

РЕЗУЛЬТАТЫ ДЕТАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЮ ПОИСКОВ СКОПЛЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРЕДЕЛАХ УКРАИНСКОГО ЩИТА

С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³, Д.Н. Божежа², Д.Р. Шуст⁴

¹*Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина*

²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле ИГН НАН Украины, пер. Лабораторный, 1, Киев 01133, Украина*

³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, пр. Паладина, 32, Киев 03680, Украина, e-mail: korchagin@karbon.com.ua*

⁴*ООО “Геофизика-777”, Киев, Украина*

Анализируются результаты применения технологии частотно-резонансной обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), а также геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) при поисках скоплений углеводородов (УВ) на трех поисковых участках (“Юг”, “Запад”, “Север”) в различных частях Украинского щита. В результате обработки данных ДЗЗ в пределах обследованных участков обнаружены и закартированы аномальные зоны типа “залежь нефти”, “залежь конденсата”, “залежь газа”. Аномалии подтверждены и детализированы съемкой методом СКИП. В их пределах глубины залегания аномально поляризованных пластов (АПП) типа “нефть”, “конденсат” и “газ” определены зондированием ВЭРЗ. Для всех участков по результатам детальных исследований оценены прогнозируемые ресурсы газа, газоконденсата и нефти. Для первоочередного разбуривания рекомендован поисковый участок “Север”. В его пределах выделена наиболее оптимальная зона для заложения поисковой скважины. Результаты исследований свидетельствуют, что мобильные методы могут применяться при поисках и разведке скоплений УВ в кристаллических массивах и в тектонически нарушенных (разломных) зонах кристаллического фундамента. С помощью мобильных геофизических технологий может быть выполнена оперативная оценка перспектив нефтегазоносности недостаточно изученных участков и площадей в различных регионах Украины.

Ключевые слова: геоэлектрическая съемка, электрорезонансное зондирование, аномалия типа “залежь”, газ, газоконденсат, разломная зона, кристаллический массив, фундамент, спутниковые данные, технология, прямые поиски, обработка, интерпретация.

Введение. В настоящее время в нефтегазовом секторе мировой экономики значительные материальные ресурсы выделяются на поиски, разведку и добычу нефти и газа в удаленных и труднодоступных регионах. Активные поисковые геолого-геофизические работы планируются также на шельфе Арктики. В освоенных районах ввиду исчерпанности крупных и средних структур (ловушек структурного типа) акцент делается на поиски и разведку малоразмерных и слабоконтрастных (перспективных) объектов, освоение больших глубин [4] и скоплений углеводородов (УВ) в коллекторах нетрадиционного типа – угленосных породах, сланцах, кристаллических породах и фундаменте осадочных бассейнов, плотных песчаниках и др. В связи с этим задача интенсификации, ускорения и оптимизации геолого-разведочного процесса поисков и разведки скоплений УВ различного типа является исключительно актуальной.

Решению данной задачи может содействовать, в определенной степени, применение в поиско-

вом геолого-разведочном процессе мобильных и оперативных геофизических технологий. Уже более десяти лет авторы проводят экспериментальные исследования, активно и целенаправленно применяя для оперативного решения широкого круга геолого-геофизических задач, в том числе поисков рудных и горючих полезных ископаемых, мобильные геоэлектрические методы становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) (экспресс-технология СКИП–ВЭРЗ) [7, 9–12, 17, 23].

Начиная с 2010 г. практические возможности технологии СКИП–ВЭРЗ для ускорения поискового процесса существенно расширены за счет включения в ее состав оригинального метода частотно-резонансной обработки и интерпретации (дешифрирования) данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [13–17] с целью прямых поисков полезных ископаемых. Этот метод позволяет обнаруживать аномальные зоны типа “залежь нефти”, “залежь газа”, “залежь газогидра-

тов” и др. В контурах выявленных аномалий с помощью дополнительной методики выполняется предварительная оценка максимальных значений пластовых давлений в нефтегазовых коллекторах [14]. Применение частотно-резонансной технологии обработки данных ДЗЗ в комплексе с методами СКИП и ВЭРЗ позволяет существенно сократить как сроки проведения наземных полевых работ в удаленных и труднодоступных регионах (тундра, тайга, горные участки, мелководная часть шельфа и т. д.), так и их стоимость.

