

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ
ПО ДАННЫМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ
С УЧЕТОМ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА
ПОРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Прогнозирование залежей углеводородов (УВ) по данным сейсморазведки должно проводиться не только по эффекту отображения в сейсмическом поле самих скоплений УВ, что не всегда возможно на больших глубинах и в более сложной геологической обстановке из-за высокого уровня технических либо геологических помех, сколько по закономерностям изменения динамических параметров сейсмического поля (в частности, амплитуд отраженных волн (ОВ) по всему продуктивному разрезу (разрезу, содержащему залежи УВ, вмещающие и покрывающие отложения).

Настоящий подход к проблеме поисков залежей УВ сейсморазведкой был предложен известным геофизиком Ю.В. Тимошиным и разработан им и его сотрудниками путем всестороннего изучения сути вопроса с привлечением данных о составе отложений продуктивного разреза, их физических свойств, отображении эпигенетически преобразованных толщ на динамических параметрах сейсмического поля. [1–3 и др.].

Как известно, вмещающие и покрывающие залежи УВ отложения эпигенетически изменены вследствие изменения обычного (нормального) распределения геохимического потенциала среды по разрезу осадочного чехла при попадании в ловушку УВ. В залежи геохимический потенциал среды устанавливается восстановительным, поскольку сами УВ – восстановители. Непосредственно над залежью УВ создается преимущественно восстановительный потенциал среды вследствие миграции сюда УВ из залежи эффузией по трещинам и микротрещинам, диффузией на молекулярном уровне.

Выше по разрезу, где количество разрушенных, окисленных УВ по пути миграции становится больше, чем неизмененных их разностей, и пластовые воды пополняются продуктами изменения УВ (CO , CO_2 , различными органическими кислотами), потенциал среды постепенно переходит в преимущественно окислительный.

За контуром залежи, куда УВ попадают вследствие фильтрации на водонефтяных и газоводных контактах (ВНК и ГВК) и где они подвергаются биохимическому окислению специфическими анаэробными бактериями, также создается окислительный геохимический потенциал.

Эпигенетические изменения отложений вокруг и над залежами УВ происходят соответственно установившемуся потенциалу среды в определенных участках продуктивного разреза и приводят к закономерному изменению состава отложений, их физических свойств, а потому и физических, в том числе сейсмических, полей.

Непосредственно над залежами УВ из растворов пластовых вод выпадают нерастворимые в восстановительной среде эпигенетические акустически жесткие соединения (сульфаты, карбонаты, сульфиды и др.), которые способствуют повышению акустической жесткости покровной толщи в целом. В то же время оглеение глинистых пород (вынос из них основной массы железа) превращает эти породы в более рыхлые, пористые образования. В покровной толще находятся, кроме того, мигрировавшие УВ (жидкие битумы, газообразные УВ). Таким образом, покровные отложения характеризуются повышенной литолого-минералогической, а вследствие этого и акустической дифференциацией, что приводит, как известно, к увеличению коэффициента отражения сейсмической волны от такого отражающего объекта (к появлению в сейсмическом поле всем известного «яркого пятна» над залежами УВ).

Выше по разрезу, где среда приобретает преимущественно окислительный потенциал, различные литологические образования изменяют свой состав, структуру, физические свойства противоположно первичным данным. Акустически жесткие карбонаты, сульфаты, песчаники в кислой среде, частично растворяясь, становятся более пористыми, а потому менее акустически жесткими. Малопроницаемые глинистые отложения, пополняясь продуктами этого растворения, становятся более непроницаемыми, а акустически – более жесткими. Кроме того, глинистые отложения, задерживая в себе и УВ, способствуют появлению в них локальных участков с восстановительным геохимическим потенциалом и соответствующим ему эпигенетическим преобразованием отложений в этих участках. Таким образом, в продуктивном разрезе осадочного чехла высоко над залежами с геохимическим потенциалом преимущественно окислительного характера глинистые отложения становятся более акустически жесткими. Контакты же акустически жестких образований с акустически «мягкими» глинистыми отложениями в разрезе осадочного чехла, будучи отражающими горизонтами для сейсмических волн, в среде с преимущественно окислительным потенциалом становятся, таким образом, менее контрастными, вплоть до полно-

го исчезновения и даже инверсии свойств контактирующих отложений. В сейсмическом поле этот интервал продуктивного разреза над залежами УВ характеризуется пониженными коэффициентами отражения ОВ вплоть до образования «слепого» пятна на временном разрезе.

