

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Д.Н. Божежа², И.С. Пидлисна²

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДОРАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

Приводятся результаты экспериментального применения мобильного метода обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и нетрадиционных геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) на поисковой площади в районе известного месторождения углеводородов (УВ). Показано, что мобильные методы могут успешно применяться для доразведки месторождений УВ, выведенных из эксплуатации или находящихся на поздней стадии разработки. Метод обработки данных ДЗЗ и площадная съемка СКИП позволяют обнаруживать и картировать аномалии типа “залежь газа (нефти)”, а также выделять в их пределах участки с повышенными значениями пластового давления в коллекторах. Глубины расположения аномально поляризованных пластов типа “газ (нефть)” определяются зондированием ВЭРЗ. Эти методы можно также использовать при поисках скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах – угленосных и кристаллических породах, сланцах, плотных песчаниках. Широкое применение оперативных мобильных технологий на различных этапах поисков скоплений УВ различного типа будет способствовать ускорению и оптимизации геолого-разведочного процесса в целом.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли, обработка, интерпретация, геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалия типа “залежь”, газ, нефть, месторождение.

Введение. В настоящее время исключительно актуальной является проблема интенсификации, ускорения и оптимизации геолого-разведочного процесса поисков и разведки скоплений углеводородов (УВ) в коллекторах различного типа. Это обстоятельство обусловлено исчерпанностью крупных и средних структур (ловушек структурного типа), необходимостью поисков и разведки малоразмерных и слабоконтрастных (перспективных) объектов и освоения больших глубин, проведения поисковых работ в удаленных и труднодоступных регионах мира [4].

По мнению авторов, существенно содействовать решению этой проблемы может более активное и целенаправленное применение в поисковом геолого-разведочном процессе мобильных и оперативных геофизических технологий. К такого рода технологиям относятся геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технология СКИП–ВЭРЗ) [6–8, 11, 13, 17, 18, 22, 23], которые уже более 10 лет авторы успешно применяют для оперативного решения широкого класса геолого-геофизических задач, в том числе поисков рудных и горючих полезных ископаемых. В последние годы эта технология дополнена мобильным методом частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования)

данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью “прямых” поисков и разведки полезных ископаемых конкретного типа. Некоторые результаты применения данной технологии анализируются в публикациях [9, 10, 12–19].

В настоящей статье представлены результаты исследований, выполненных в октябре–ноябре 2012 г. с использованием дистанционного и геоэлектрических методов с целью определения оптимальных мест расположения скважин в пределах поискового участка, на котором расположено известное нефтегазовое месторождения Юникс (условное название). Месторождение интенсивно разрабатывалось в 1950–1970 гг., во время проведения работ добыча УВ там не проводилась.

Актуальность такого рода исследований обусловлена тем, что в настоящее время в различных нефтегазоносных регионах предпринимаются попытки возобновить добычу УВ на месторождениях, где уже длительное время она не проводилась. Более того, доразведка также актуальна на месторождениях УВ, находящихся на поздней стадии разработки.

Задачи исследований. Основная цель выполненных исследований – обработка и дешифрирование данных ДЗЗ, а также проведение наземных геоэлектрических работ методами СКИП и ВЭРЗ с целью обнаружения и картирования остаточных (не выработанных) залежей нефти и газа в районе

расположения нефтегазового месторождения Юникс и его окрестностях.

Основные геологические задачи:

- обнаружение и картирование аномальных зон типа “залежь нефти” и “залежь газа” по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ;
- детализация обнаруженных аномальных зон типа “залежь УВ” в районе расположения нефтегазового месторождения Юникс по данным наземной съемки методом СКИП;
- выделение в разрезе, а также определение глубин залегания и мощностей аномально поляризованных пластов (АПП) типа “нефть” и “газ” по данным ВЭРЗ в пределах закартированных аномалий типа “залежь УВ”;
- оценка продуктивности глубинных горизонтов разреза (решение вопроса о целесообразности бурения в пределах поисковой площади глубиной скважины).

Исходные данные. В процессе выполнения работ использовались: а) схема изученности района расположения месторождения сейсмическими профилями; б) структурные карты по газовому и нефтяному продуктивным горизонтам; в) геологические разрезы через месторождение; г) фрагмент сейсмического разреза по профилю; д) геолого-геофизический разрез палеогеновых и меловых отложений месторождения; е) координаты участка обследования.

Анализ публикаций по этому району показал:

- 1) региональная нефтегазоносность верхнемелового комплекса обусловлена здесь антиклинальными ловушками пластово-массивного типа, которые имеют надежную покрывку из майкопских глин;
- 2) большинство залежей в регионе приурочено к разбитым разломами сводам ловушек. Отмечается также неполная выработанность верхнемеловых и палеогеновых залежей, возможно, вследствие того, что они близки к “жильному” типу. Важнейшая особенность таких залежей – приуроченность к разрывам разного порядка, что свидетельствует об аккумуляционных возможностях дизъюнктивной тектоники.

Механизм формирования жильных залежей, обусловленных субвертикальными зонами деструкции, может быть объяснен геосолитонной концепцией [1, 2, 20].

Методика работ. На первом этапе проведения работ оценка перспектив нефтегазоносности поисковой площади осуществлялась с использованием мобильной технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ с целью “прямых” поисков и разведки рудных и горючих полезных ископаемых [9, 10, 12–19]. Обработка и дешифрирование данных

ДЗЗ в пределах площади выполнялись с использованием методики оценки максимальных значений пластового давления флюидов в коллекторах [12].

На втором этапе исследований на площади поискового участка выполнялась наземная съемка методом СКИП. С ее помощью выявлялись геоэлектрические аномалии типа “залежь” (АТЗ). В пределах выделенных аномальных участков с помощью метода ВЭРЗ определялись интервалы глубин залегания АПП типа “газосодержащий пласт” и “нефтесодержащий пласт”.

Геоэлектрические измерения методом СКИП выполнялись вдоль отдельных профилей. Зондирования проводились, в основном, в пределах выявленных и закартированных АТЗ. В процессе полевых работ выполнен следующий объем геоэлектрических измерений: а) методом СКИП вдоль отдельных маршрутов – 28 пог. км; б) методом ВЭРЗ в интервале 0–6200 м – 1 пункт; в) методом ВЭРЗ в интервале 0–1000 м – 28 пунктов. Геоэлектрические измерения проводились традиционным образом, раздельно: сначала съемка СКИП в движении, потом – ВЭРЗ.

По полученным данным геоэлектрических измерений построены карты аномалий типа “залежь”, суммарной мощности АПП типа “нефть + газ”, “нефть”, а также диаграммы и колонки ВЭРЗ в пунктах зондирования и вертикальные корреляционные разрезы ВЭРЗ по отдельным профилям.

Обработка и дешифрирование данных ДЗЗ.

