

Изучение подземных газовых хранилищ в процессе их эксплуатации является весьма сложной задачей с учетом потенциально возможного изменения свойств разреза и отдельных его интервалов в процессе многократного повторения циклов закачки. При этом важным является не только мониторинг, реализуемый на базе данных ГИС в контрольных скважинах, но и выполнение этих работ по всей площади ПХГ с привлечением комплекса сейсмических наблюдений, реализуемых как на дневной поверхности (МОВ-ОГТ), так и во внутренних точках среды (ПМ ВСП). Выбор поляризационной модификации ВСП [1] при таких исследованиях является единственно верным, поскольку только ПМ ВСП обеспечивает достоверный прогноз свойств геологического разреза, выделение коллекторов и оценку их потенциального и фактического насыщения на основе регистрации полного вектора колебаний. Параметризация этих составляющих через монопараметры и переход к упруго-деформационным модулям среды может стать основой решения задач мониторинга ПХГ. Создание оптимальной технологии для мониторинга с позиции проведения комплексных наблюдений ПМ ВСП и МОГТ и их последующей обработки является актуальной проблемой.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ГИС, ПМ ВСП И МОВ ОГТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ В ПХГ.¹

А.С. ВАРЯГОВ

**Ю.Д. МИРЗОЯН
А.Г. КУРОЧКИН
В.М. ХОЛОДИЛОВ
В.С. НОГОТКОВ
Д.М. СОБОЛЕВ
В.С. МАНУКОВ**

д.г.-м.н., зам. генерального директора по добыче и разработке
ООО «Газпром-Ставрополь-Трансгаз» ООО «Кавказтрансгаз»
к.т.н., генеральный директор ООО «Ингеовектор»
к.г.-м.н., главный геофизик ООО «Ингеовектор»
начальник НТЦ, ООО «Кубаньгазпром»
главный геолог СУБР ООО «Газпром - ПХГ»
директор ООО «Промсейс»
начальник отдела ЦГЭ Мин. пром.

г. Краснодар

г. Саратов
г. Москва

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ

Наблюдения ПМ ВСП проведены в Ставропольском крае в 4-х скважинах Северо-Ставропольского подземного газового хранилища на Пелагиадинском участке с использованием ранее выполненных исследований ГИС и МОВ ОГТ. Постановка и проведение таких работ является, по сути, начальным этапом в этом направлении.

Геологический разрез представлен палеозойскими, мезозойскими и кайнозойскими отложениями, сложенными глинисто-алевролитовой фацией с чередованием

пластов песчаника, аргиллитов, алевролитов, обогащенных карбонатным материалом.

В разрезе этих отложений присутствуют на разных уровнях глины, аргиллиты, являющиеся хорошей покрывкой. В верхней части исследуемой среды имеются также проницаемые пласты – трещиноватость известняков, наличие блоков определяют развитие процессов локального гравитационного их перемещения вдоль склонов развитых на площади балок, ручьев, между которыми наблюдаются рвы, достигающие ширины от 3 до 5 м.

Отложения в верхней части разреза находятся в состоянии неустойчивого равновесия и при обильном выпадении осадков перемещаются по склонам, создавая оползневые явления. В этих условиях основные задачи были связаны с оценкой возможности использования сейсмических исследований для детального изучения распределения УВ в подземном газовом хранилище. Естественно, что определение скоростей сейсмических волн, упруго-деформационных модулей среды, стратиграфическая привязка волн являлись частью общей программы. ►