Законтурные участки продуктивного горизонта с повышенным окислительным потенциалом пластовых вод также отмечаются в сейсмическом поле «слепыми» пятнами. На ВНК и ГВК залежей УВ с законтурными пластовыми водами, где геохимический потенциал резко изменяется с восстановительного в залежи на повышенно окислительный за ее контуром, происходят обильные высыпки эпигенетических минералов (пиритов, ангидритов, кальцитов и др.), акустически более жестких, чем породообразующие минералы терригенных и терригенно-карбонатных пород. Поэтому ВНК и ГВК залежей УВ в сейсмическом поле характеризуются резким локальным возрастанием амплитуд ОВ.

Таким образом, продуктивный разрез осадочного чехла (коры выветривания кристаллического фундамента) характеризуется закономерным изменением геохимического потенциала вокруг и над залежами УВ, соответствующим эпигенетическим преобразованием отложений, которые создают в разрезе над залежами УВ след диффузионно-эффузионного потока (СДЭП). Последний состоит из восстановительной и окислительной зон и определенным образом отображается в сейсмическом поле, на его динамических характеристиках (в частности, на амплитудах ОВ).

По характерному распределению амплитуд ОВ на временных разрезах сейсмических профилей прогнозируются залежи УВ и даже фазовое состояние последних в ловушке, так как строение СДЭП отличается над нефтяными, газовыми и нефтегазовыми скоплениями [3]. Естественно, что над газовыми залежами восстановительная зона по мощности больше, чем над нефтегазовыми и нефтяными залежами вследствие лучшей проникающей способности газа. Мощность восстановительной зоны над нефтяными залежами составляет всего лишь 200–300 м, над газовыми может изменяться от 500–600 м до нескольких тысяч метров в зависимости от состава и строения продуктивного разреза.

