

А. И. Архипов, старший научный сотрудник,
С. М. Есипович, д-р. геол. наук, заведующий отделом,
С. Г. Семёнова, канд. геол.-минерал. наук,
старший научный сотрудник,
Е. А. Рыбак, младший научный сотрудник,
(Научный центр аэрокосмических исследований Земли (ЦАКИЗ)
ИГН НАН Украины, Украина, г. Киев)



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТИ КАДНИЦКОЙ ПЛОЩАДИ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ СЕЙСМОРАЗВЕДКОЙ

Результаты переинтерпретации материалов сейсморазведки на основе анализа изменения амплитуд отражённых волн над залежами углеводородов различного вида в пределах нескольких тектонических блоков северо-восточного борта Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) позволяет сделать вывод о целесообразности проведения дальнейших детальных исследований, в том числе разведочного и поискового бурения.

Ключевые слова: нефть, газ, сейсморазведка, Днепровско-Донецкая впадина.

Большая потребность промышленности, сельского хозяйства, транспорта в продуктах переработки нефти, газа, газоконденсата, а также широкое и интенсивное их использование в течение последних полутора столетий привели к тому, что запасы известных и вновь открываемых месторождений быстро истощаются. Бурение новых разведочных и поисковых скважин, особенно глубоких, требует весьма больших затрат. Поэтому использование любых дополнительных критериев наличия скоплений углеводородов (УВ) может повысить эффективность поисково-разведочного бурения, удешевить открытие новых месторождений.

Известно, что залежи УВ не являются изолированными независимыми системами. За длительный геологический период своего существования залежи УВ оказывают активное влияние на вмещающие отложения вокруг и над ними: по продуктивному горизонту и в области ореолов внедрения

УВ вверх по разрезу (вплоть до дневной поверхности). Это приводит к эпигенетическим изменениям отложений продуктивного разреза. Поиски залежей УВ сейсмическими методами разведки проводятся, главным образом, с использованием кинематических характеристик отражённых волн (ОВ) путем выделения на временных разрезах (сейсмических изображениях) и структурных картах структурных, литолого-фациальных, тектонически-экранированных и других видов ловушек. Использование же отображения изменений физических свойств и полей, вызванных эпигенетическими изменениями пород вокруг и над залежами УВ на динамических параметрах сейсмических волн, позволяет существенно увеличить эффективность поиска и разведки залежей УВ [1].

Переинтерпретация материалов сейсморазведки на Кадницкой площади, расположенной на северо-восточном борту ДДВ, с целью прогнозирования залежей УВ выполнена с использованием мето-

дики, включающей анализ характера изменения динамических параметров отраженных сейсмических волн в пределах разреза, включающего залежь УВ [1]. Сделан вывод о целесообразности проведения дальнейших детальных исследований вплоть до постановки поискового и разведочного бурения.

Исследования выполнены в пределах Кадницко-Булановского и Таверовского тектонических блоков данной площади по результатам сейсморазведочных профилей МОГТ, полученных сейсмическими партиями СУГРЭ ГПП “Укргеофизика” в 90-х годах XX столетия. Сейсмический материал переинтерпретирован с использованием алгоритмов и программ, изложенных в патентах Украины [2, 3].

Территория исследования находится северо-западнее Скворцовского и Юльевского и севернее Западно-Скворцовского нефтегазоконденсатных месторождений. Геологические разрезы представлены двумя структурными этажами в виде докембрийского кристаллического фундамента и платформенного осадочного чехла. Последний состоит из комплекса терригенных пород с прослоями известняков верхневизейского подъяруса и терригенно-известняковых пород серпуховского яруса нижнего карбона, терригенно-известняковых образований башкирского и московского ярусов среднего карбона, таких же образований верхнего карбона и терригенных и мергельно-меловых пород мезо-кайнозойского возраста. Мощность вскрытых пород палеозоя порядка 1 000 м, мезокайнозоя изменяется с севера на юг почти вдвое (примерно от 1 500 до 3 000 м).

Поверхность фундамента площади исследования разбита тектоническими нарушениями различного направления: от субширотного, параллельного простиранию впадины и краевого регионального разлома, ограничивающего впадину, до субмеридионального и промежуточных.