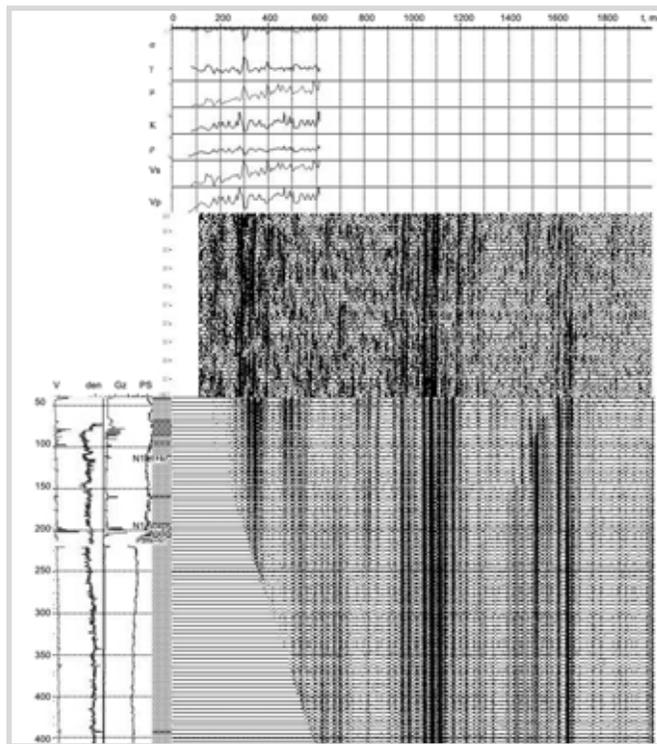


Рис. 1 Стратиграфическая привязка и расширенная параметризация по скважине 5Rp

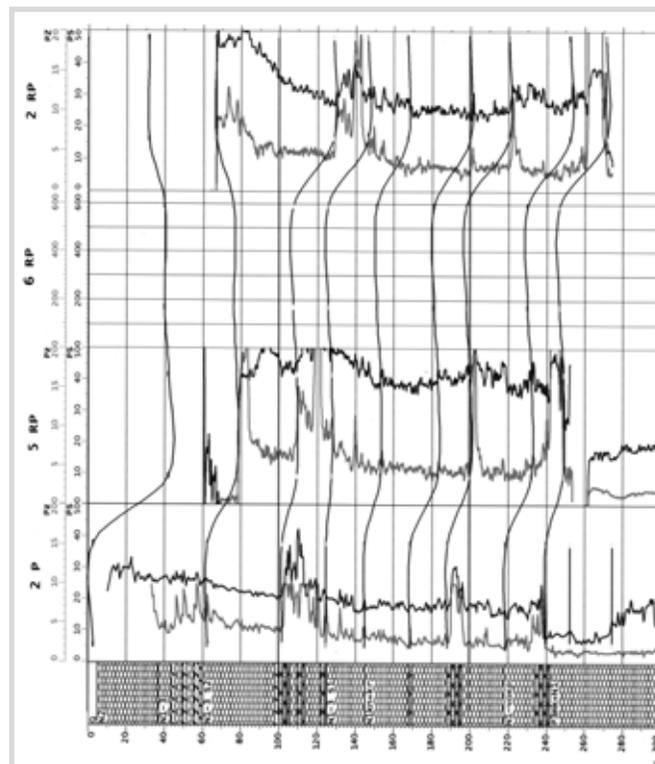


Рис. 2 Корреляционная схема данных ГИС

¹ПХГ – подземное хранилище газа; ПМ ВСП – поляризационный метод вертикального сейсмического профилирования; ГИС – географическое исследование скважины; МОВ ОГТ – метод отражённых волн общей глубинной точки.

2. АППАРАТУРА И МЕТОДИКА РАБОТ

При полевых работах использовался комплекс цифровой аппаратуры (компьютер, скважинные четырёхкомпонентные приборы с 24х разрядным АЦП). В качестве сейсмоприёмников применялись электродинамические типа 20-DG конструкции уфимского завода. При исследованиях все наблюдения ПМ ВСП в разных скважинах выполнены из продольного ПВ. Возбуждение колебаний производилось с помощью пневматического источника ПИК-1 с рабочим давлением от 40 до 100 атм при рабочем объеме 1.0л. Глубина погружения источника в специально пробуренных скважинах составляла 15-17 м. Контроль за качеством сейсмического материала выполнялся на мониторе регистрирующей системы аппаратуры. Для повышения соотношения сигнал/шум на каждой точке производилось накопление 3х воздействий на канал. Шаг наблюдений по стволу исследуемых скважин соответственно составлял:

- скв. 2пл – Пелагиадинская (забой 835м) – 5 м;
- скв. 5рп – (забой 485 м) – 5 м;
- скв. 2рп – (забой 240 м) – 3 м;
- скв. 6рп – (забой 98 м) – 2 м.

Выбранные оптимальные условия возбуждения и приема для каждой конкретной скважины сохранялись неизменными. Качество полученного первичного материала сравнительно хорошо. Подавляющее большинство записей пригодно как для кинематической, так и динамической обработки.

3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПМ ВСП

Граф обработки данных ПМ ВСП был ориентирован на выделение различных типов волн с использованием фиксированных составляющих векторного волнового поля. Этот граф обработки можно разделить на два этапа:

- препроцессинг данных,
 - параметризацию моделей и стратиграфическую привязку.
- Препроцессинг включал следующие основные процедуры:
- формирование и редакцию исходной информации;
 - ввод и коррекцию статических поправок;
 - получение составляющих в локальной (P.R.T) и пространственной системах координат;

- полосовую фильтрацию;
 - восстановление амплитуд с использованием экспоненциальной зависимости;
 - деконволюцию с шагом предсказания 2 мс с последующей корректирующей фильтрацией;
 - селекцию волнового поля. Выделение полей падающих (P, S) и отраженных (PP, SS и PS) волн.
 - параметризацию модели;
 - корреляцию исследованных годографов P и S волн;
 - расчет приведенного (к устью скважины и вертикали) вертикального годографа, а также средних, пластовых и интервальных скоростей продольных и поперечных волн;
 - оценку поляризационных свойств записи;
 - определение коэффициентов поглощения по опорной трассе и в целом записи ВСП;
- Определение параметров в форме:
- комплексного параметра γ ;
 - коэффициента Пуассона σ ;
 - модуля сжатия κ ;
 - модуля сдвига μ .
- ввод кинематических поправок и стратиграфических привязок границ в разрезе и увязку их с поверхностными наблюдениями;
 - прогнозную оценку акустической жесткости ниже забоя скважины;
 - прогнозную оценку продуктивности на базе САЭЭ-анализа.

