

УДК 551.83

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art3

## **СЕЙСМОФАЦИАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО ДЕВОНА ВЕРХНЕПЕЧОРСКОЙ ВПАДИНЫ**

Афонин М.А., Коновалова И.Н.  
Институт проблем нефти и газа РАН  
E-mail: [afonin@ipng.ru](mailto:afonin@ipng.ru)

**Аннотация.** Методика сейсмофациального анализа позволяет не только повысить качество структурной интерпретации и дать объяснение предложенным границам, но и определить истинные условия осадконакопления исследуемых отложений. В предлагаемой работе автор исследует строение среднедевонской толщи Верхнепечорской впадины и выделяет наиболее перспективные области высокопористых коллекторов. Полученные данные свидетельствуют о том, что формирование отложений среднего девона происходило в мелководно-морских условиях, источниками сноса осадочного материала являлись Палеоярега на западе территории и Палеопечора на севере впадины.

**Ключевые слова:** сейсмофациальный анализ, терригенные девон, средний девон, коллекторы, Верхнепечорская впадина.

## **SEISMIC-FACIES ANALYSIS OF TERRIGENOUS SEDIMENTS OF THE MIDDLE DEVONIAN OF THE UPPER PECHORA DEPRESSION**

Afonin M.A., Konovalova I.N.  
Oil and Gas Research Institute RAS  
E-mail: [afonin@ipng.ru](mailto:afonin@ipng.ru)

**Abstract.** The method of analysis of seismic facies allows not only to improve the quality of structural interpretations and to give an explanation of the proposed boundaries, but also to determine the true conditions of sedimentation of the studied sediments. In this article, the author explores the structure of the Middle Devonian Upper Pechora basin and identifies the most promising areas of highly porous reservoirs. Based on the selected sizes of sedimentation, the formation of middle Devonian sediments in shallow water conditions, the sources of destruction of sedimentary material are Paleo-Yarega in the west of the territory and Paleo-Pechora in the north of the depression.

**Keywords:** analysis of seismic facies, terrigenous Devonian, Middle Devonian, reservoir, Upper Pechora depression.

Предуральский краевой прогиб является перспективной зоной для геологического исследования. Он состоит из структур меньшего порядка, таких как Полюдовское поперечное поднятие, Большесынинская впадина, поднятие Чернышева и др. Ниже будут рассмотрены отложения Верхнепечорской впадины.

Осадочный чехол Верхнепечорской впадины представлен отложениями ордовикско-триасового возраста и характеризуется наличием многообразных геологических объектов. Отложения среднего девона на территории Верхнепечорской впадины представлены шестью свитами: койвенской, бийской, кедровской, омринской, колвинской, старооскольской. Мощность отложений среднего девона возрастает с северо-запада на юго-восток и колеблется от 100 до 400 м.

В тектоническом отношении исследуемая территория находится в пределах Печоро-Ильчской моноклинали Верхнепечорской впадины Предуральского краевого прогиба. По степени дислоцированности платформенного ложа Верхнепечорская впадина делится на две резко отличные зоны: западную (внешнюю) и восточную (внутреннюю). Внешний борт и центральная часть впадины представляют собой полого погружающуюся на восток моноклираль с углами падения палеозойских горизонтов, не превышающими  $3-4^{\circ}$  и редко достигающими  $5-8^{\circ}$ .

Терригенные отложения среднего девона входят в девонский поддоманиковский комплекс, среднедевонско-яранский подкомплекс. Данный комплекс распространен главным образом в прогибах Печоро-Колвинского авлакогена, в Среднепечорском поперечном поднятии, на юге Ижма-Печорской синеклизы и во впадинах Предуральского краевого прогиба. Терригенный комплекс среднего девона представлен ритмичным переслаиванием алевролитов и аргиллитов с мощными прослоями песчаников. Отложения среднего девона трансгрессивно со стратиграфическим перерывом (рис. 1) залегают на образованиях от ордовика до нижнего девона. Мощность отложений непостоянна и варьирует от 100 до 400 м.