Перечисленные выше отдельные методы и вся мобильная технология в целом прошли широкую апробацию на известных месторождениях нефти и газа, а также на перспективных для обнаружения скоплений УВ и рудных минералов площадях. В частности, в 2009–2011 гг. геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ применялись для поисков нефти и газа на пяти лицензионных площадях в районе Ванкорского нефтегазового месторождения (Красноярский край, Россия) [7].

Мобильная технология применялась и активно используется в последнее время при поисках скоплений УВ в нетрадиционных коллекторах – породах угленосных бассейнов, сланцах, кристаллических породах, плотных песчаниках [10, 15, 18–20]. Большой объем экспериментальных исследований выполнен авторами и в пределах Украинского щита (УЩ) [20]. Такого рода исследования представляют существенный интерес. С одной стороны, они могут способствовать открытию [3] “нового возможного нефтегазоносного этажа земной коры”, с другой – обнаружение значительных скоплений УВ в пределах щитов может быть одним из весомых (дополнительных) аргументов их глубинного (эндогенного) происхождения.

Результаты поисков возможных скоплений УВ в кристаллических породах (в том числе в пределах УЩ) наиболее полно представлены в материалах и публикациях [20] в рамках проекта “Глубинная нефть” [<http://www.deerpoil.ru/>]. Настоящую статью следует считать продолжением исследований авторов в этом направлении. В ней анализируются результаты применения мобильных методов для детального изучения трех объектов в различных частях УЩ, перспективных на обнаружение промышленных скоплений УВ.

Отличительные особенности исследований. Целесообразность обобщения результатов проведенных экспериментальных работ обусловлена, по мнению авторов, следующим.

1. В силу господства биогенной теории происхождения нефти и газа целенаправленные поисковые работы на УВ в пределах щитов практически не проводились. В связи с этим отсутствует практический опыт выполнения такого рода работ: не разработаны методики и

не определен комплекс традиционных геофизических методов, который позволит эффективно решать поисковые задачи в указанных условиях.

2. Разработанные и постоянно совершенствующиеся авторами мобильные и малозатратные геофизические технологии “прямых” поисков скоплений УВ дали возможность провести серию экспериментальных поисковых работ рекогносцировочного характера в пределах УЩ [20].
3. В первой половине 2013 г. на поисковых площадях “Север”, “Юг” и “Запад” (район УЩ, Киевская обл.) выполнены детальные исследования с использованием частотно-резонансного метода обработки данных ДЗЗ и геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ. Основные задачи исследований:
 - а) подтверждение наличия перспективных объектов (аномальных зон) частотно-резонансным методом обработки и интерпретации ДЗЗ;
 - б) проведение в пределах подтвержденных аномальных зон наземных геоэлектрических исследований методами СКИП и ВЭРЗ с целью детального изучения обнаруженных объектов и предварительной (приближенной) оценки потенциальных ресурсов нефти, газа, газоконденсата;
 - в) выбор наиболее оптимального объекта на трех поисковых площадях для заложения первой поисковой скважины;
 - г) выбор оптимального участка заложения первой поисковой скважины в пределах первоочередного объекта для разбуривания.

В целом, по объему выполненных полевых измерений и их детальности, проведенные экспериментальные исследования в районе УЩ можно считать уникальными.

4. В работе [22, с. 1720] указывается, что “...закономерности нефтегазоносности недр Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции даны с позиций их глубинного абиогенно-мантийного генезиса (1), молодого возраста и среднемиоцен-четвертичного времени формирования (2) и, наконец, генетической и пространственной связи с активизированными на неотектоническом этапе сдвиговыми деформациями земной коры (3)”. Многие положения концепции автора цитируемой статьи можно применить для объяснения условий образования исследованных объектов.
5. В настоящее время также активно исследуются проблемы, связанные с нетрадиционными скоплениями УВ, к которым, согласно [2], относятся и залежи УВ в кристаллических породах (фундаменте, щитах).

6. В информационных сообщениях [26, 27] приводятся сведения о результатах бурения в 2012 г. на шельфах Норвегии и Англии. На шельфе Норвегии в 2012 г. пробурено 43 поисковые и разведочные скважины, сделано 14 открытий [26]. Бурение 66 скважин в это же время на шельфе Англии привело только к двум открытиям [27]! В 2012 г. четыре скважины пробурены на шельфе Намибии, коммерческие притоки УВ в них не получены [25].
7. Публикация результатов детальных исследований может способствовать повышению интереса нефтяных компаний к проведению поисковых исследований на УВ в пределах кристаллических массивов и щитов, а также к привлечению потенциальных инвесторов для бурения на наиболее перспективных объектах. Не секрет, что только при получении промышленных (коммерческих) притоков потенциальные недропользователи могут проявить существенный интерес к проблеме изучения перспектив нефтегазоносности щитов и кристаллических массивов.