Фактически обследовано 20,5 км² площади, по координатам участка – 11,5 км². Обработка данных ДЗЗ участка выполнена в масштабе 1 : 15 000. Обнаружено и закартировано две аномальные зоны типа “нефтегазовая залежь” северо-северо-западного простирания (рис. 1). Основная (Восточная) аномальная зона расположена в пределах месторождения, вторая (Западная) аномалия (отдельный блок), существенно меньших размеров, – в юго-западной части участка работ.

В основной аномальной зоне выделено пять блоков (участков) с относительно повышенными значениями пластового давления (рис. 1). Это свидетельствует, скорее всего, о том, что месторождение разбито на тектонические блоки. Не исключено, что коллекторы в районе старых добывающих скважин заводнены.

В Западном блоке максимальное пластовое давление в коллекторах оценено в 10 МПа. В остальных блоках оно не превышает 7–8 МПа. **Полученные оценки пластового давления позволяют предположить, что из интервалов разреза ниже глубины залегания (более 1200 м) верхнемеловых пород вероятность получения промышленных притоков флюидов минимальна.**

Площадь закартированной Восточной аномальной зоны 5,54, Западной – 1,25 км². Площа-

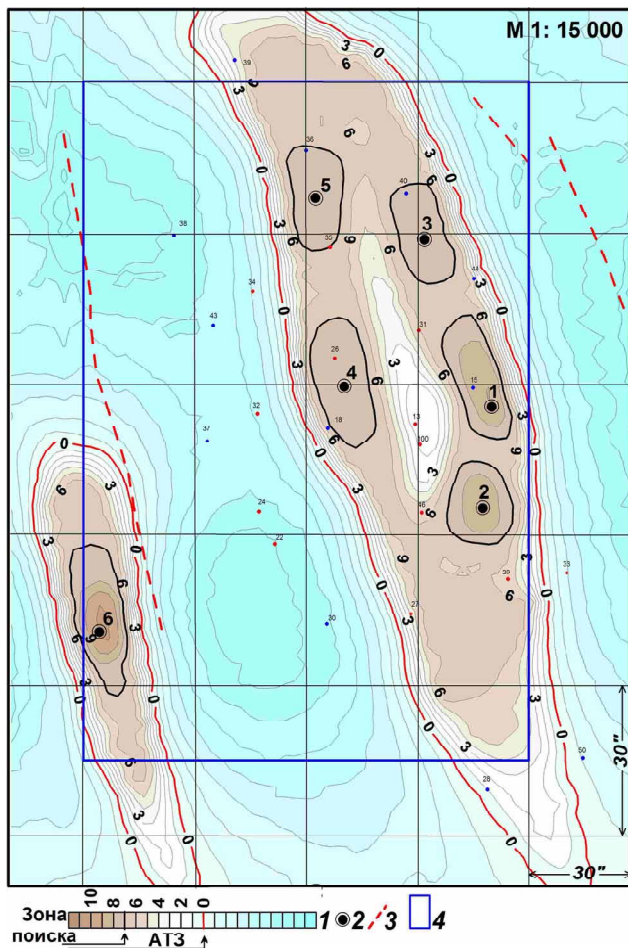


Рис. 1. Карта аномальных зон типа “нефтегазовая залежь”, по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ. Месторождение Юникс: 1 – шкала максимальных значений пластового давления в коллекторах, МПа; 2 – перспективные поисковые участки 1–6; 3 – тектоническое нарушение; 4 – контур поисковой площади

ди выделенных участков с относительно повышенными значениями пластового давления в коллекторах 1–6 (рис. 1) равны 0,20; 0,16; 0,16; 0,22; 0,18 и 0,22 км² соответственно.

Результаты обработки и дешифрирования данных ДЗЗ свидетельствуют о необходимости заверки закартированных аномальных зон геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ, а также о целесообразности обработки и интерпретация данных ДЗЗ на участках других месторождений района исследований, представляющих практический интерес.

Наземные исследования методами СКИП и ВЭРЗ. Полевые геоэлектрические работы на поисковой площади проводились с целью заверки и детализации результатов обработки и дешифрирования данных ДЗЗ. Точки проведения съемки методом СКИП вдоль профилей и методом ВЭРЗ показаны на рис. 2.

На участке работ по данным геоэлектрической съемки СКИП выявлены и закартированы две относительно крупные геоэлектрические аномальные зоны типа “залежь углеводородов” (рис. 2, 3):

1) АТЗ “Юникс” – в пределах одноименного месторождения, занимает восточную площадь участка; 2) АТЗ “Юникс-Западный” расположена в юго-западной части площади, на западной границе участка работ. Форма закартированных аномалий овальная, простирается близкое к меридиональному.

АТЗ “Юникс” имеет мозаичный характер (рис. 2, 3), что обусловлено как разбитостью структуры многочисленными разломами, так выработанностью отдельных участков месторождения.

Геоэлектрическая аномалия по форме несколько отличается от аномальной зоны, выделенной по результатам обработки данных ДЗЗ (см. рис. 1). В центральной части она шире, участки с повышенными значениями пластового давления мельче. Это вполне закономерно, так как наземной геоэлектрической съемкой более достоверно характеризуются локальные особенности аномальных зон.

В АТЗ “Юникс” проведено вертикальное электрорезонансное зондирование в 24 пунктах в интервале глубин 0–1000 м.

В районе скв. 100 выполнено зондирование до глубины 6200 м (рис. 4). В интервале 1200–6200 м выделены (рис. 4, б): 1 водонасыщенный пласт с газом; 16 водонасыщенных пластов с нефтью; 3 пласта типа “нефть” общей мощностью 43 м (8 + 15 + 20). К сожалению, **пластовое давление в АПП типа “нефть” невысокое (ниже гидростатического)**, что делает проблематичным получение из них промышленных (коммерческих) притоков нефти. В связи с этим **бурение глубоких скважин на месторождении нецелесообразно**. Данный вывод согласуется с оценками значений пластового давления по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ.

В пунктах проведения зондирования, в интервале глубин 0–1000 м определены зоны АПП типа “нефтяной пласт” и “газовый” пласт. По данным СКИП и ВЭРЗ выделены перспективные точки (площадки) для заложения поисковых скважин, а также интервалы глубин для поисков залежей УВ в разрезе. Эти точки (площадки) могут быть расположены в зонах с относительно повышенными значениями пластового давления (см. рис. 2, 3). По результатам выделения в разрезе АПП типа “нефть” и “газ” построены карты суммарной мощности АППн типа “нефтяной пласт” (рис. 5, а), а также суммарной мощности АППн + АППг (рис. 5, б). По данным СКИП и ВЭРЗ вдоль отдельных профилей измерений построены четыре вертикальных геоэлектрических разреза АПП типа “газ” и “нефть” (рис. 6).