Определение характеристик волнового поля и параметров модели среды.

Проведенные наблюдения ПМ ВСП обеспечили выделение и прослеживание не только продольных, но и обменных и поперечных волн, что существенно расширяет возможности прогнозной оценки свойств разреза за счет перехода от акустической к упругой модели среды, обеспечивающих возможность разделения эффектов, связанных с изменением пористости литотипа и с характером насыщения коллекторов.

Определение комплексных параметров и упруго-деформационных модулей среды проводилось по соотношениям:

$$\gamma = V_s/V_p; \quad \sigma = (1-\gamma^2)/(2(1-\gamma^2));$$

где σ – коэффициент Пуассона, с использованием известных зависимостей коэффициента Пуассона от скорости V_p

(Пузырева и Грегори), которые позволяют говорить о характере литотипа, его емкостных свойствах, характере насыщения.

Независимым параметром, который может быть использован для анализа и прогнозной оценки свойств разреза, является коэффициент поглощения. Изучение эффективного поглощения проводилось по спектру продольной волны, зарегистрированной на продольном ПВ на Z-составляющей, а также по наземным наблюдениям МОВ ОГТ с представлением результатов в форме схем, охватывающих исследуемый полигон для трех интервалов: надмайкопского, майкопского и подмайкопского. Прогноз акустической жесткости ниже забоя проводился с перекрытием интервала во вскрытой части разреза. Интервалы прогнозной оценки для каждой исследуемой скважины были индивидуальными.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА ВОЛН

Одной из основных задач наблюдений ВСП является стратиграфическая привязка границ в разрезе и увязка их с наземными наблюдениями. Эта процедура реализована с использованием спрямленного поля не только продольных восходящих волн, но и поперечных волн. Стратиграфическая привязка продольных волн с данными ГИС, расширенной параметризацией модели и фрагментами временных разрезов приведены ниже.

ГЕОСЕЙСМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для увязки данных скважинных и поверхностных наблюдений использовано также геосейсмическое моделирование, что позволяет проанализировать особенности формирования волновых пакетов для тонкослоистой модели среды и уточнить элементы привязки волновых пакетов к разрезу скважины. Моделирование волновых пакетов реализовано только для скважины 5рп, по которой был выполнен акустический каротаж. Моделирование выполнено для разнеспектрального состава исходных сигналов с целью расширения представлений об изменениях волновых пакетов в подобных ситуациях. ►

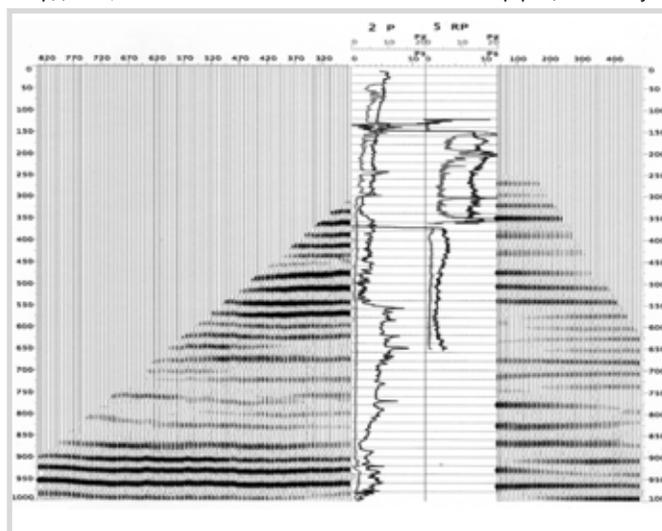


Рис. 3 Волновое поле ВСП по двум скважинам с данными ГИС

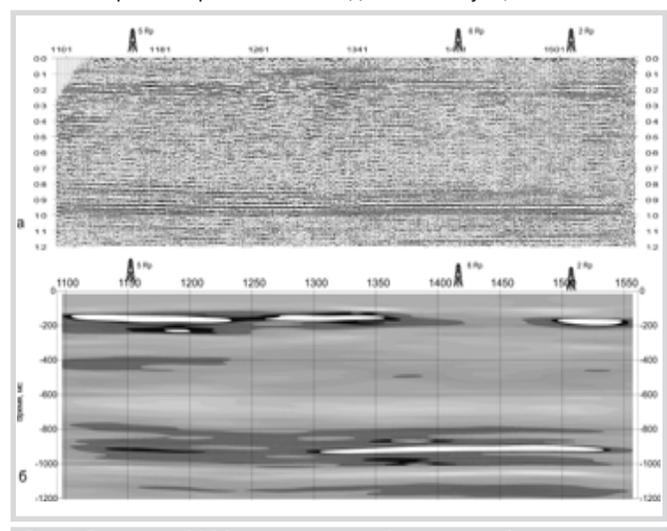


Рис. 5 Результат САЭЭ-анализа по профильным наблюдениям: а) исходный временной разрез; б) результат САЭЭ-анализа