Первоначально была проведена структурная интерпретация основных горизонтов разреза и тщательно проанализирована сейсмическая картина исследуемых отложений. Среднедевонский сейсмофациальный комплекс (см. рис. 1) представляет собой последовательное боковое наращивание вытянутых линз или плиток в северо-восточном направлении. Комплекс имеет проградационно-ретроградационное строение, которое

указывает на поступление основной массы осадочного материала с континентальной части Тимано-Печорской провинции (с юго-востока на северо-запад).

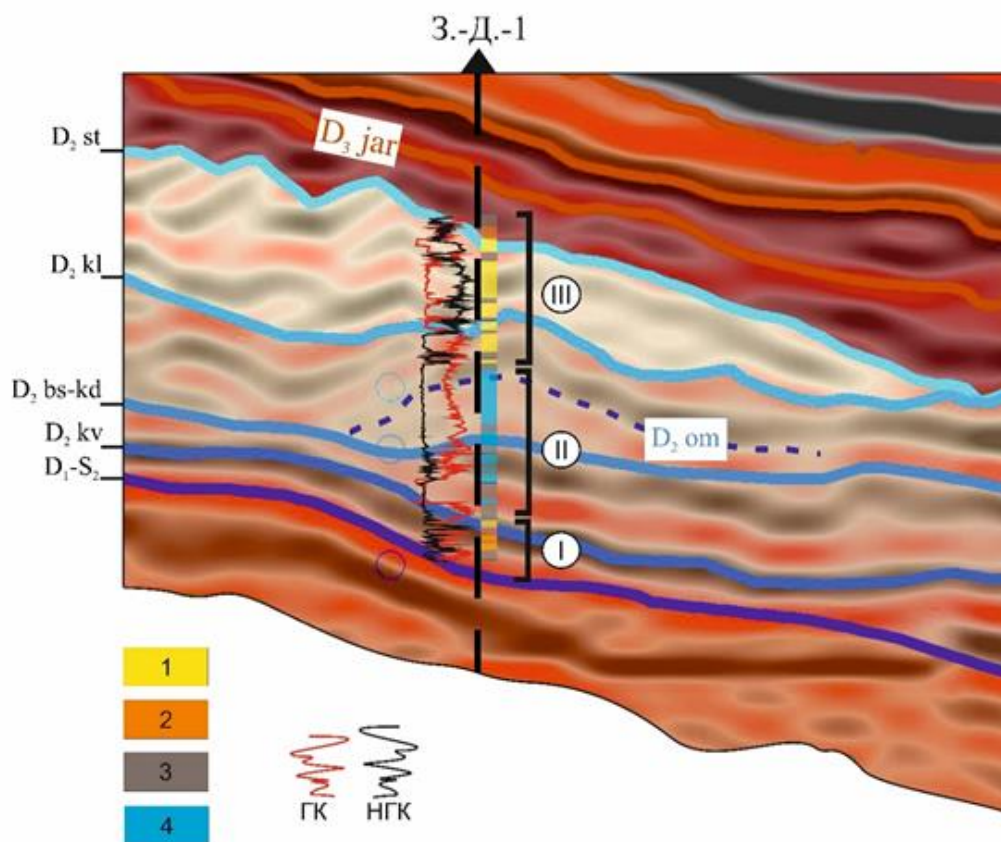


Рис. 1. Фрагмент сейсмического профиля 11091-01:  
 1 – песчаные фракции; 2 – тонкослоистое переслаивание глинисто-песчаных фракций;  
 3 – глинистые фракции; 4 – карбонатные фракции

Погружающиеся в одном направлении седиментационные поверхности девона можно сравнить с клиноформным комплексом Западной Сибири. Исходя из вида или формы сейсмического рисунка клиноформ, их можно отнести к сигмовидным осадочным комплексам [1]. Клиноформы залегают несогласно с подошвенным прилеганием на отложениях силура и ближе к восточной части впадины на отложениях нижнего девона. При проградации слоев в сторону океана четко прослеживается бровка шельфа, что свидетельствует о мелководно-глубоководных условиях осадконакопления с интенсивным сносом осадочного материала с палеосуши. До середины эйфельского века происходит постепенный подъем уровня воды в палеоокеане, что вызывает смещение береговой линии в сторону суши. С эйфельского времени идет сильная тектоническая перестройка палеорельефа, происходит постепенное развитие положительных структур на севере и в

центральной области Тимано-Печорской провинции [2]. На сейсмическом разрезе видно изменение проградационного строения сейсмогоризонтов на ретроградационное. На основании интенсивного привноса осадков со стороны палеосуши и сигмовидности клиноформного комплекса можно сделать вывод о низкоэнергетических условиях осадконакопления [3].