Система разломов образует отдельные блоки фундамента, ступенчато погружающиеся в сторону грабена. Разломно-бло-

ковая структура поверхности фундамента наследуется в осадочном чехле (рис. 1).

По отложениям визейского яруса (C_1v_2) в центре территории исследования выделяется Кадницкая структурная терраса субширотного простирания, Булановский структурный нос юго-восточнее от нее и Таверовский тектонический блок, вытянутый в субмеридиональном направлении, прилегающий к Кадницко-Булановскому блоку с запада. В пределах последнего отложения карбона также образуют структурный нос.

Регионально-продуктивными образованиями в пределах рассматриваемых площадей северного борта ДДВ являются отложения среднего и нижнего карбона и верхней части разуплотненных пород коры выветривания фундамента.

Коллекторами здесь являются песчаники, рыхлые породы коры выветривания фундамента, кавернозно-трещиноватые известняки.

Источниками сейсмической информации в перспективном на наличие залежей УВ интервале в пределах исследуемой площади являются отражающие горизонты C_2v , C_1s , C_1v_2 и РЭ (в тексте они обозначены как отражающие горизонты (ОГ) соответственно IV–IX).

Прогнозирование залежей УВ по сейсмическим данным проводилось по характеру изменения амплитуд ОВ в пределах всего разреза на площади исследования.

Как известно, на характер изменения динамических параметров ОВ (в частности амплитуд ОВ) от границ геологического разреза, вмещающего залежь УВ, влияют состав, структура, физические свойства эпигенетически преобразованных вмещающих и покрывающих залежь УВ отложений. Последние определяются в значительной степени видом УВ (газ, нефть, газоконденсат) в залежи. Так как УВ – восстановители по геохимическому характеру, то миграция их из залежи вверх по разрезу эффузией по трещинам и микротрещинам, диффузией на молекулярном уровне и др. способами приводит к образованию непосредственно над

залежью преимущественно восстановительной среды, переходящей постепенно по мере удаления от залежи в преимущественно окислительную благодаря пополнению пластовых вод продуктами окисления УВ – CO , CO_2 , различными растительными кислотами. Эпигенетически преобразованные отложения образуют над залежью УВ след диффузионно-эффузионного потока (СДЭП), состоящего из восстановительной зоны непосредственно над залежью УВ и окислительной выше по разрезу (рис. 2).

Напомним, что в восстановительной среде из растворов пластовых вод выпадают в осадок нерастворимые эпигенетические соединения: сульфиды, сульфаты, карбонаты и другие акустически твердые минералы, приводящие к увеличению

акустической жесткости покрывающей залежь толщи, а потому и к возрастанию над залежью УВ коэффициента отражения (амплитуды ОВ) – образованию часто вследствие этого “яркого пятна” в сейсмическом поле. В окислительной среде амплитуда ОВ, наоборот, уменьшается вследствие различного, диаметрально противоположного изменения акустической жесткости отложений различного состава, составляющих отражающие горизонты: уменьшения у акустически жестких отложений – карбонатов, песчаников и др. (вследствие их частичного растворения в кислой среде) и увеличения – у акустически “мягких” глинистых пород из-за пополнения их продуктами растворения контактирующих с ними песчаников, известняков и др., а также самими