Обработка наблюдений ВСП и МОВ ОГТ по технологии САЭЭ-анализа.

С целью проведения прямого прогнозирования газонасыщения исследуемого разреза наряду с технологией определения характеристик поглощения сейсмической записи была реализована качественная новая технология, ориентированная на выделение сейсмоакустических аномалий энтропийно-энтальпийного характера [4,5]. Причем эта обработка была реализована независимо для скважинных и наземных профильных наблюдений. Увязка их уже служит дополнительным критерием надежности и достоверности выделяемых аномалий, также как и сопоставление их с результатами динамического анализа, ориентированного на оценку поглощения сейсмической записи в различных интервалах геологического разреза.

4. КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ПМ ВСП И МОВ ОГТ

Комплексная интерпретация данных ПМ ВСП выполнена по всем четырем (2пл, 2рп, 5рп и 6рп) скважинам и ранее отработанным трем профилям МОВ ОГТ (40101, 40102 и 40106), проходящим через указанные скважины. Использование ряда нестандартных приемов обработки, имеющих различную физическую природу и математическую базу реализации в комплексе со скважинными поляризованными наблюдениями способствует повышению надежности и достоверности прямого прогнозирования газонасыщенных интервалов разреза, имеющих различную приуроченность. Первое – реализуется целый набор различных приемов регистрации и выделения не только продольных PP, обменных PS и поперечных SS-волн, обеспечивающих использование моно- и комплексных безразмерных параметров (γ и σ) среды. Второе – это оценка поглощающих свойств разреза для различных интервалов и спектральных диапазонов записи, которая для ситуаций продуктивного насыщения будет характеризоваться зонами аномального проявления фактора поглощения.

Третье – это использование технологии энтропийно-энтальпийного анализа (САЭЭ), ориентированной на выявление «прямых эффектов» продуктивного насыщения зон развития коллекторов, которая применена

как к материалам ВСП, так и МОВ ОГТ.

ВОЛНОВОЕ ПОЛЕ ПО ДАННЫМ ПМ ВСП.

Для анализа волнового поля и последующего определения параметров среды были проанализированы фиксированные компоненты в локальной (PRT) и пространственной (23 составляющие) системах координат. Нисходящие и восходящие продольные, обменные и поперечные волны приведены к вертикали (т.е. к двойному времени отраженной волны), которые в сочетании с литолого-стратиграфическими колонками обеспечивают привязку этих отражений к границам в разрезе. В качестве примера дана стратиграфическая привязка продольных волн, регистрируемых в скважине и на дневной поверхности на Северо-Ставропольском ПХГ № 5рп (рис. 1) с расширенной параметризацией структуры поля.

Скважина 2пл характеризуется наибольшей глубиной, однако из-за влияния трубных волн качественный материал охватывает интервал только майкопских отложений до хадумских включительно. Здесь следует отметить, что запись сейсмической информации достаточно дифференцирована, а наиболее интенсивные составляющие волнового поля как продольных, так и поперечных волн приурочены к верхней и отчасти средней части майкопского комплекса, а также к границам хадума и зоэна. Наиболее интенсивные отражения приурочены к песчаникам в разрезе, но дифференцированный характер глинистой толщи майкопа также обуславливает формирование границ отраженных волн внутри этого комплекса.

Для скважины 5рп информация по верхней надмайкопской части разреза достаточно представительна. Однако наиболее интенсивные отражения приурочены к интервалу караган-чокракских и подстилающих их отложений, а также к интервалу хадум-зоэнового комплекса, залегающего значительно ниже вскрытого интервала.

Из сопоставления стратиграфической привязки волновых полей продольных и поперечных волн очевидна их приуроченность к одним и тем же границам.