Для каждого пункта зондирования построены диаграммы и колонки. На рис. 4 представлены результаты ВЭРЗ только в одной точке, показаны глубины залегания и мощности отдельных кол-

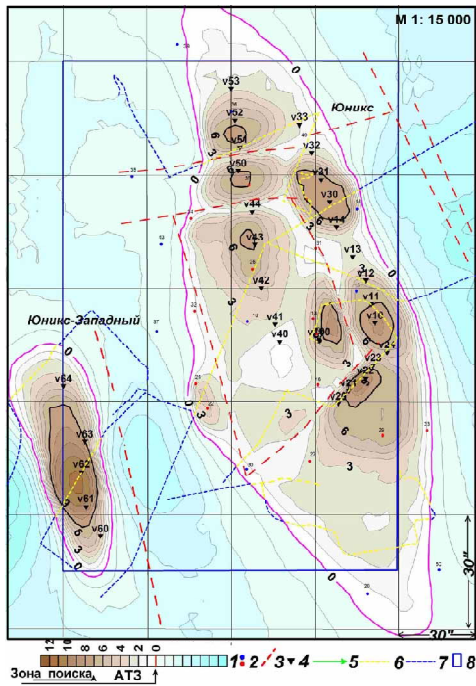


Рис. 2. Карта аномальных геоэлектрических зон типа “нефтегазовая залежь” по результатам комплексной обработки полевых измерений методом СКИП и дешифрирования данных ДЗЗ. Месторождение Юникс: 1 – шкала максимальных значений значений пластового давления в коллекторах, МПа; 2 – скважины; 3 – тектоническое нарушение; 4 – пункт ВЭРЗ; 5 – профиль ВЭРЗ; 6 – с положительными значениями, 7 – с отрицательными значениями; 8 – контур поисковой площади

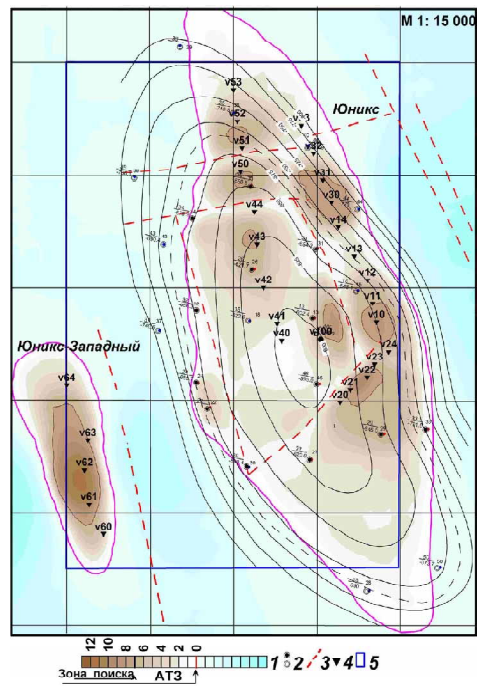


Рис. 3. Карта аномальных геоэлектрических зон типа “нефтегазовая залежь” на структурной карте площади расположения месторождения Юникс. Условные обозначения см. на рис. 2

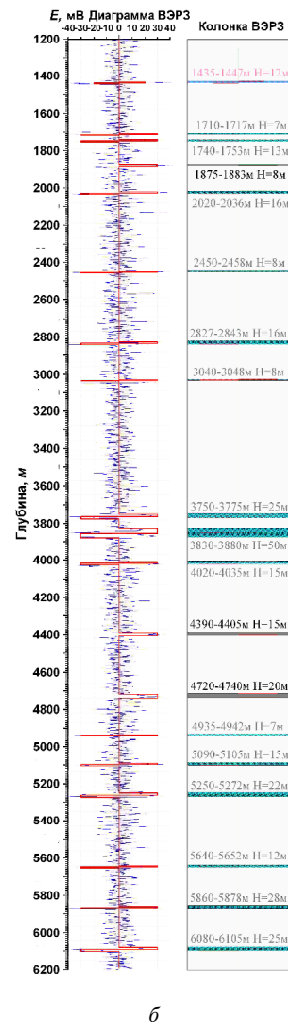
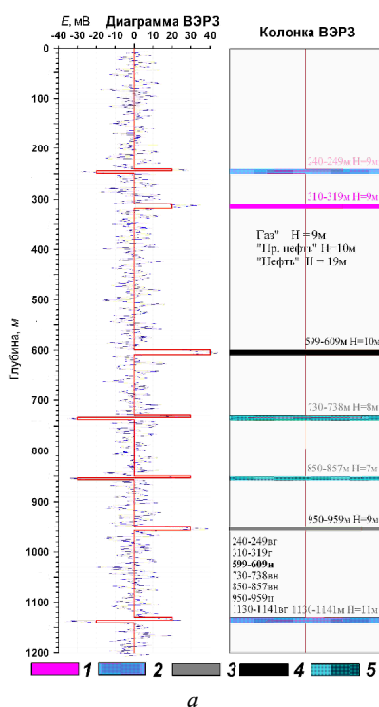


Рис. 4. Результаты ВЭРЗ на месторождении Юникс в точке v100: а – интервал 0–1200 м; б – интервал 1200–6200 м; АПП типа: 1 – “газ”, 2 – “обводненные газовые пласты”, 3 – “нефть” (зоны слабых пластовых давлений), 4 – “нефть” (пластовое давление равно или выше гидростатического), 5 – “обводненные нефтяные пласты”