Перечисленное выше свидетельствует о том, что проблемы поисков скоплений УВ в кристаллических породах непосредственно и применение мобильных геофизических технологий для ускорения и оптимизации поискового процесса актуальны и заслуживают внимания и обсуждения.

О мобильных геофизических методах. Мобильная технология, включающая частотно-резонансный метод обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ [13–17], а также наземные геоэлектрические методы СКИП и ВЭРЗ [7, 9–12, 17, 23], позволяет оперативно решать следующие задачи: а) выявлять аномалии типа “залежь” (АТЗ), которые могут быть обусловлены скоплениями УВ, рудными полезными ископаемыми или водоносными коллекторами в разрезе; б) определять глубины залегания и мощности аномально поляризованных пластов (АПП) типа “нефть”, “газ”, “рудноносный пласт” (золото, серебро, цинк, уран и др.), “водоносный горизонт”; в) проводить в сжатые сроки рекогносцировочные обследования крупных по площади или труднодоступных нефтегазоперспективных и рудоперспективных территорий; г) выполнять детализационные работы в пределах отдельных аномальных зон и на перспективных объектах с целью выбора мест заложения скважин, оценки прогнозных ресурсов УВ и рудных минералов, принятия решений о направлениях дальнейших геолого-геофизических работ и бурения; д) обнаруживать и картировать в пределах шахтных полей зоны повышенного газонасыщения в угольных пластах и вмещающих их породах; е) проследивать разломные зоны и картировать скопления УВ в нарушенных частях кристалли-

ческого фундамента, а также в кристаллических массивах; з) проводить нефтегазопроисковые работы с борта судна в акваториях морей, и др.

Мобильная технология прошла широкую апробацию на более чем 150 рудных объектах, месторождениях нефти и газа и перспективных на различные полезные ископаемые площадях в разных регионах мира [7, 9–20, 23].

Отличительные особенности мобильной технологии детально охарактеризованы в публикациях [17, 20]. Вопросы теоретического обоснования геоэлектрических методов СКИП и ВЭРЗ анализируются в работах [23, 24]. Феноменологическое описание базовых принципов технологии зондирования ВЭРЗ изложено в международном патенте [28].

Результаты детальных исследований. Обращаем внимание на то, что все три поисковых участка – “Юг”, “Запад” и “Север”, были обнаружены ранее с помощью мобильной технологии “Поиск” [6]. Детальные геофизические исследования с целью выбора участка для бурения и места заложения поисковой скважины проводились в их пределах поэтапно, в одинаковой последовательности. На начальном этапе изучения каждого поискового участка выполнялась оценка перспектив его нефтегазоносности по результатам обработки и интерпретации данных ДЗЗ (спутниковых данных). По материалам обработки и дешифрирования данных ДЗЗ оценивалась целесообразность проведения на площади участков наземных полевых работ детализационного характера мобильными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ. На втором (заключительном) этапе работ выполнялось детальное обследование обнаруженных перспективных аномальных объектов наземными геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ.

По результатам наземных геоэлектрических исследований проводилась оценка возможных ресурсов газа, газоконденсата и нефти в прогнозируемых коллекторах.

Ниже результаты исследований представляются в порядке их получения.

Поисковый участок “Юг”. Общие сведения. Участок расположен на юге Киевской обл. В тектоническом плане участок “Юг” находится в зоне Росинско-Тикичского мегаблока УЩ. Площадь работ пересекает большая по протяженности зона тектонического разлома. По литературным данным, в пределах участка породы щита сложены гранитоидами кировоградского комплекса, метабазитами, метаморфическими породами неоархей, мигматитами (гнейсами, амфиболитами, сланцами). В гранитоидах встречаются дайковые комплексы, выявлены процессы палеовулканизма.