Структура волнового поля по скв. 2рп во многом сходна с характером предшествующей скважины 5рп, достаточно насыщена волнами различной природы и типов (PP, PS и др.). Характер волнового поля по скв. 6рп

подобен вышеприведенным, хотя его анализ достаточно сложен из-за ограниченного интервала отработки скважины (~100 м) и только сгущением шага наблюдения до 2м обеспечено уверенное выделение продольных и поперечных волн. Необходимо отметить, что поперечные отраженные волны выделяются по всем отработанным скважинам весьма уверенно и их регистрация существенно повышает информативность зарегистрированных материалов не только с позиции выделения границ и привязки продольных и поперечных волн к одним и тем же отражающим границам, но и изучения параметров волнового поля и среды.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СРЕДЫ

По всем отработанным скважинам были изучены упругие параметры среды: скорости продольных и поперечных волн, поглощение и поляризация колебаний, а также упруго-деформационные характеристики разреза, в частности модули сдвига – μ , растяжения – κ , $\gamma = V_s/V_p$ и σ – коэффициент Пуассона. Завершающим элементом являлось определение по продольным волнам эффектов сейсмоакустической энтропии и энтальпии, связанных с наличием газонасыщенных интервалов и обеспечивающих прямое прогнозирование флюидонасыщения в разрезе.

Сочетание этих параметров, их комплексное использование позволяет качественно по-новому оценить процесс интерпретации, включая также аспекты геодинамического анализа. Приведенный набор параметров [3] является оптимизированным, характеризующим разный тип волн, отражающих различие в информации, которую они несут: свойства литотипов и их емкостные качества, характер флюидонасыщения. Здесь определяющими служат комплексные параметры γ и σ с учетом существующих обобщений (Грегори и др.) $\sigma = f(V_p)$ для различных литотипов насыщенного и ненасыщенного состояния. Парные сочетания монопараметров V_p и V_s , μ и κ , σ и γ и их комплексный анализ служат основой параметризации модели среды.

По скважине 2пл надмайкопский комплекс отложений отличается несколькими сглаженными параметрами, что связано с выделением полезной информации на фоне трубных волн. Для интервала майкопских и подстилающих хадумских отложений приведенные графики по различным параметрам имеют достаточно дифференцированный характер, отражая изменения свойств в разрезе даже в преимущественно глинистых отложениях майкопа. Наличие границ в интервале майкопских отложений связано не только с изменением свойств литотипа, но и с изменением свойств и параметров отложений в рамках одного литотипа. Дополнением к этому являются данные ГИС и ядерного материала. Сопоставление разных характеристик показывает, что переход к множественной оценке и комплексным параметрам – V_p и V_s , σ и γ , μ и κ и др. – позволяет выделить изменение свойств в разрезе в зависимости ▶

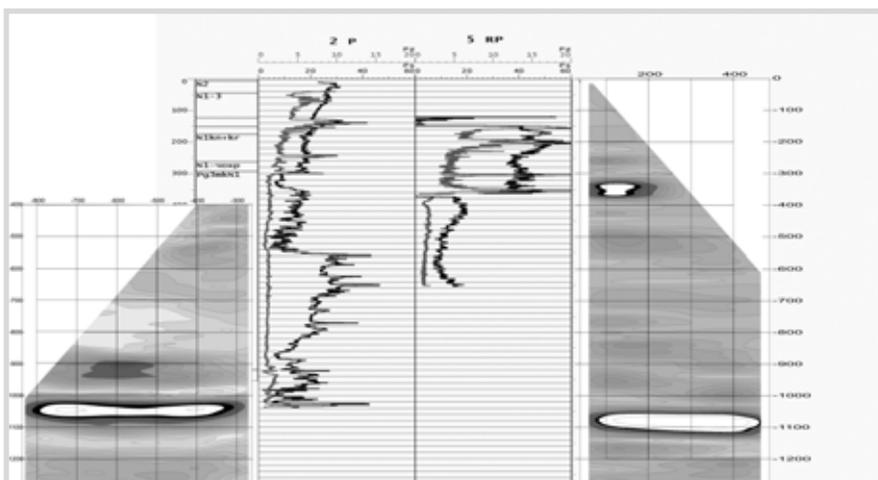


Рис. 4 Результат САЭЭ-анализа по данным ВСП

от пористости и других факторов. Очевидно, что возможны различные количественные соотношения парных параметров. Поэтому ограничение их набора только данными V_p и V_s недостаточно. Целесообразно использование упруго-деформационных модулей среды, в частности, k , μ и комплексных безразмерных параметров σ и γ , которые дают наглядное разделение литотипов и состояние насыщения. Эффективность комплексного подхода показана по скважине 2пл в интервале майкопских отложений, которые можно разделить на две части: верхнюю – от уровня ~470 м до чокракского горизонта; нижнюю – от уровня хадумских отложений до 470 м.

Верхняя часть характеризуется определенным трендовым увеличением скорости и плотности с глубиной, что отражает особенности смены седиментационной обстановки относительно предшествующего (нижнего этапа), для которого характерно увеличение песчаной компоненты в верхней части (интервал глубин 650 – 480 м) вплоть до выявления коллекторов. В то же время вниз по разрезу увеличивается глинистая компонента при соответствующих изменениях ее свойств. Это вполне согласуется с результатами поляризационных оценок.