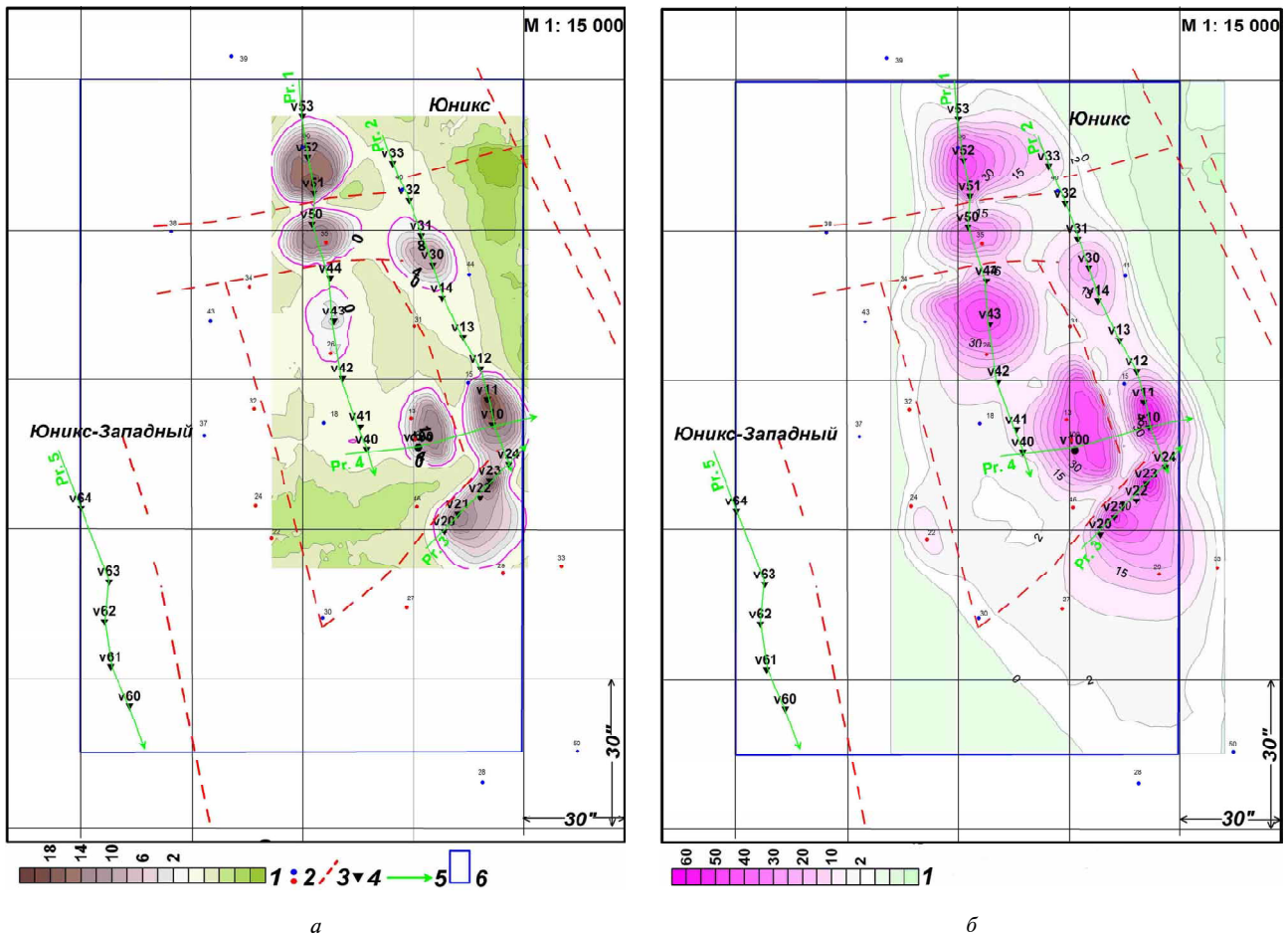


Рис. 5. Карты суммарной мощности anomalно поляризованных слоев, по результатам зондирования ВЭРЗ. Место-рождение Юникс: а – АПП типа “нефть”: 1 – шкала суммарной мощности АПП типа “нефть”, м; 2 – скважины; 3 – тектоническое нарушение; 4 – пункт ВЭРЗ; 5 – профиль ВЭРЗ; б – контур поисковой площади; б – АПП типа “газ” и “нефть”: 1 – шкала суммарной мощности АПП типа “газ” и “нефть”, м; остальные условные обозначения те же, что и на рис. а

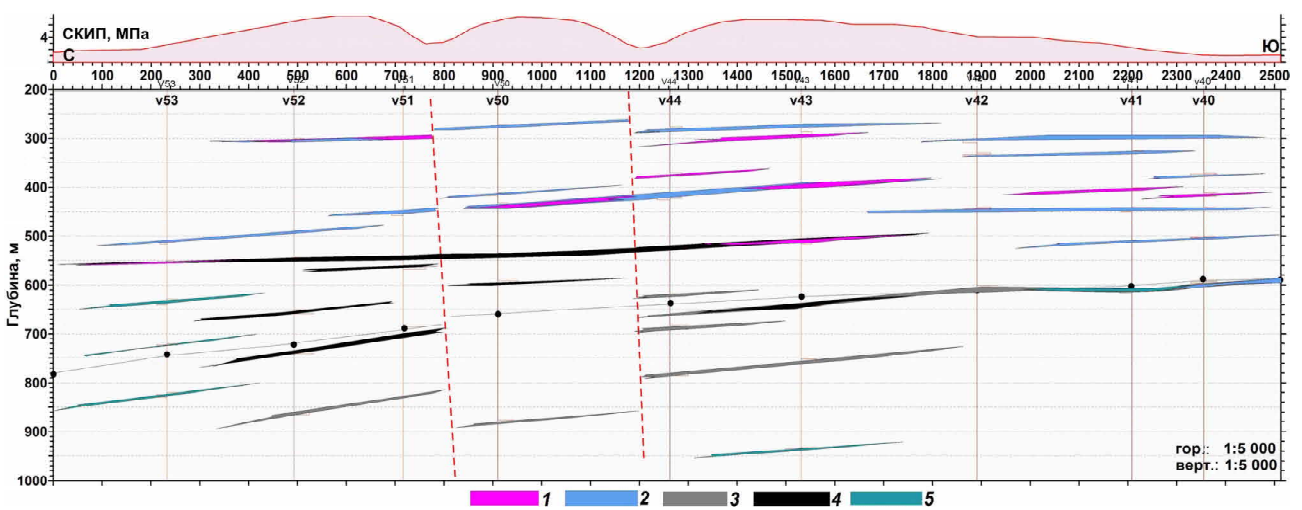


Рис. 6. Схематический вертикальный разрез anomalной зоны “Юникс”, по данным ВЭРЗ. Профиль 1. АПП типа: 1 – “газ”, 2 – “обводненный газ”, 3 – “нефть со слабым пластовым давлением”, 4 – “нефть с пластовым давлением равным или выше гидростатического”, 5 – “обводненная нефть”

лекторов, а также суммарные мощности АПП типа “газ”, “нефть” и “продуктивная нефть” (в этих коллекторах оценки пластового давления равны или выше гидростатического).

По данным зондирования в пределах АТЗ “Юникс” выделены шесть перспективных участков для поисков нефтяных залежей (см. рис. 2, 3). Суммарные мощности пластов АППн в отдельных участках приведены на диаграммах зондирования в пунктах, попадающих в эти локальные зоны.

Представленные графические материалы (карты и вертикальные геоэлектрические разрезы) дают основания предположить, что выделенные в разрезе АПП типа “нефть” и “газ” могут быть обусловлены скоплениями УВ в ловушках неструктурного типа.

Результаты наземных исследований в пределах АТЗ “Юникс-Западный” представлены на рис. 7 в более крупном масштабе – 1 : 6000. В ее пределах зафиксирован участок с относительно повышенными пластовыми давлениями.