Обработка данных ДЗЗ. Частотно-резонансным методом обработки и интерпретации данных ДЗЗ

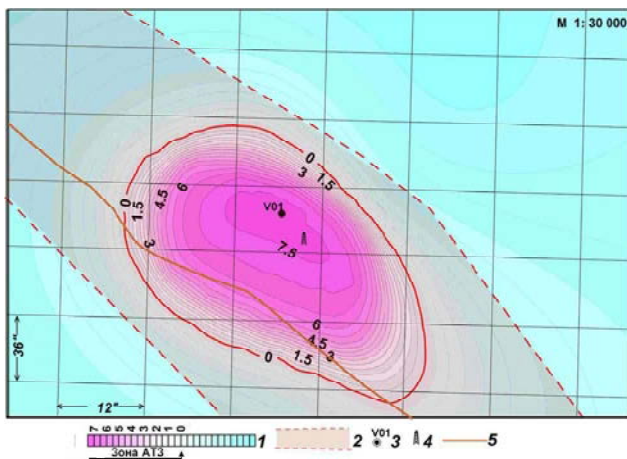


Рис. 1. Карта аномальной зоны типа “залежь газа” “Gas-4” в районе поисковой площади “Юг” (обработка данных ДЗЗ): 1 – шкала интенсивности аномального отклика в единицах максимального значения пластового давления в коллекторах, МПа; 2 – зона тектонического нарушения; 3 – центр аномальной зоны (точка вертикального сканирования); 4 – положение поисковой скважины по данным технологии “Поиск”; 5 – дорога

на участке выделена зона тектонического нарушения. Ширина зоны порядка 300–500 м, простирается северо-западное (рис. 1). В зоне нарушения зафиксированы две небольшие аномальные зоны типа “залежь газа”, в том числе на участке аномалии “Gas-4” (рис. 1). Эти аномалии практически совпали с объектами, выделенными технологией “Поиск” [6]. Оценки максимальных значений пластового давления “газа” в выявленных аномальных зонах составляют порядка 7,0–7,5 МПа.

Центральная часть аномальной зоны Gas-4 расположена в 60 м северо-восточнее точки, установленной для бурения технологией “Поиск”. В этой точке проведено вертикальное сканирование разреза по данным ДЗЗ до глубины 750 м. Сканированием выделены: рыхлые осадочные породы в интервале глубин 0–80 м; трещиноватые гранитоиды – 80–210 м; наклонная зона тектонического нарушения (зона дробления и выветрелых пород) – 210–690; плотные (ненарушенные) гранитоиды – ниже 690 м.

В зоне выветрелых гранитоидов выделено четыре интервала, перспективных для поисков залежей газа: 250–330; 350–365; 560–585; 650–675 м.

Наземная съемка методом СКИП. Полевые геоэлектрические работы методами СКИП и ВЭРЗ на площади проведены в январе 2013 г. с целью детального картирования аномальных зон и определения глубины залегания возможных газовых залежей.

Съемка методом СКИП проводилась по профилям, проложенным через аномальную зону, выделенную по результатам обработки данных ДЗЗ. По материалам съемки построена карта геоэлектрической аномалии типа “газовая залежь” в изолиниях максимальных значений пластового

давления (рис. 2). Аномалия вытянута в северо-западном направлении. По данным СКИП, максимальное значение аномалии (9,0 МПа) зафиксировано в районе точки V02.

Перспективной поисковой площадью можно считать зону, оконтуренную изолинией 3,0 МПа (рис. 2). Площадь зоны 34,6 км².

Исходя из полученных значений пластового давления, можно предположить, что газосодержащие пласты могут находиться не глубже 800–900 м.

Зондирование методом ВЭРЗ. На участке обследования в 14 пунктах зондированием определены интервалы глубин залегания АПП типа “газосодержащий пласт”, “обводненный горизонт”, уточнены глубины неоднородностей в теле гранитоидов.

По результатам ВЭРЗ построена карта суммарной мощности АПП типа “газовая залежь” (рис. 3) (максимальные значения суммарной мощности зафиксированы в точке V04). Максимальные значения на карте давлений (см. рис. 2) и карте мощностей АПП (см. рис. 3) не совпадают, что может быть обусловлено наличием тектонического нарушения, проходящего между точками V01–V04. Район точки V04 скорее всего выделяется отдельным небольшим блоком.

По карте суммарной мощности АПП (рис. 3) внутри изолинии 20 м определена область, перспективная для проведения поисковых работ. Площадь поисковой зоны 34,59 км². Общий объем пластов АПП 0,4758 км³.