Прогноз акустической жесткости ниже забоя скважины обеспечил совпадение прогнозных оценок в области перекрытия и позволил выявить особенности динамики хадум-эоценовых и подстилающих их отложений.

Скважина 5рп. Представленные материалы отражают изменение свойств пород в разрезе с учетом соотношения песчано-глинистых отложений, вариации которого соответствуют изменениям моно- и комплексных параметров, поляризационных свойств сигнала и поглощения в интервале караган-чокракских осадков. Характерным

здесь является выделение высокоскоростного и уплотненного пропластка по комплексным параметрам (рис. 1), который перекрывает песчаный пласт с аномальными свойствами газонасыщения, что согласуется с результатами САЭЭ-анализа.

В интервале майкопской толщи такого разделения, аналогичного скважине (2пл), не наблюдается, что, возможно, связано с более глубоким расположением зоны осложнения. В то же время дифференциация внутри вскрытой части майкопских отложений отмечается достаточно наглядно. Прогноз акустической жесткости ниже забоя скважины позволяет говорить о повышении их значений в интервале хадум-эоценовых отложений, что согласуется с данными прогноза по скв. 2пл, где к этому интервалу также приурочена САЭЭ-аномалия.

Скважина 2рп. Результаты параметрических определений отражают особенности терригенного песчано-глинистого разреза надмайкопской толщи. Разрез относительно низкоскоростной, характеризуется сменой палеоситуаций с изменением доли песчаной компоненты в интервале мамынского, караганского и чокракского комплексов отложений.

Непосредственно в интервале чокракских отложений следует выделить верхнюю глинистую уплотненную часть, соответствующую глубинам 220-230 м, и нижнюю – песчаную флюидонасыщенную часть, которая проявляется в упруго-деформационных модулях среды аналогично скв. 5рп (рис. 1). Результаты САЭЭ-анализа обеспечивают выделение двух продуктивных интервалов газонасыщения, приуроченных к чокракским и хадумским отложениям, отражают состояние и согласуются с данными САЭЭ-обработки.

Скважина 6рп. Аналогичный набор параметрических оценок выполнен по этой скважине. Вариации свойств разреза хорошо отражаются в поляризационных

характеристиках, скоростных и модульных оценках. Использование модульных характеристик, особенно модуля сдвига μ , дает более наглядную картину выявления песчаников и изменения их свойств по разрезу.

СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА

Развернутая картина стратиграфической привязки поверхностных наблюдений МОГТ по профилям 40102 и 40101 дана по результатам ВСП, представленных совместно с данными ГИС. Полученные результаты отражают характер стратиграфической привязки различных целевых интервалов и параметрических изменений в пределах исследуемого участка Пелагиадинской площади (рис. 1).

Совместная интерпретация параметрических характеристик надмайкопской толщи.

Совместное рассмотрение параметрической информации дается на основе корреляционных схем параметров, построенных относительно поверхности. На рис. 2 представлена корреляционная схема данных ГИС, которая отражает характер взаимного положения скважин относительно рельефа поверхности и особенности корреляции основных стратиграфических единиц данного интервала, поддающихся идентификации и корреляции. Это, прежде всего, чокрак-караганские комплексы отложений в интервале 145-240 м. (по скв. 2пл), а также вышележащие ниже- и среднесарматские образования в интервале глубин 60-145 м (по скв. 2пл) от поверхности рельефа. Указанный комплекс отложений имеет достаточно выдержанный характер, уверенно коррелируется с опорой на основные пласты коллекторов в разрезе.

Верхняя часть разреза имеет более сложный характер по своим свойствам и распределению мощностей. Флюидоупором для нижней части разреза являются криптоматровые слои. Опорными границами ▶