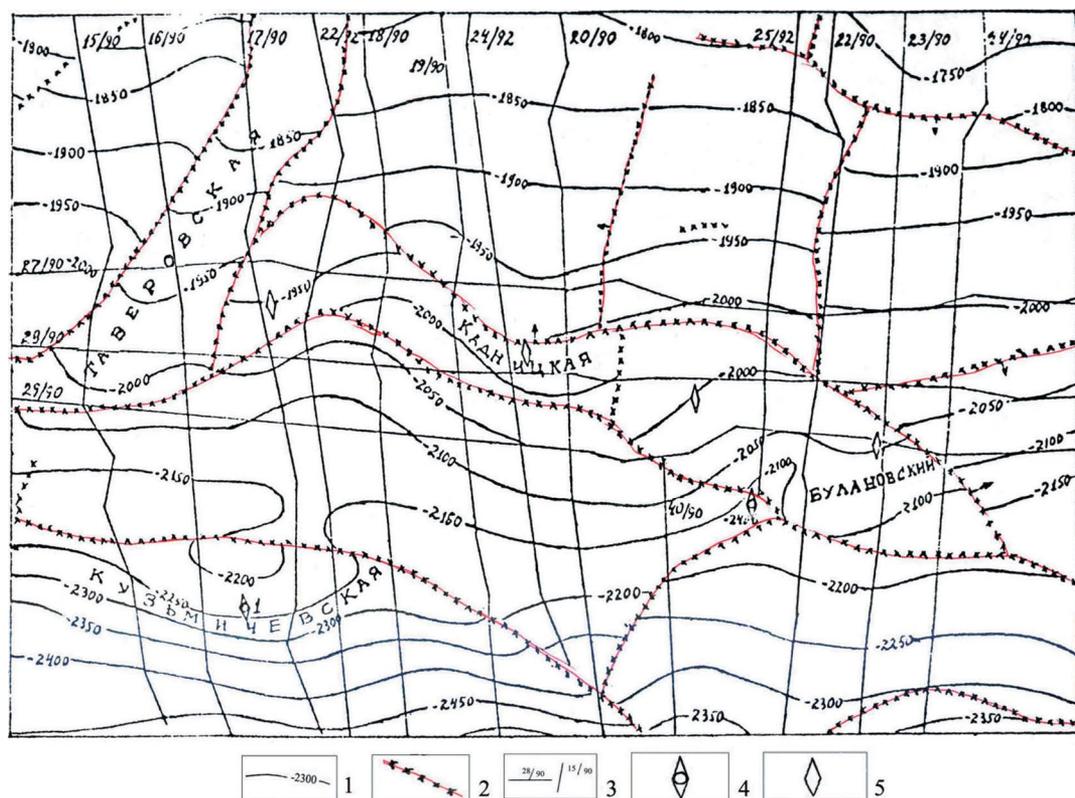


Рис. 1. Кадницкая площадь. Структурная карта по отражающему горизонту VB_{2n} (C_1v_2). Схема профилей исследования:

1 – изогипсы отражающего горизонта VB_{2n} (C_1v_2); 2 – разрывные нарушения; 3 – сейсмические профили; скважины глубокого бурения: 4 – поисковые, 5 – проектные (с/п СУГРЭ)

УВ, создающими локальные участки с восстановительным потенциалом и соответствующим их эпигенетическим преобразованием.

Область СДЭП над залежами УВ различного типа различается по структуре. Над нефтяными залежами восстановительная зона относительно небольшой мощности – 200–300 м, а окислительная – значительной, достигающей иногда поверхность наблюдения. Над газовыми залежами восстановительная зона области СДЭП больше по мощности – 500–600 м, а иногда и еще больше в слабо уплотненных молодых геологических образованиях со значительной пористостью и высокой проницаемостью.

Таким образом, в сейсмическом поле геологические разрезы, включающие залежи нефти, имеют область СДЭП, состоящую преимущественно из окисли-

тельной зоны, т. е. являются практически “слепыми” – с предельно уменьшенными амплитудами ОВ, а иногда и с отражениями в обратной фазе, т. е. с хаотическим сейсмическим полем. Геологические разрезы с газовыми залежами, состоящие в значительной степени из области СДЭП с восстановительной зоной, являются, наоборот, “яркими” – с увеличенными амплитудами ОВ.