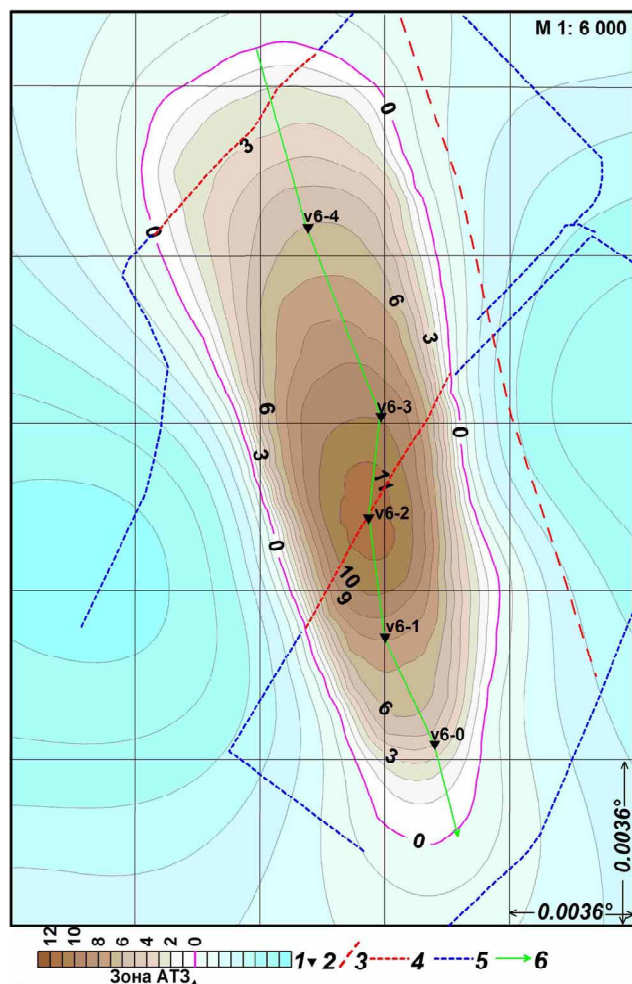


Рис. 7. Карта аномальных зон типа “нефтегазовая залежь” на участке “Юникс-Западный”, по результатам комплексной обработки полевых измерений методом СКИП и частотно-резонансного анализа данных ДЗЗ: 1 – шкала максимальных значений значений пластового давления в коллекторах, МПа; 2 – пункт ВЭРЗ; 3 – тектоническое нарушение; точки съемки СКИП: 4 – с положительными значениями, 5 – с отрицательными значениями; 6 – профиль ВЭРЗ

Зондирование проведено в пяти пунктах, расположенных вдоль субмеридионального профиля. По результатам ВЭРЗ построена схематическая карта суммарной мощности АПП типа “нефть” (рис. 8).

АТЗ “Юникс-Западный” пересечена вертикальным разрезом, построенным по профилю 5 (рис. 9). В пределах аномальной зоны может быть пробурена поисковая скважина.

Перспективными глубинами для поиска залежей нефти по геоэлектрическим данным можно считать интервал 660–810 м (район ВЭРЗ № v61, 62, 63) (рис. 7–9).

Выводы и рекомендации.

1. В результате проведенных геофизических работ на поисковом участке в районе месторождения Юникс выделены две аномальные зоны типа “залежь”. В пределах АТЗ “Юникс” наиболее перспективны для заложения поисковых скважин по геоэлектрическим данным участки с относительно повышенными оценками

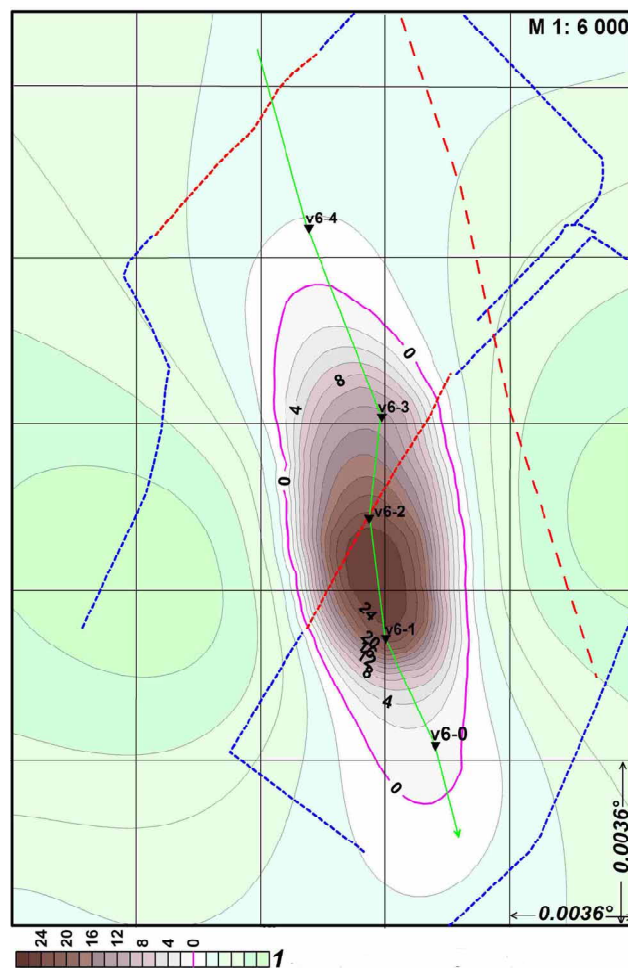


Рис. 8. Карта суммарной мощности АПП типа “нефть” на участке “Юникс-Западный”, по результатам зондирования ВЭРЗ: 1 – шкала суммарной мощности АПП типа “нефть”, м. Остальные условные обозначения см. на рис. 7

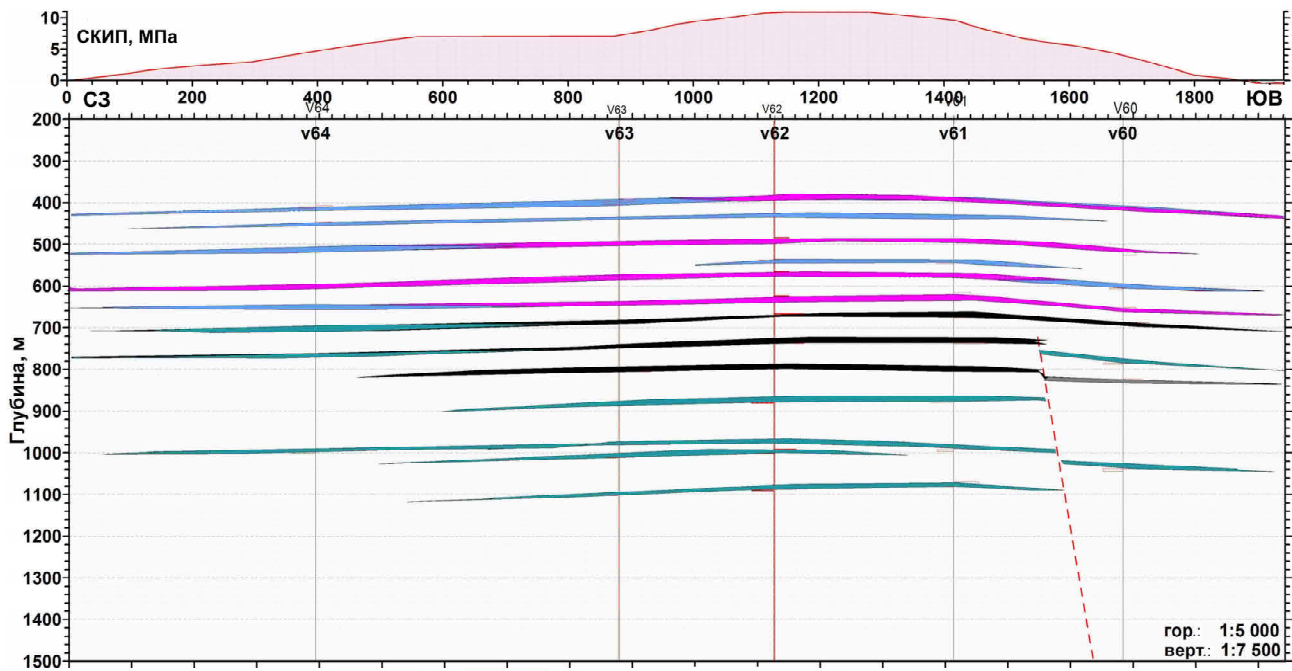


Рис. 9. Схематический вертикальный разрез аномальной зоны “Юникс-Западный”, по данным ВЭРЗ. Профиль 5. Условные обозначения см. на рис. 6

пластового давления – в районе пунктов ВЭРЗ № v10, v11, v21, v23, v30, v50, v51, v52 и восточнее пункта v100. В пределах АТЗ “Юникс-Западный” перспективными глубинами для поиска залежей нефти по геоэлектрическим данным можно считать интервал 660–810 м в районе пунктов ВЭРЗ № v61, 62, 63.