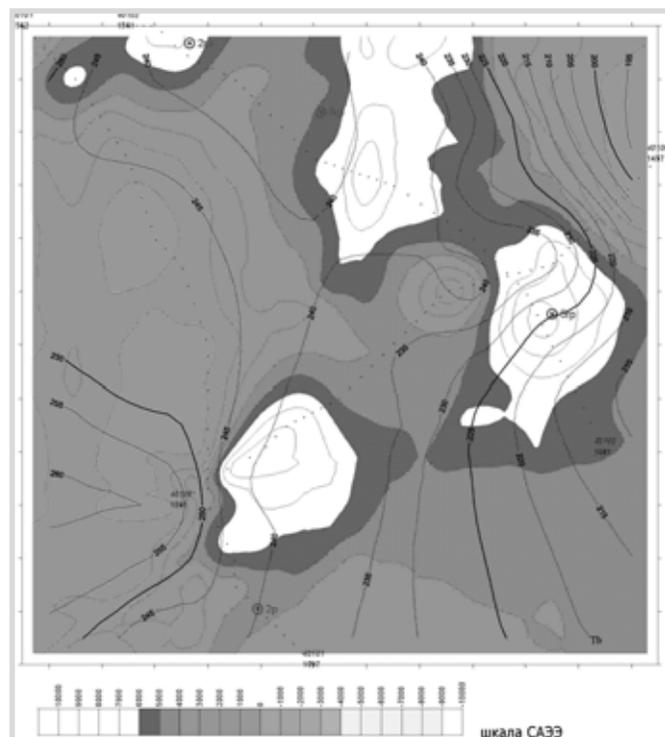


Рис. 6 Схема зон газонасыщения по чокракскому горизонту

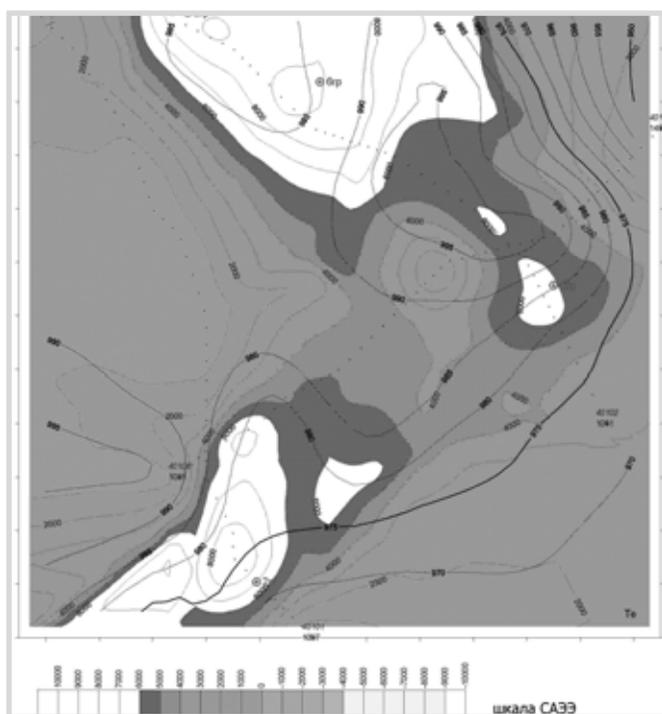


Рис. 7 Схема зон газонасыщения по палеогеновому интервалу разреза

корреляции для этого интервала являются коллекторы мамайского горизонта, а в нижней части интервала это коллекторы караганских отложений и чокрака, уверенно выделяемые по своим характерным особенностям.

Для оценки параметрических изменений рассмотрены корреляционные схемы интервальных скоростей продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн, модулей сжатия (K) и сдвига (μ), комплексных параметров γ и σ .

Можно отметить, что распределение скоростей продольных и поперечных волн имеет несколько различный характер, что объясняется физикой распространения объемных и сдвиговых волн.

При этом очевиден более вариационный характер графиков скоростей продольных волн, т.к. они зависят от литотипа, его емкостных свойств и характера насыщения порового пространства, причем для разных литотипов скорости V_p могут сильно отличаться, но область распределения скоростей может существенно перекрываться, затрудняя возможность идентификации литотипа по значению скоростей.

Поведение скоростей поперечных волн определяется относительной независимостью ее значения от характера насыщения, т.е. скорость поперечных волн функционально зависит только от литотипа и объема порового пространства. Ввиду того, что модули сдвига для песчаников обладают большими значениями, то песчаные пласты будут характеризоваться более высокими величинами по отношению к глинистым образованиям. Совместное рассмотрение V_s и V_p модулей сжатия и сдвига выявляет общую тенденцию изменения этих параметров с глубиной, а локальные изменения соответствуют особенностям смен седиментационной обстановки и литофациального состава пород.

Переход от размерных монопараметров к безразмерным комплексным параметрам обеспечивает более четкую дифференциацию литотипов и характер их состояния, флюидонасыщения. Из построенных корреляционных схем очевидно, что в интервале надмайкапских отложений выделяется целая серия пластов-коллекторов, приуроченных преимущественно к интервалу от чокракского до мамайского горизонта. Наиболее представительными из них являются коллекторы чокракского возраста, реально продуктивно насыщенные в области скважин 5рп и 2рп. По-видимому, это в равной степени относится к скважине 6рп. По скважине 6рп над криптомактровыми слоями выделяются коллектор, но они имеют объединенный характер. Мощность газонасыщенных коллекторов чокрака увеличивается в районе скважины 2рп относительно 5рп и 2пл. При этом песчаники чокрака теряют свои свойства и не отражают фактора флюидонасыщения в районе скв. 2пл.

Прямое прогнозирование зон газонасыщения.

Прогнозная оценка флюидонасыщенных интервалов в разрезе эоцен-миоценовых

отложений выполнена с использованием технологий оценки поглощения и САЭЭ-анализа по имеющимся материалам.

