверн, проницаемость за счёт трещин и каналов, образованных по трещинам, т.е. полностью контролируются вторичными процессами.

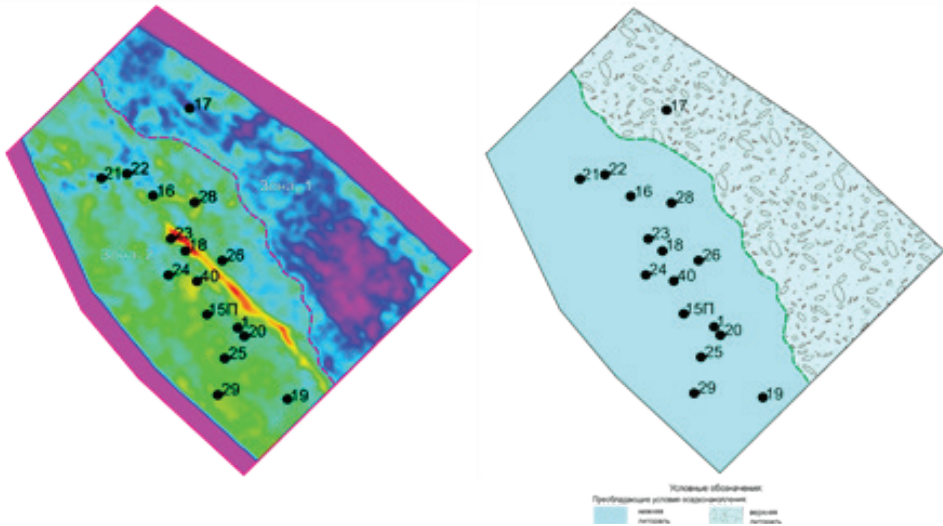


Рисунок 15. Карта сейсмического атрибута и карта преобладающих условий осадконакопления в интервале II пачки

Figure 15. Seismic attribute map and a map of prevailing deposition conditions in the interval of member II

### Заключение

Практическое применение понимания перераспределения ФЕС в карбонатных коллекторах помогает выделять наиболее интересные зоны и определять основные вторичные процессы, приводящие к таким результатам, т.е. в пределах месторождения такие данные помогают определиться с постановкой новых скважин и методом добычи.

В региональном плане концептуальная модель осадконакопления карбо-

натных отложений позволяет прогнозировать аналогичные фации за пределами сейсмического куба, а понимание влияния вторичных процессов способствует определению наиболее перспективных участков для разведки. Например, для данных овинпармских карбонатов продуктивность заключается в трещинообразовании, и поэтому коллекторы с улучшенными ФЕС приурочены к надвиговым зонам.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

### ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Competing interests.** The author declares that she has no competing interests.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Жемчугова В.А. Резервуарная седиментология карбонатных отложений. Москва: ЕАГЕ Геомодель, 2014.
2. Жемчугова В.А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем. Учебное пособие для вузов. Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2014.
3. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. Атлас геологических карт / под ред. Никонова Н.И., В.И. Богацкого, А.В. Мартынова и др. Ухта: Тимано-Печорский НИЦ, 2000.

**REFERENCES**

1. Zhemchugova VA. *Reservoir sedimentology of carbonate deposits*. Moscow: EAGE; 2014. (In Russ).
2. Zhemchugova VA. *Practical application of reservoir sedimentology in modeling hydrocarbon systems*. Textbook for universities. Moscow: Publishing Center of Gubkin University; 2014. (In Russ).
3. Nikonov NI, Bogatsky VI, Martynov AV, et al., editors. *Timan-Pechora sedimentation basin. Atlas of geological maps*. Ukhta: Timan-Pechora Research Center; 2000. (In Russ).

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Халелова Асель Береновна**  
e-mail: [a.khalelova@niikmg.kz](mailto:a.khalelova@niikmg.kz).

**AUTHOR'S INFO**

**Assel B. Khalelova**  
e-mail: [a.khalelova@niikmg.kz](mailto:a.khalelova@niikmg.kz).