Полученный объем пластов АПП позволяет приблизительно оценить возможные ресурсы прогнозируемой залежи газа. Так, если принять пористость трещинного коллектора 10 %, а среднюю величину пластового давления – 7,0 МПа, то приближенная оценка ресурсов газа составит: $Q = 0,4758 \cdot 0,1 \cdot 70 = 3,33$ млрд м³.

Зондированием определены также глубины до кровли гранитоидных пород. Для территории аномальной зоны построены карты глубин кровли пород фундамента. В районе центральных точек V02, V01 глубина до кровли составляет около 90 м. В юго-западном направлении глубина залегания кровли фундамента уменьшается. В целом по площади она изменяется от 120 до 40 м.

По результатам зондирования построено 14 вертикальных колонок АПП. Практически на всех колонках в интервале глубин примерно 300–700 м выделено 5 АПП типа “газ”. Результаты зондирования в центральной точке аномалии (пункт V02) показаны на рис. 4.

По материалам ВЭРЗ построены четыре вертикальных корреляционных разреза: профили 1 (рис. 5) и 2 – поперёк аномалии, профили 3 и 4 – параллельно длинной оси аномальной зоны. На поперечных профилях 1 и 2 вырисовывается

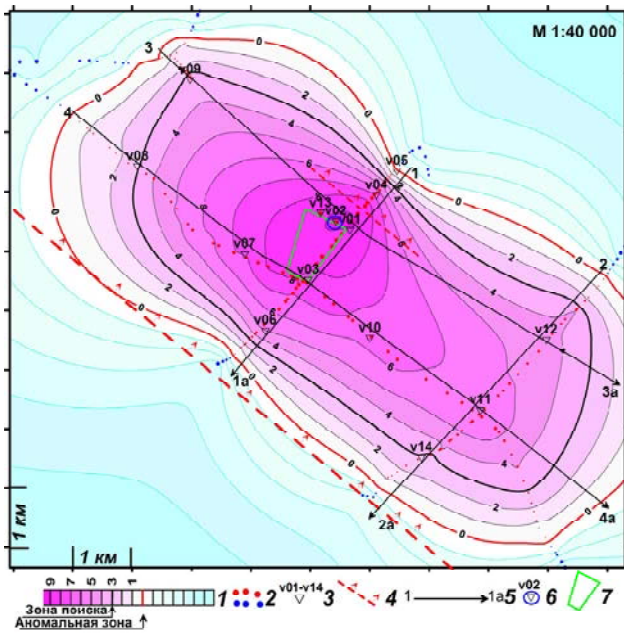


Рис. 2. Карта аномальной геоэлектрической зоны типа “газовая залежь” на поисковой площади “Юг” (по данным метода СКИП). 1 – шкала значений максимального литостатического давления, МПа; 2 – пункты съёмки СКИП (красные – положительные значения, синие – отрицательные); 3 – пункт ВЭРЗ; 4 – наклонное тектоническое нарушение; 5 – линия вертикального разреза; 6 – зона бурения поисковой скважины; 7 – участок расположения скважины

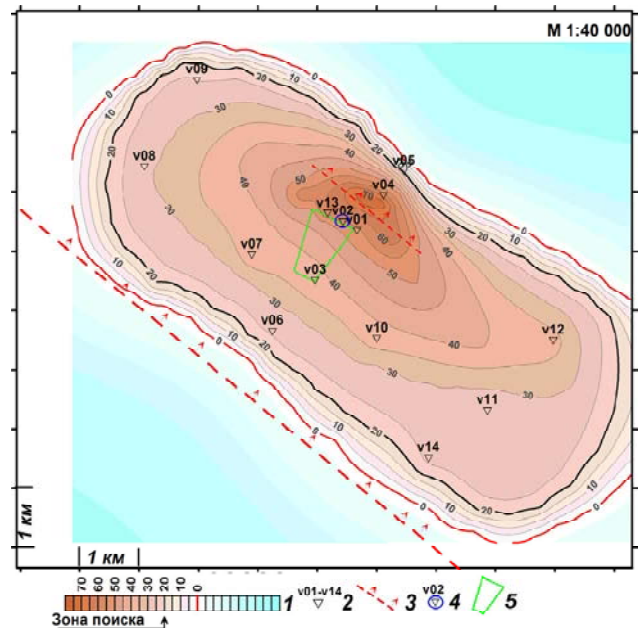


Рис. 3. Карта суммарной мощности АПП типа “газовая залежь” в пределах аномальной геоэлектрической зоны на поисковой площади “Юг” (по данным метода ВЭРЗ): 1 – шкала суммарной мощности АПП типа “газ”, м; 2 – пункт ВЭРЗ; 3 – наклонное тектоническое нарушение; 4 – зона бурения поисковой скважины; 5 – участок расположения скважины