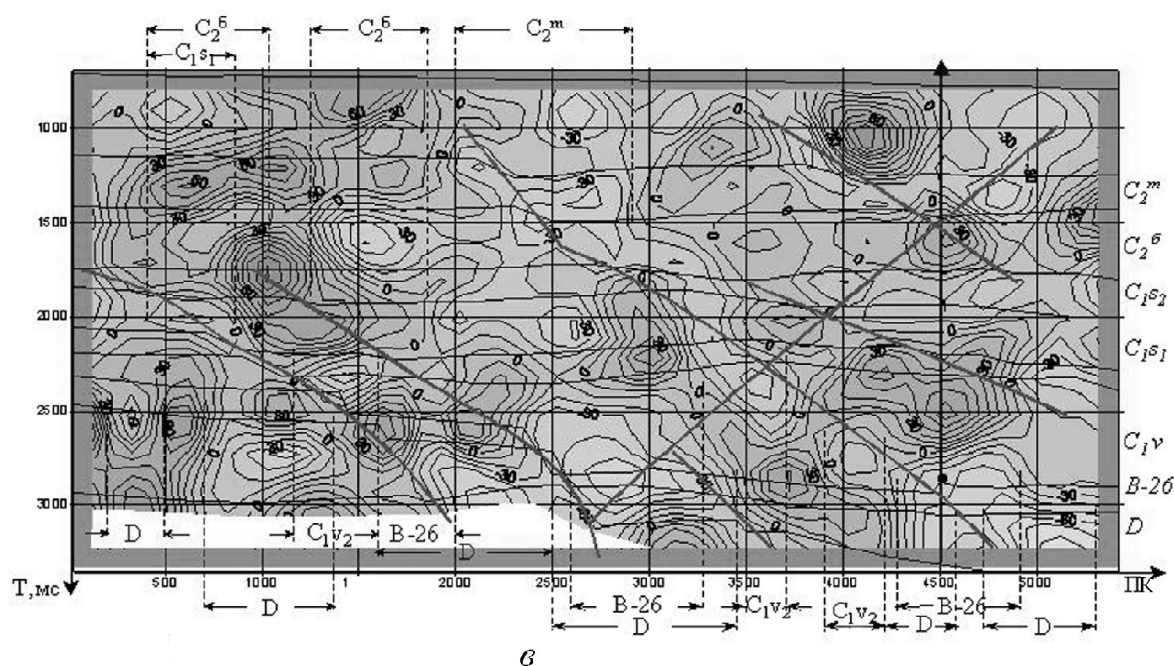
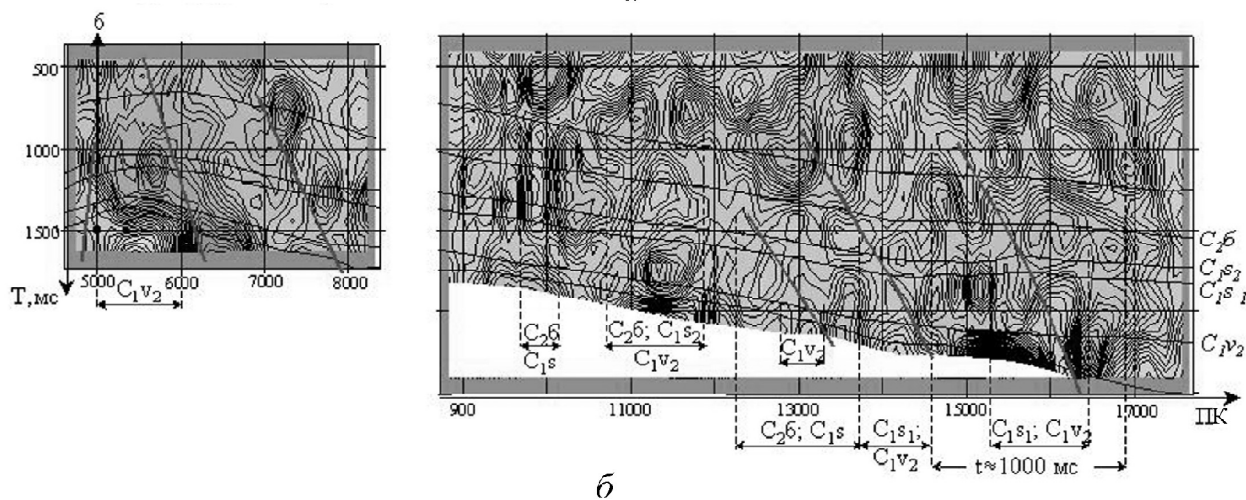
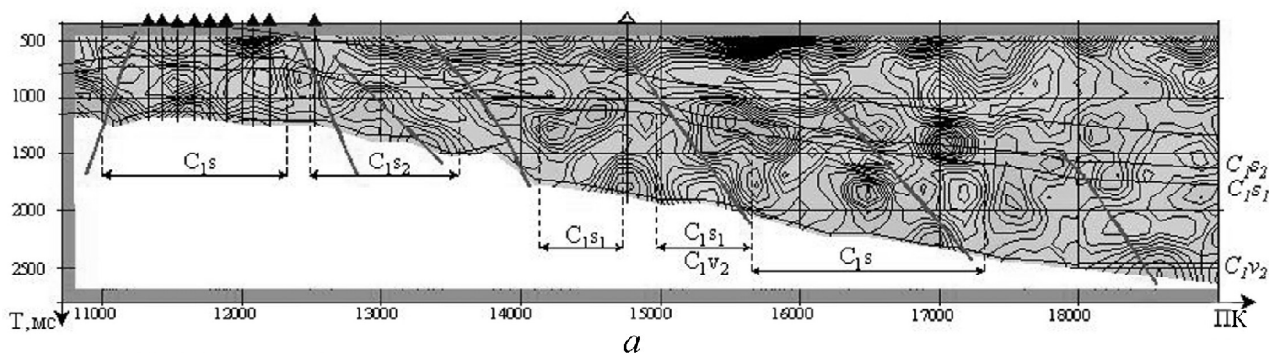
Прогнозирование залежей по динамическим параметрам ОВ с использованием информации всего геологического разреза возможно для любых условий независимо от глубины залегания продуктивных отложений, литофациального состава продуктивного разреза, возраста отложений, типа ловушки (структурная, неструктурная), фазового состояния УВ, поскольку аномальный объект, характеризующий залежь УВ, увеличивается по объему, занимая весь геологический разрез вплоть до земной (морской) поверхности. Это подтверждается приведенными ниже примерами распределения

амплитуд ОВ по профилям, пересекающим залежи УВ в пределах некоторых месторождений Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ).