Оценка зон поглощения сейсмической записи.

Учитывая традиционные предпосылки для выявления зон флюидонасыщения через интегральные параметры сейсмической записи, представляемые в спектральной области, была реализована попытка оценки поглощения по наземным профильным наблюдениям. Данная технология реализована на базе кепстральных преобразований на профиле 40102, что обеспечило выявление характерных изменений в спектральном составе записи и распределении коэффициентов повышенного поглощения для определенных интервалов профиля

Последующая прогнозная оценка сводилась к схемным построениям распределений коэффициентов поглощения для трех интервалов: чокракской, майкопской и хадум-эоценовой толщи отложений. Это позволило выявить интервалы избирательно-повышенного поглощения, приуроченные к чокракским и хадум-эоценовым горизонтам. Для зоны развития майкопских отложений подобных аномальных проявлений не наблюдается.

ОЦЕНКА ГАЗОНАСЫЩЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ САЭЭ-АНАЛИЗА

Данная технология была использована с целью прямого прогнозирования флюидонасыщения по материалам скважинных и наземных профильных наблюдений.

На рис. 3 показаны сейсмограммы ВСП по продольным волнам, полученные по наблюдениям в скважинах 2пл и 5рп, а на рис. 4 представлены результаты САЭЭ-анализа для этих материалов, которые отражают интервалы выявленных аномальных газонасыщенных объектов. Последующая обработка по данной технологии была проведена по временным разрезам МОВ ОГТ (40101, 40102 и 40106). В качестве иллюстраций представлены исходный временной разрез ОГТ по профилю 040102 (рис. 5а) и материалы САЭЭ-анализа (рис. 5б), где уверенно выделяются два принципиальных интервала продуктивного насыщения. По результатам обработки всех трех профилей построены схемы распределения САЭЭ-аномалий для двух вышеуказанных интервалов (рис. 6 и 7).

Полученные результаты дают схематичное представление о выявленных зонах флюидонасыщения, которые неплохо согласуются с данными оценки поглощения, что существенно повышает достоверность прогноза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных работ получены следующие результаты:

1. Изучено волновое поле, выделены продольные и поперечные волны, выполнена стратиграфическая привязка. Исследована скоростная модель среды для продольных и поперечных волн. Определены поляризационные и поглощающие свойства в разрезе.

2. Получена расширенная параметризация разреза на основе монокомплексных и упруго-деформационных характеристик разреза и выявлены их связи с литологией, петрофизикой и характером насыщения.
3. По данным ГИС построена модель по скв. 5рп, по которой реализовано геосейсмическое моделирование в разноструктуральном представлении для увязки этих данных с поверхностными наблюдениями.
4. Проведена обработка скважинных и поверхностных наблюдений с целью оценки структуры волнового поля и его динамических параметров, а также для целей прогнозной оценки разреза и характера флюидонасыщения на основе технологии САЭЭ-анализа и поглощения отраженных РР-волн.
5. Представлена схема комплексной параметризации свойств геологического разреза на основе использования моно- и комплексных параметров сейсмической записи по скважинным (ВСП) и поверхностным (МОГТ) наблюдениям в сочетании с данными ГИС. Показано, что увеличение базы параметров за счет определения упруго-деформационных модулей (k , μ , λ и др.) и комплексных параметров (γ , σ) существенно расширяет возможности интерпретации в рамках решения обратных динамических задач сейсморазведки.
6. Проведена комплексная интерпретация результатов обработки скважинных и наземных наблюдений, которые позволили сделать вывод о наличии в разрезе двух газонасыщенных интервалов, для которых выполнены схемные построения, т.е. прямое прогнозирование флюидонасыщения обеспечивает мониторинг характера состояния ПХГ.

Рекомендации для последующих работ по изучению мониторинга ПХГ.

1. При изучении состояния ПХГ необходимо выполнение наблюдений ПМ ВСП в скважинах, которые обеспечивают вскрытие всего изучаемого (целевого) интервала исследуемого разреза с полноценным комплексом ГИС.
2. Комплексную технологию прогнозной оценки флюидонасыщения следует расширить за счет включения в опробованный комплекс прямого прогнозирования (САЭЭ-анализ и поглощение в комплексе с данными ПМ ВСП) также технологию «Петросейс», в варианте инверсии т-р сейсмограмм в параметры модели среды. Это позволит дать оценку характера петрофизических свойств разреза и их изменений в пределах изучаемого полигона с полной увязкой данных через параметры расширенной параметризации, приводимые по скважинным наблюдениям (V_p , V_s , k , μ , γ , σ и другие).

Такой комплекс технологических средств обеспечит наиболее надежную и полноценную прогнозную оценку изучаемого объекта, а именно подземного газового хранилища. ■