Для более ясного понимания разреза среднедевонских отложений необходимо представлять полную картину осадконакопления за данный период времени. По результатам выполненных работ отложения среднего девона можно разделить на три части (рис. 2). Первую часть (I) представляют отложения эмского века, а именно отложения ковейского горизонта, которые представлены ритмичным чередованием кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов. Алевролиты серые, светлые, неравномерно слоистые и песчанистые, волнисто-линзовиднослоистые ближе к середине разреза, плитчатые с обильными сфероидными сидеритами, с ходами иглоедов, комплексами харофитов и остракод. В основании разреза были найдены остатки сине-зеленых водорослей, которые в комплексе с другими находками свидетельствуют о мелководных условиях осадконакопления глубиной от 20 до 150 м в бассейнах от пресных до нормальной солености [4]. Исходя из разновидности текстуры данных отложений, можно предположить, что осадконакопление на рассматриваемой территории происходило при умеренной волновой активности и значительной удаленности от источника осадконакопления.

Вторая часть (II) отложений среднего девона представляет собой карбонатно-глинистый разрез с обильным количеством донной фауны (см. рис. 1). Известняки серые, коричневые, кристаллические и неравномерно глинистые в нижней части разреза, а в средней части – тонко-мелкокристаллические, неравномерно-глинистые с прослоями аргиллитов, встречаются прослой мергелей. В глинисто-карбонатной части разреза были найдены остатки ископаемых организмов – послойные скопления остракод, брахиоподы, косточки рыб. Вверх по разрезу увеличивается количество брахиопод, появляются крупные пелециподы и косточки рыб. Исходя из данного состава ископаемых остатков и литологической характеристики разреза, можно предположить, что формирование карбонатного разреза происходило в мелководно-морских условиях осадконакопления в бассейне нормальной солености. Небольшая скорость сноса осадочного материала послужила сигналом к развитию карбонатных построек на территории Верхнепечорской