Анализ изменения амплитуд ОВ в разрезе осадочного чехла площади исследования с целью прогнозирования залежей УВ проведен в пределах трех субширотных профилей, пересекающих Кадницкий блок вдоль его простирания (Таверовский блок – поперек) и 12 субмеридиональных профилей, пересекающих блоки вкрест их простирания (см. рис. 1). Проанализировано также распределение относительных значений амплитуд ОВ по площадям

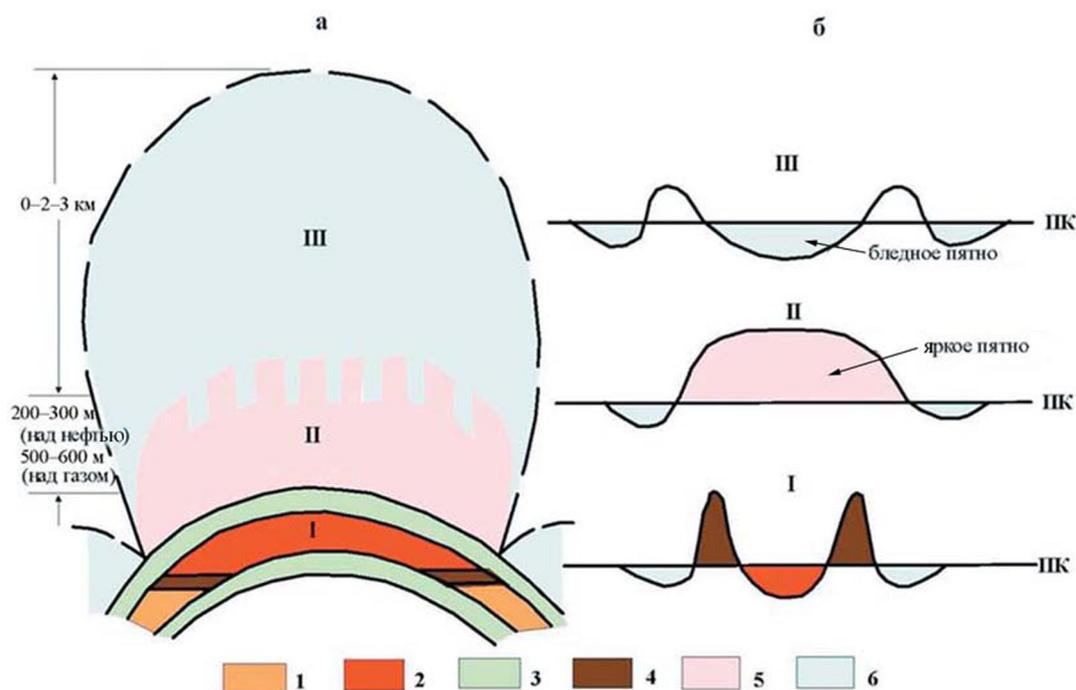


Рис. 2. Модель геологического разреза, включающего залежь углеводородов:

а – продуктивный горизонт (I): 1 – коллектор, 2 – углеводороды, 3 – кровля и подошва залежи УВ; 4 – водонефтяной (газоводный) контакты; зоны области СДЭП: 5 – восстановительная (II), 6 – окислительная (III); б – графики изменения амплитуд ОВ в продуктивном разрезе: I – в продуктивном горизонте, II – восстановительной зоне области СДЭП, III – окислительной зоне области СДЭП

отражающих горизонтов в пределах перспективных среднекарбонных башкирских, нижнекарбонных серпуховских и визейских отложений и по поверхности коры выветривания фундамента.

На сейсмических изображениях (часовых разрезах) исследованных профилей в сейсмическом поле выделено девять наиболее четких отражений (осей синфазности), примерно равномерно распределенных по разрезу, верхний из которых выделяется на времени 0,6 с, нижний – на времени 2,0–2,5 с. Четыре нижних отражения расположены в пределах башкирских, нижнекарбонных отложений и по поверхности коры выветривания фундамента.

Вдоль этих отражений построены графики изменения абсолютных значений амплитуд ОБ (А) и определены относительные отклонения амплитуд ОБ (средних для базы осреднения – 300 м) от средних значений параметра для всего отражения по профилю (ΔA %). По этим относительным значениям амплитуд ОБ построены разрезы их изменения вдоль профиля (рис. 3) и схемы изменения по площади четырех нижних отражающих горизонтов.

Результаты интерпретации сейсмических данных на исследованной территории показали следующее.