По данным исследований бурение глубоких скважин на месторождении (и всей площади работ) нецелесообразно.

2. Материалы дистанционных и геоэлектрических исследований на поисковом участке (карты и вертикальные геоэлектрические разрезы) позволяют предположить, что выделенные в разрезе участка АПП типа “нефть” и “газ” могут быть обусловлены скоплениями УВ в ловушках неструктурного типа.
3. Учитывая, что работы проводились в пределах нефтегазового месторождения непосредственно, можно с высокой степенью вероятности утверждать, что выявленные с помощью метода ВЭРЗ АПП типа “газ” и “нефть” связаны с залежами УВ.
4. В целом, в результате дистанционных и полевых работ оперативно получен значительный объем новой (дополнительной) информации, которая свидетельствует о целесообразности бурения на локальных участках закартированных аномальных зон поисковых скважин и позволяет определить оптимальные места для их заложения. Решающий фактор в пользу этого – наличие АТЗ, локальных зон с относительно повышенными значениями пласто-

вого давления и пачки АПП типа “нефть” и “газ” в разрезе.

5. Наземная съемка методом СКИП, а также метод ВЭРЗ могут использоваться в комплексе с другими геофизическими методами для выбора мест оптимального заложения параметрических, разведочных и эксплуатационных скважин.
6. Результаты опытных (дистанционных и геоэлектрических) работ на поисковом участке в районе месторождения Юникс еще раз подтвердили, что технология СКИП–ВЭРЗ может успешно применяться при поисках и разведке зон скопления УВ в пределах и в окрестностях разрабатываемых месторождений нефти и газа. Для авторов исследований вполне очевидно, что применение методов СКИП и ВЭРЗ на такого рода площадях и объектах позволяет оперативно и эффективно решать задачи, которые неоднократно решались при поисковых работах на нефть и газ в условиях Казахстана, Украины, России, Болгарии. В частности, отметим следующее:
 - а) наземной съемкой методом СКИП в автомобильном и пешеходном вариантах уверенно фиксируются и оконтуриваются геоэлектрические аномальные зоны типа “залежь”, что дает возможность выделять наиболее перспективные участки для детального изучения сейсморазведкой 3D, а также определять места оптимального заложения (в окрестностях максимальных значений аномалий СКИП) разведочных, параметрических и эксплуатационных скважин;

- б) вертикальным электрорезонансным зондированием в пределах контуров АТЗ выделяются АПП типа “нефть”, “газ”. На диаграммах зондирования фиксируются также и другие пласты положительной и отрицательной поляризации. При выполнении процедуры привязки отдельных интервалов диаграмм зондирования к конкретным комплексам пород, например, по данным ВЭРЗ в непосредственной близости к задокументированным параметрическим скважинам, последние (комплексы пород) могут уверенно проследиваться по площади. Отметим также, что за пределами контуров АТЗ зондированием АПП типа “нефть” и “газ” не выделяются. Это свидетельствует о том, что методы СКИП и ВЭРЗ эффективно дополняют друг друга.
7. Применение технологии СКИП–ВЭРЗ в комплексе геолого-геофизических методов поисков и разведки скоплений УВ в районах разрабатываемых месторождений будет способствовать повышению эффективности поисковых геолого-геофизических работ на нефть и газ в целом.
 8. Построение карт аномалий типа “залежь”, геоэлектрических разрезов, а также диаграмм и колонок ВЭРЗ по данным геоэлектрических исследований дает возможность сопоставить полученные данные с имеющимися материалами выполненных геолого-геофизических исследований и объективно оценить как информативность и ценность новой геолого-геофизической информации, так и эффективность и конкурентоспособность технологии СКИП–ВЭРЗ при решении нефтегазописковых задач.

Обсуждение результатов. Опыт проведения геофизических исследований на поисковой площади, а также на других объектах в различных регионах позволяет дополнительно к представленным выше материалам акцентировать внимание на следующем.

1. Картируемые мобильными геофизическими методами аномалии являются не чем иным, как проекцией расположенных в нижней части разреза залежей УВ на земную поверхность. В принципе, это обстоятельство позволяет оперативно выделять наиболее перспективные участки для детального изучения и разбуривания.
Аномальные зоны с повышенными значениями пластового давления еще более сужают площади (области) наиболее перспективных участков.
2. Наложение аномальных зон на структурную карту месторождения Юникс (см. рис. 3) показывает, что обнаруженные аномалии типа

“залежь нефти (газа)” могут быть расположены в разных частях закартированной структуры.

3. Подобная ситуация отмечается и для других районов. В частности, в [21, с.14] “...показано, что месторождения Широкого Приобья имеют гораздо более сложную структуру, чем предполагалось ранее, обусловленную дизъюнктивно-блоковым строением природных резервуаров... . Значительная часть скоплений УВ сосредоточена здесь не в своде, а на склонах и периклинальных окончаниях поднятий в тектонически экранированных ловушках. ... Обводненность сводовых скважин не означает бесперспективность участка, а свидетельствует о более сложном размещении залежей” [21].

Эти выводы подтверждаются также результатами исследований, опубликованными в [12].

Практические материалы еще раз подчеркивают важность и востребованность новой и независимой информации, которая может быть получена с использованием мобильных геофизических методов (технологии частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных ДЗЗ и нетрадиционных геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ в том числе).

4. Многие исследователи указывают на фрактальность месторождений УВ. В частности, в [2] установлены фрактальность большинства залежей и месторождений нефти и газа Западно-Сибирского нефтегазового бассейна и закономерная их приуроченность к активным фрактальным очагам геодинамики. Это наглядно демонстрируется в [2] картой накопленных отборов нефти на одном из месторождений региона.

Фрактальность невыработанных (остаточных) залежей УВ иллюстрируется рис. 1–3, 5.

Установленная фрактальность большинства залежей и месторождений нефти и газа указывает на важность проблемы выбора оптимальных мест заложения поисковых, разведочных и добывающих скважин. В связи с этим можно допустить, что определенный вклад в решение рассматриваемой проблемы может внести использование технологии оценки максимальных значений пластовых давлений по данным ДЗЗ.