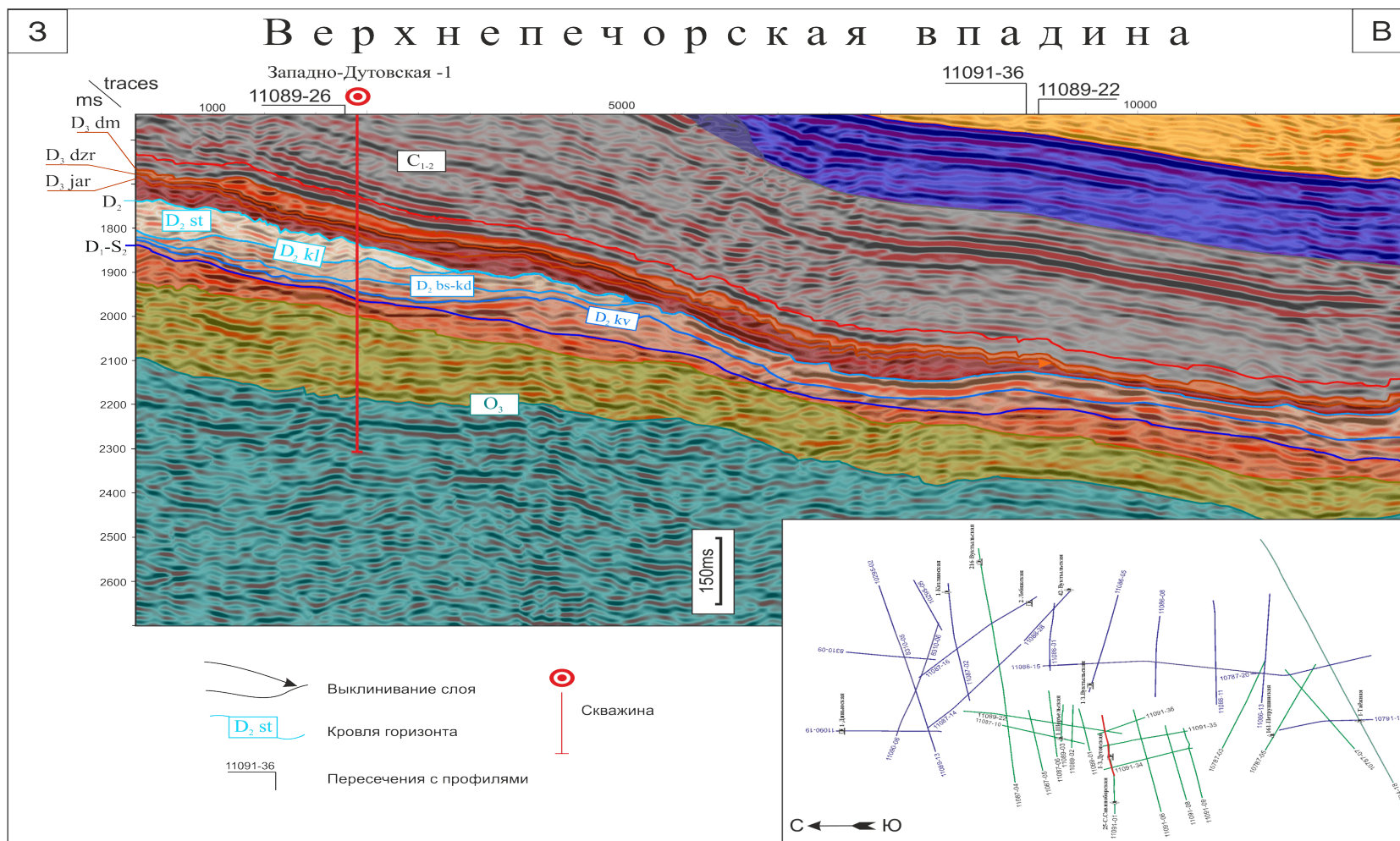


Рис. 2. Сейсмический профиль 11091-01

впадины в эйфельское время. Максимальная мощность карбонатных отложений приурочена к кедровскому горизонту, в бийском и омринском горизонтах первенство отдается глинистым отложениям. Данная динамика осадконакопления говорит о постепенной трансгрессии морского бассейна в сторону суши.

Третья часть (III) среднедевонских отложений (см. рис. 1) Верхнепечорской впадины представлена колвинским горизонтом эйфельского яруса и старооскольским, афонинским горизонтами живетского яруса на северо-востоке рассматриваемой территории. С юга на север заметна сильная фациальная изменчивость отложений колвинского горизонта. В южной части впадины отложения сложены карбонатно-глинистым материалом небольшой мощности (около 50 м) и входят во вторую часть разреза среднедевонских отложений. Анализ керна Западно-Вуктыльской скважины показал, что верхи эйфельского яруса омринского горизонта представлены глинистыми отложениями красно-коричневого цвета. Данная окраска в большинстве случаев связана с окислением катионов железа, которые попутно входят в состав глинистого материала. Катионы железа легко окисляются кислородом воздуха и сначала приобретают зеленую окраску, а затем становятся бурыми. Исходя из этого, можно предположить, что к концу эйфельского века северо-восточная часть Верхнепечорской впадины находилась выше уровня моря и на данной территории преобладал терригенный режим осадконакопления.

Отложения живетского века представлены старооскольским и афонинским горизонтами и сложены песчано-глинистыми разностями среднего девона. Отложения афонинского горизонта выклиниваются с востока на запад, представлены переслаиванием алевролитов, аргиллитов, песчаников и, редко, известняков. Алевролиты темно-серые и серые с зеленоватым оттенком. Песчаники серые с зеленоватым оттенком, кварцевые мелкозернистые, крепкие, пористость 10–16%. В верхах разреза аргиллиты темно-серые, слоистые. Тонкие прослои известняков встречаются редко, главным образом в основании и в средней части разреза. Известняки – светло-серые, буроватые мелкокристаллические породы со слабо выраженной слоистостью. В пласте встречаются брахиоподы, характерные для кедровского горизонта среднего и верхнего девона [5].