В пределах Таверского блока, на северо-западе исследуемой площади, по профилям, пересекающим блок вдоль и поперек, прогнозируются залежи газа во всех исследуемых отложениях, но главным образом в серпуховских и визейских. При этом, как видно по разрезу (ΔA %) профиля 16/90 (см. рис. 3), аномалии типа залежи (АТЗ) располагаются в разрезе осадочного чехла кулисообразно, согласно ступенчатому погружению блоков фундамента в сторону грабена.

В центре Кадницкого блока АТЗ характерны для нефтегазовых залежей, что подтверждается результатами опробования керна из пробуренной здесь скважины № 1.

Изменение амплитуд ОБ вдоль пересекаемых скважиной отражающих горизонтов в продуктивной толще приведены на рис. 4.

Из рисунка видно, что в башкирских (отражение VI) и серпуховских (отражение VII) отложениях, где в скважине отмечены остатки нефтегазонасыщения, а в одной пробе с глубины 2235 м отмечен горючий газ, скважина приходится к границе аномалии амплитуд ОБ, т. е. расположена скважина вблизи контакта залежи (максимум амплитуд ОБ отражения VI) в башкирских отложениях и вблизи перемычки в серпуховских отложениях

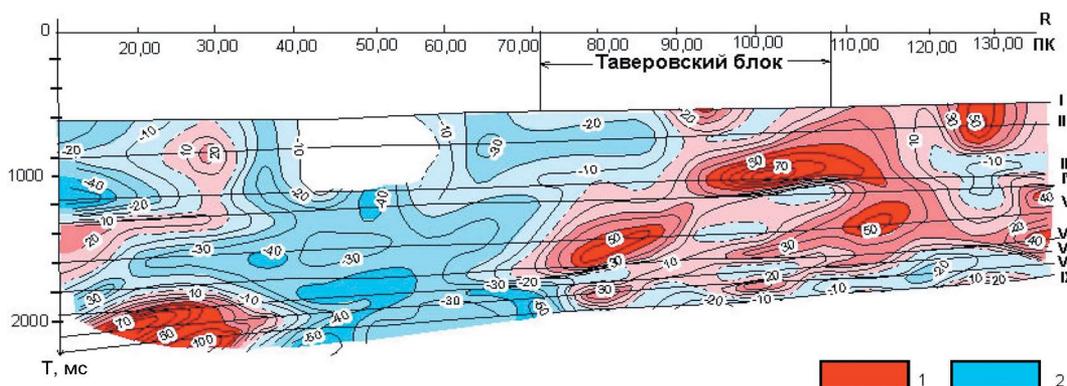


Рис. 3. Разрез относительных значений амплитуд ОБ (ΔA , %) по профилю 16/90:

1, 2 – поле изменения ΔA , %: положительное – 1, отрицательное – 2. Отражающие горизонты в кровлях отложений: VI – башкирских среднего карбона, VII – серпуховских и VIII – визейских нижнего карбона, IX – коры выветривания фундамента

(отражение VII). В визейских отложениях, где скважина вскрыла песчаник с запахом конденсата, на графике амплитуд ОВ также видно, что скважина прошла вблизи АТЗ. Это видно и на схеме размещения АТЗ по площади ОГ в визейских отложе-

ниях. В коре выветривания фундамента, где в скважине отмечены следы нефти, на графиках амплитуд ОВ выделяется аномальный участок, характерный для АТЗ, но, судя по схеме $\Delta A \%$ для отражения в коре выветривания фундамента, сква-