5. Авторы геосолитонного механизма нефтегазообразования отмечают [1, 2, 20], что традиционные методы поиска и разведки, ориентированные на очень крупные по пространственным параметрам залежи, совершенно не эффективны для разведки малоразмерных залежей. Только предварительная высокоразрешающая объемная сейсморазведка (3D-сейсморазведка) может гарантировать ус-

пешное попадание разведочных и эксплуатационных скважин в малоразмерные залежи УВ, контролируемые отдельной субвертикальной зоной деструкции.

Согласно результатам экспериментальных исследований, мобильные геофизические технологии можно успешно использовать для обнаружения и картирования малоразмерных скоплений УВ.

6. В публикации [3] всесторонне анализируются и изучаются “природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений”. В ней обсуждается проблема формирования зон “Sweet spots” в областях распространения нетрадиционных коллекторов. В принципе, такими же зонами “Sweet spots” можно считать и показанные на рис. 2, 3, 5 аномальные участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах. В их пределах вероятность получения коммерческих притоков УВ из пробуренных скважин существенно выше.

Результаты ранее проведенных исследований [13] (и приведенные выше) позволяют авторам констатировать, что мобильные геофизические технологии также могут быть использованы для обнаружения и картирования зон “Sweet spots” [3] в областях распространения нетрадиционных коллекторов, в пределах которых из пробуренных скважин могут быть получены коммерческие притоки УВ.

Использование при поисках и разведке скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах мобильных методов и технологий, позволяющих получать новую информацию с “прямыми признаками нефтегазоносности”, будет способствовать существенному сокращению количества поисковых, разведочных и эксплуатационных скважин, а следовательно, и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Для Украины (и многих европейских стран) экологические вопросы при разработке УВ в нетрадиционных коллекторах имеют принципиальное значение.

7. Сопоставление закартированных аномальных зон с приближенными контурами опоискованных структур в Прикаспийском регионе [19] наглядно продемонстрировало ценность и важность новой информации, которую предоставляет метод частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных ДЗЗ. Эта дополнительная информация дает возможность существенно уменьшить (локализовать) участки первоочередных поисков скоплений УВ. Инновационный метод частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных ДЗЗ важно более активно ис-

пользовать в традиционном комплексе нефтегазопоисковых работ.

8. Для определения оптимальных мест заложения поисковых и разведочных скважин (особенно глубоких, на подсолевые залежи в том числе) следует также применять наземные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ. В последнее время они существенно усовершенствованы. Так, метод СКИП позволяет выделять и картировать аномальные зоны с повышенными значениями пластового давления, и, что особенно важно, усовершенствованный метод ВЭРЗ дает возможность оценивать значения пластового давления в отдельных АПП типа “нефть” и “газ”.

Представленные на рис. 4 результаты зондирования в интервале 0–6200 м свидетельствуют о нецелесообразности бурения глубокой скважины в пределах месторождения Юникс (и всей поисковой площади). На месторождении пробурены четыре скважины глубиной от 3600 до 5200 м, однако промышленные залежи УВ в глубинных горизонтах разреза этими скважинами не выявлены.

9. В пределах поисковой площади обнаружена и закартирована отдельная аномальная зона “Юникс-Западный” (рис. 7–9), которая не изучена бурением. Результаты исследований дают основания надеяться на обнаружение в ее пределах промышленных залежей нефти и газа. Это обстоятельство свидетельствует также о том, что в процессе доразведки участков (площадей) расположения разрабатываемых (и выведенных из эксплуатации) месторождений нефти и газа мобильными геофизическими методами могут быть выявлены и опоискованы пропущенные перспективные на обнаружение углеводородов объекты и отдельные залежи.
10. В районе расположения месторождения Юникс методом частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных ДЗЗ обследованы (опоискованы) еще четыре участка площадью соответственно 37, 51, 610 и 340 км². На них выявлены и закартированы аномальные зоны типа “залежь газа (нефти)” в пределах известных месторождений углеводородов, а также обнаружены новые объекты, перспективные на обнаружение залежей. Даны рекомендации по детальному обследованию (изучению) наиболее крупных аномальных зон (в том числе мобильными геофизическими методами).
11. На рис. 4, б представлены результаты зондирования ВЭРЗ в одном из пунктов месторождения Юникс в интервале глубин 1200–6200 м, выполненных с целью оценки перспектив обнаружения залежей нефти и газа в глубинных горизонтах разреза. Обратим внимание на то,

что в этом интервале зондирования выявлены АПП типа “обводненный газовый пласт”, “обводненный нефтяной пласт” и “нефтяной пласт со слабым пластовым давлением”. С одной стороны, наличие такого типа АПП в глубинной части разреза можно принять как свидетельство вертикальной миграции УВ в районе месторождения (АПП такого типа зафиксированы в интервале глубин свыше 5000 м). С другой стороны, можно допустить, что промышленные залежи УВ не сформировались в данном интервале разреза ввиду отсутствия надежных покрышек. Вполне допустим также вариант переформирования залежей в нижних горизонтах разреза вследствие нарушения герметичности покрышек во время последней тектонической перестройки региона. Напомним еще раз, что глубокими скважинами на месторождении продуктивные залежи УВ в этой части разреза не обнаружены.

Заключение. Результаты практической апробации (в том числе приведенные выше) мобильных геофизических технологий позволяют вполне обоснованно утверждать, что они могут использоваться для оперативной доразведки месторождений углеводородов, находящихся на поздней стадии разработки, а также выведенных из эксплуатации.

Результаты каждого нового практического применения технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ усиливают важность (значение) следующих ниже утверждений, которые неоднократно приводились авторами в различных документах и публикациях.

Сервисные компании геолого-геофизического профиля, проводящие поисковые геолого-геофизические работы на конкретных перспективных площадях и участках, могут (и должны!) быть заинтересованы в применении на начальных (рекогносцировочных) этапах поисковых работ мобильной технологии частотно-резонансной обработки и дешифрирования данных ДЗЗ. Использование этой технологии даст возможность оперативно получить дополнительную (и, главное, независимую) информацию о перспективах нефтегазоносности изучаемых площадей. Выявленные и закартированные аномальные зоны в дальнейшем могут быть более детально изучены традиционными (сейсмическими, в первую очередь) геофизическими методами, что в целом позволит более обоснованно и уверенно выделить перспективные участки для заложения поисковых скважин.

Нефтяные компании, операторы конкретных лицензионных участков и блоков также должны быть заинтересованы в использовании технологии частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ на различных этапах проведения поисковых геолого-разведочных работ.

Ее применение на начальных этапах поисковых работ позволит проводить в пределах обнаруженных и закартированных аномалий типа “залежь УВ” сейсмические исследования 3D повышенной детальности. Использование технологии для дополнительной оценки перспектив нефтегазоносности выявленных сейсморазведкой структур и объектов даст возможность оптимизировать расположение первых поисковых скважин. В целом, применение технологии приведет к оптимизированию геолого-разведочного процесса.