Исходя из данного литологического и палеонтологического состава, можно сделать вывод о том, что временная регрессия в северо-восточной части впадины ближе к концу эйфельского времени сменяется обширной трансгрессией, которая захватывает большую часть восточного склона впадины и проходит по границе Вуктыльского месторождения на

север. Отложения живетского яруса представлены ритмичным переслаиванием мощных песчаных пачек и чередованием тонких пачек глинисто-алевритового состава. Песчаники светло-серые и коричневатые, тонко- и мелкозернистые, пористые, косослоистые, иногда стилолитизированные, пористость 10–15%, проницаемость 80–100 мД. Алевриты серые, местами тонкосланцеватые, в глинистых разностях с очень слабым яблочно-зеленым оттенком, часто со сферолитами сидерита и ходами иглоедов. В верхней части разреза часто встречается углефицированный растительный детрит, в нижней части – реже. В породе наблюдается выраженная косая слоистость, местами встречаются гнезда пирита.

Анализ данных керн скважин показывает, что наиболее перспективные отложения терригенного осадконакопления приурочены к живетскому времени. В живетское время происходит смена трансгрессивного движения моря на регрессивное, и снова происходит смена режима осадконакопления с карбонатного на терригенный, однако распространение данного горизонта имеет локализованный характер и приурочено к бортовым частям впадины. Исходя из результатов интерпретации материалов ГИС и данных керн скважины, можно констатировать, что в центральной части Верхнепечорской впадины отложения афонинского и старооскольского горизонтов отсутствуют. Главным источником осадконакопления ближе к концу среднего девона являлись дельты палеорек (рис. 2), которые находились на юго-востоке, ближе к Ухте, и на севере, ближе к Печоре.

На основании вышесказанного можно предположить, что формирование плитчатого комплекса среднего девона осуществлялось в несколько этапов. На первом этапе формирование терригенного комплекса происходило в мелководных условиях осадконакопления и было связано с конвейско-кедровскими отложениями (эмско – нижнеэйфельское время). Большая часть отложений среднего девона сконцентрирована вдоль восточного склона впадины. Второй этап связан с отложениями эйфельского возраста, имеющими преимущественно карбонатно-глинистый состав. Третий этап связан с деятельностью палеорек на западе и северо-западе впадины, где находилась область распространения дельтовых отложений, которые как коллекторские толщи имеют хорошие фильтрационно-емкостные свойства.

Формирование данного комплекса происходило постепенно. Большая часть отложений первого этапа приходится на центральную часть впадины и в плане представляет собой плитчатое переслаивание, причем можно четко выделить заполнение впадины с юга на север. Отложения, накопившиеся за второй этап осадконакопления,

представляют собой наиболее протяженные, по сравнению с отложениями предыдущего этапа, пласты, хорошо прослеживаемые по площади. Третий этап связан с дельтовыми областями осадконакопления. Большая часть отложений, накопившихся на данном этапе, приурочена к западному борту впадины, в центральной части впадины накопления не было.

Новая информация об условиях формирования и строения терригенных отложений среднего девона позволяет по-другому оценить перспективы комплекса на территории Тимано-Печорской провинции. Полученные данные могут способствовать открытию новых средних и крупных месторождений нефти и газа на территории провинции.

*Статья написана в рамках выполнения государственного задания (тема: «Системный подход к совершенствованию теории и практики нефтегазogeологического районирования, прогнозирования нефтегазоносности и формирования ресурсной базы нефтегазового комплекса России», № АААА-А17-117082360031-8).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цыганков В.С. Трансгрессия позднедевонского моря и его биота на юге Очмапарминского вала (Южный Тиман) // Вестн. Ин-та геологии КНЦ УрО РАН. 2011. № 10. С. 7–10.
2. Catuneanu O. Principles of sequence stratigraphy. Amsterdam etc.: Elsevier, 2006. 375 p.
3. Михайлова И.А., Бондаренко О.Б. Палеонтология: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2006. 592 с.
4. Белонин М.Д., Прищепя О.М., Теплов Е.Л., Буданов Г.Ф., Данилевский С.А. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. СПб.: Недра, 2004. 396 с.
5. Schlager W., Adams E.W. Model for the sigmoidal curvature of submarine slopes // Geol. Soc. Am. 2001. Vol. 29, No. 10. P. 883–886.