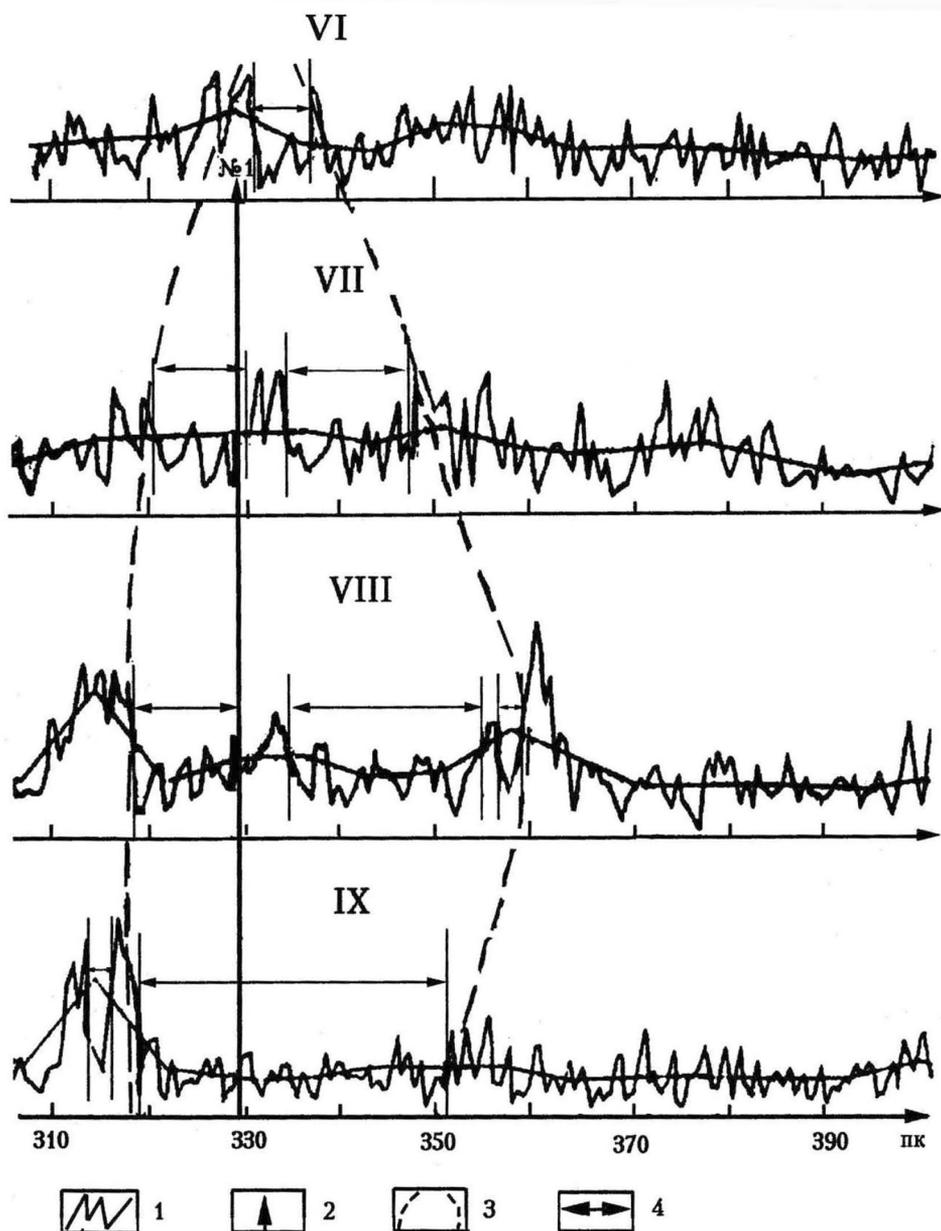


Рис. 4. Графики изменения амплитуд ОВ вдоль горизонтов отражения VI–IX по профилю 28/90:

1 – графики амплитуд ОВ, 2 – скважина глубокого бурения, 3 – границы прогнозируемой залежи, 4 – контуры отдельных аномалий типа залежи

жина также приходится к краевой части АТЗ. Таким образом, из сопоставления результатов опробования кернов скважины, графиков и схем изменения амплитуд ОВ по отражающим горизонтам и площадям в продуктивных толщах видно, что фактические данные вполне соответствуют показаниям амплитуд ОВ, а главное из результатов амплитудного анализа следует объяснение, почему в кернах пробуренной скважины обнаружены лишь следы и остатки продукции: скважина попадает не прямо в залежь, а в ее контакт (в башкирских отложениях) и в перемычки и край залежи (в серпуховских, визейских отложениях и коре выветривания фундамента).

Очень интересная АТЗ нефтегазового типа на исследуемой площади отмечается для отражений в коре выветривания фундамента и башкирских отложениях (меньше – в визейских и серпуховских) в пределах тектонически ограниченного с трех сторон блока южнее Кадницкой террасы.