В своде Зачепиловской брахиантиклинали, расположенной в пределах южной прибортовой зоны ДДВ вблизи южного регионального разлома, вскрыто нефтегазоконденсатное месторождение в отложениях нижнего карбона. На рисунке, *а* на временном разрезе амплитудного параметра видно, что в своде структуры выделяется обширный минимум амплитуд ОВ, перекрытый областью максимума параметра. В пределы этого минимума амплитуд ОВ попадают все продуктивные скважины Зачепиловского месторождения. На северо-восточном крыле структуры (пикеты 14 000–19 000) по характеру распределения амплитуд ОВ на уровне серпуховских и верхневизейских отложений прогнозируются залежи нефти и газоконденсата. Пробуренная здесь непродуктивная скважина попадает между прогнозируемыми залежами УВ.

На рисунке, *б* показан временной разрез параметра изменения амплитуд ОВ по профилю, пересекающему Западно-Лиманское нефтегазоконденсатное месторождение (в серпуховско-визейских отложениях), которое представляет собой северо-западное продолжение Зачепиловской структуры. В своде структуры (пикеты 5000–6000) минимумом амплитуд ОВ отображается залежь УВ, по значительной мощности восстановительной зоны области СДЭП соответствующая газовой залежи. Скважина 6 вблизи свода на глубине 2004 м ($T \approx 1500$ мс) в визейских отложениях вскрыла залежь нефти. Максимум амплитуд ОВ, соответствующий восстановительной зоне области СДЭП над нефтяной залежью, вблизи этой скважины по мощности действительно резко уменьшается. В области северо-восточного крыла структуры (пикеты 9 000–17 000) по характеру распределения амплитуд ОВ в серпуховских и визейских, а также башкирских отложениях прогнозируются залежи газоконденсата (что можно предположить по средней мощности восстановительной зоны области СДЭП).

Зачепиловское и Западно-Лиманское месторождения находятся на сравнительно небольших глубинах (первое – примерно до 1500, второе – до 2000 м). Однако и более глубоко расположенные залежи УВ отчетливо выделяются на временных разрезах амплитудного параметра. На рисунке, *в* показан разрез изменения амплитуд ОВ через Горобцовскую газовую залежь, залегающую на глубине свыше 4500 м ($T \approx 2800$ мс). На разрезе эта залежь отображается минимумом амплитуд ОВ, перекрытым интенсивным максимумом параметра значительной мощности, что соответствует газовой залежи. По характеру распределения амплитуд ОВ в данном разрезе в левой части профиля (пикеты 500–3000) прогнозируются и другие залежи УВ (минимумы амплитуд ОВ, ограниченные резкоградиентными максимумами параметра) на разных стратиграфических уровнях.



- скважины
 ▲ продуктивные
 △ непродуктивные
 / отражающие горизонты
 S изолинии изменения амплитуд ОВ, $\Delta A\%$
 — разрывные нарушения
 ■ $\Delta A > 0$
 ■ $\Delta A < 0$
 ↔ границы вскрытых и прогнозируемых залежей УВ

Временные разрезy изменения амплитуд ОВ по профилю на Зачепиловской (а), Западно-Лиманской (б) и Горобцовской (в) площадях

Таким образом, приведенные примеры использования выявленных закономерностей распределения амплитуд ОВ по всему временному разрезу иллюстрируют возможность прогнозирования залежей УВ по данным сейсморазведки на любой глубине залегания скоплений УВ, в ловушках любого типа, с определением фазового состояния прогнозируемого УВ.

1. Тимошин Ю.В., Семенова С.Г., Скворцова Э.А. Влияние диффузионного потока на параметры сейсмического волнового поля над месторождением нефти // Прикл. геофизика. – 1984. – № 109. – С. 50–56.
2. Тимошин Ю.В., Семенова С.Г. Спосіб пошуку покладів вуглеводнів сейсморозвідкою. – Пат. України. – № 21783А. – 1997.
3. Семенова С.Г., Семенец О.И., Ковалев Д.М. Сейсмогеологическая модель разреза с залежами углеводородов // Зб. наук. праць УкрДГРІ. Спец. вип. – 2005. – № 3. – С. 121–124.