1. *Бембель Р.М.* Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов / Р.М. Бембель, В.М. Мегеря, С.Р. Бембель – Тюмень: Вектор Бук, 2003. – 344 с.
2. *Бембель С.Р.* Моделирование сложнопостроенных залежей нефти и газа в связи с разведкой и разработкой месторождений Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Тюмень, 2011. – 32 с.
3. *Вальев Б.М.* Природа и особенности пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений // Газ. пром-сть. Прил. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа. – 2012. – № 676. – С. 9–16.
4. *Карасевич А.М.* Новые технологии геофизических исследований при поисках и прогнозе углеводородного сырья / А.М. Карасевич, Д.П. Земцова, А.А. Никитин – М.: Страх. ревью, 2010. – 140 с.
5. *Карпов В.А.* Состояние и перспективы развития нефтегазопроисковых работ в Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2012. – № 3. – С. 2–6. <http://www.adc-tehnika.ru/content/iziskania/11288/Sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-neftegazopisokovykh-rabot-v-Zapadnoj-Sibirii/>
6. *Кринин В.А.* Применение геоэлектрических методов СКИП–ВЭРЗ для поисков нефти и газа в районе Ванкорского месторождения / В.А. Кринин, А.Л. Проскуряков, А.М. Пьявко, Н.П. Червоный, С.П. Левашов // Нефт. хоз-во. – 2011. – № 11. – С. 18–21.
7. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инженерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геол. журн. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
8. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
9. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оценки перспектив нефтегазоносности разведочных площадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
10. *Левашов С.П.* Оперативное решение задач оценки перспектив рудоносности лицензионных участков и территорий в районах действующих промыслов и руд-

- ных месторождений / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа // *Геоінформатика*. – 2010. – № 4. – С. 23–30.
11. *Левашов С.П.* Оперативное решение практических задач приповерхностной геофизики: от применения неклассических геоэлектрических методов до новой парадигмы геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2011. – № 1. – С. 22–31.
 12. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений пластового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы практического применения / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2011. – № 2. – С. 19–35.
 13. *Левашов С.П.* Возможности мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скоплений метана в угольных бассейнах и других нетрадиционных горючих ископаемых / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2011. – № 3. – С. 5–25.
 14. *Левашов С.П.* О целесообразности оперативной оценки перспектив обнаружения новых скоплений углеводородов на территории Украины по данным дистанционного зондирования Земли / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Там же. – 2011. – № 4. – С. 5–16.
 15. *Левашов С.П.* Методические аспекты применения технологии обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли при проведении поисковых работ на нефть и газ в акваториях / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, А.И. Самсонов, Д.Н. Божежа // Там же. – 2012. – № 1. – С. 5–16.
 16. *Левашов С.П.* Практические результаты применения оперативных дистанционных и мобильных геоэлектрических методов для нефтегазопроисковых работ / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Гео-*
 - логия и полез. ископаемые Мир. океана. – 2012. – № 1. – С. 66–87.
 17. *Левашов С.П.* Опыт применения специальной методики обработки спутниковых данных для обнаружения и картирования скоплений углеводородов в Прикаспии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.Н. Божежа, К.М. Таскинбаев // *Нефть и газ*. – 2012. – № 2(68). – С. 53–60.
 18. *Левашов С.П.* Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геофиз. журн.* – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
 19. *Левашов С.П.* Использование мобильных геофизических технологий для оценки перспектив нефтегазодности крупных блоков и глубинных горизонтов разреза (Прикаспийская впадина, Республика Казахстан) / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоінформатика*. – 2012. – № 4. – С. 5–18.
 20. *Мегеря В.М.* Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли: Монография. – М.: Локус Стэнди, 2009. – 256 с.
 21. *Сапрыкина А.Ю.* Особенности строения и формирования нефтяных залежей в связи с дизъюнктивно-блоковым строением верхнеюрских и неокомских природных резервуаров Широкого Приобья : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – М., 2002. – 14 с.
 22. *Шуман В.Н.* Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива / В.Н. Шуман, С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // *Геоінформатика*. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
 23. *Yakymchuk N.A.* Express-technology for direct searching and prospecting of hydrocarbon accumulation by geoelectric methods / N.A. Yakymchuk, S.P. Levashov, I.N. Korchagin / *Inter. petrol. technol. conf.*, 3–5 Dec. 2008. Kuala Lumpur, Malaysia. – Pap. IPTC-12116-PP. Conf. CD-ROM Proc. – 11 p.

¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина*

Поступила в редакцию 12.07.2013 г.

²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, Киев, Украина*

³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, Украина
E-mail: korchagin@karbon.com.ua*

ПРО МОЖЛИВОСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОРОЗВІДКИ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ НА ПІЗНІХ СТАДІЯХ РОЗРОБКИ

Наведено результати експериментального застосування мобільного методу обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та нетрадиційних геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) на пошуковій ділянці в районі відомого родовища вуглеводнів (ВВ). Показано, що мобільні методи можна успішно застосовувати для розвідки родовищ ВВ, які виведені з експлуатації або перебувають на пізній стадії розробки. Метод обробки даних ДЗЗ і площинне знімання СКІП дають змогу виявляти та картувати аномалії типу “поклад газу (нафти)”, а також виділяти в їх межах ділянки з підвищеними значеннями пластового тиску в колекторах. Глибини розміщення аномально поляризованих пластів типу “газ (нафта)” визначають зондуванням ВЕРЗ. Ці самі методи можна використовувати і для пошуків скупчень ВВ у нетрадиційних колекторах – вугленосних і кристалічних породах, сланцях, щільних пісковиках. Широке застосування оперативних мобільних технологій на різних етапах пошуків скупчень ВВ різного типу сприятиме прискоренню і оптимізації геологорозвідувального процесу загалом.

Ключові слова: дані дистанційного зондування Землі, обробка, інтерпретація, геоелектричне знімання, електро-резонансне зондування, аномалія типу “поклад”, газ, нафта, родовище.

ABOUT THE POSSIBILITY OF MOBILE GEOPHYSICAL TECHNOLOGIES USING FOR ADDITIONAL EXPLORATION OF HYDROCARBON DEPOSITS ON THE LATER STAGES OF DEVELOPMENT

The results of experimental application of mobile method of remote sensing (RS) data processing and nontraditional geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) on the prospecting area around the known deposits of hydrocarbons (HC) are given. They show that mobile methods can be successfully applied for the hydrocarbon deposits exploration, that are decommissioned or at the late stage of development. The method of RS data processing and the areal FSPEF method survey can be used for the anomaly of the “reservoir of gas (oil)” type detecting and mapping and for the areas with higher values of reservoir pressure in the collectors allocating within anomaly boundaries. The bedding depths and thicknesses of the anomalous polarized layers (APL) of “gas (oil)” type are determined by VERS sounding. The same techniques can also be used for the hydrocarbon accumulations searching in unconventional reservoirs – coal-bearing and crystalline rocks, shales, tight sandstones. The broad application of mobile operative technologies at various stages of different type hydrocarbon accumulations prospecting will accelerate and optimize the exploration process in general.

Keywords: remote sensing data, processing, interpretation, geoelectric survey, electric-resonance sounding, anomaly of “deposit” type, gas, oil, deposit.