В восточной части Кадницкого блока – в пределах Булановского блока, в основном в северной его части и в южной приразломной зоне, по всем продуктивным горизонтам отмечаются АТЗ нефтяного типа. Эта часть исследованной площади является, очевидно, наиболее перспективной, так как все продуктивные горизонты характеризуются наличием прогнозируемых залежей. Результаты подтверждаются на всех исследованных профилях этой части территории как субмеридиональных, так и субширотных.

Таким образом, в размещении залежей по виду УВ наблюдается такая закономерность: при продвижении с юго-востока на северо-запад тип УВ изменяется от преимущественно нефтяного (в пределах Булановского блока и на соседних с ним территориях) на нефтегазовые в центре и западной части Кадницкого блока (и рядом с ним на юг и север) до газового в пределах Таверовского блока.

Исследуемый участок северного борта ДДВ значительно трещиноват. Циркули-

рующие минеральные растворы по трещинам в осадочном чехле, содержащие также и УВ (метан, например), изменяют геохимическую обстановку вокруг путей их проникновения, что приводит к эпигенетическим преобразованиям отложений вокруг таких участков, и это отображается на схемах размещения АТЗ в виде вытянутых аномалий амплитуд вдоль разломов. Поэтому на схемах ΔA (%) по отражающим горизонтам в продуктивных отложениях отмечаются вытянутые АТЗ вдоль отмеченных разломов, а также в местах, где разломы, очевидно, подразумеваются.

Наличие большого числа вытянутых прогнозируемых залежей УВ вдоль и параллельно тектоническим нарушениям свидетельствует о значительной трещиноватости осадочного чехла здесь, что вполне закономерно для отложений в пределах бортовой и прибортовой частей впадины – подвижных, тектонически нестабильных участков земной коры.

Таким образом, анализ характера распределения амплитуд ОВ в различных частях исследуемой территории в пределах Таверовско-Кадницко-Булановского тектонических блоков приводит к выводам о том, что площадь исследования является перспективной для поисков залежей УВ различного вида. Тем не менее большое количество АТЗ на площади исследования, особенно вдоль отмеченных и намечаемых разломов, свидетельствует о нестабильности, тектонической подвижности исследуемого участка, а потому не все АТЗ могут отвечать наличию в настоящее время в их пределах залежей УВ, а могут отмечать лишь следы их пребывания здесь в прошлом.

Проведенный анализ свидетельствует о возможности прогнозирования залежей УВ по динамическим параметрам отраженных сейсмических волн и судить о характере тектонического развития исследуемой территории. Данные о составе и структуре области СДЭП – эпигенетически преобразованных отложений над прогнозируемой залежью – могут свидетельствовать о виде УВ в искомой залежи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г., Скворцова Э. А. Влияние диффузионного потока на параметры сейсмического волнового поля над месторождением нефти//Прикладная геофизика. 1984. № 109. С. 50–56.

2. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г. Спосіб пошуку покладів вуглеводнів у свердловинах

малого діаметра. Патент України UA20726A, 1997//Бюл. № 1. 1998.

3. Тимошин Ю. В., Семенова С. Г. Спосіб пошуку покладів вуглеводнів сейсмозвідкою. Патент України UA 21783A, 1998//Бюл. № 2. 1998.

Рукопис отримано 08.11.2013.

Результати переінтерпретації матеріалів сейсмозвідки на основі аналізу зміни амплітуд відбитих хвиль над покладами вуглеводнів різного виду в межах декількох тектонічних блоків північно-східного борту Дніпровсько-Донецької западини дає змогу зробити висновок про доцільність проведення подальших детальних досліджень, зокрема розвідувального й пошукового буріння.

Ключові слова: нафта, газ, сейсмозвідка, Дніпровсько-Донецька западина.

The results of re-interpretation of seismic data based on the analysis of changes in the amplitude of the reflected waves over the various types of hydrocarbon deposits in the range of several tectonic blocks of north-eastern edge of the Dnieper-Donets depression suggests the advisability for further detailed studies, including exploration and test drilling.

Keywords: oil, gas, seismic survey, Dnieper-Donets depression.