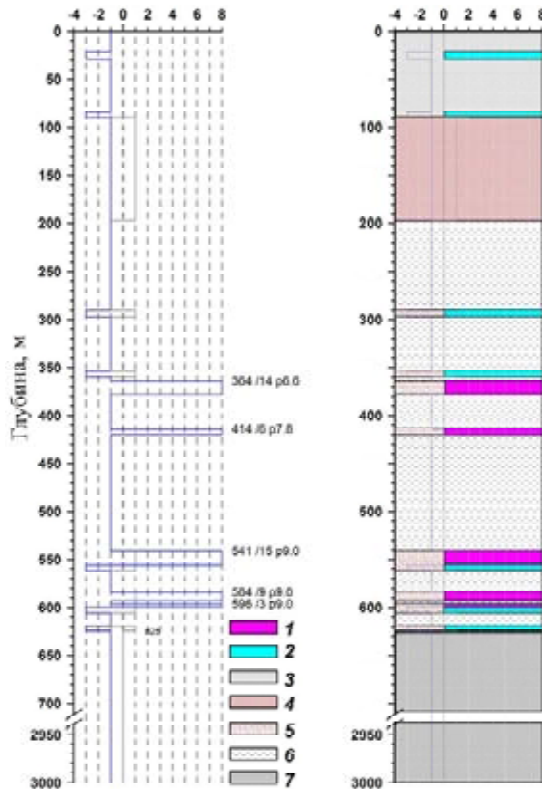


Рис. 4. Результаты вертикального электрозондирования в пределах аномальной зоны на поисковой площади “Юг”. Точка V02: 1 – АПП типа “газ”; 2 – АПП типа “водоносный горизонт”; 3 – осадочный комплекс; 4 – граниты? (комплекс-1); 5 – зона трещиноватых гранитоидов (конгломерат) (коллектор); 6 – зона выветрелых гранитов?, метаморфические породы с пропластками конгломератов? (комплекс-2); 7 – интрузив? (ультраосновные породы?) (комплекс-3)

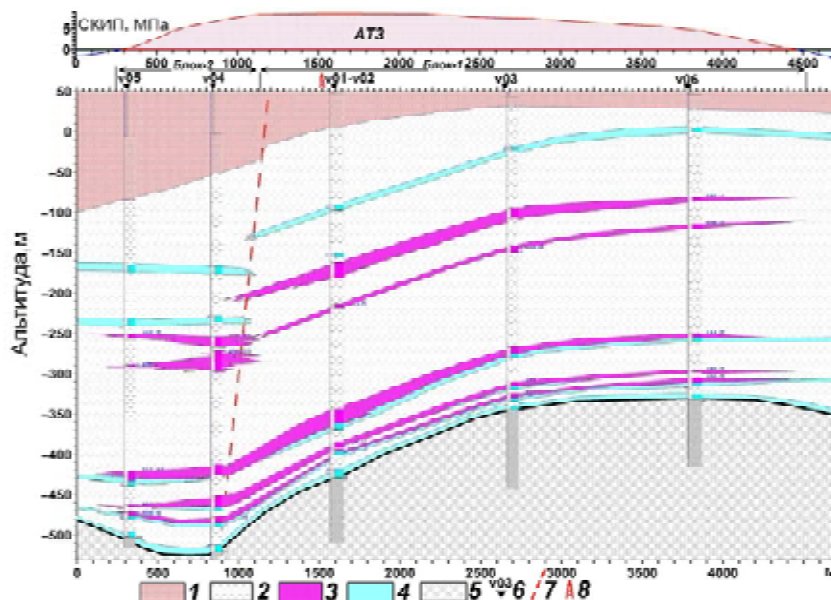


Рис. 5. Вертикальный корреляционный разрез аномальной геоэлектрической зоны типа “газовая залежь”. Профиль 1, площадь “Юг” (по данным метода ВЭРЗ): 1 – граниты (комплекс-1); 2 – зона выветрелых гранитов? (метаморфический комплекс?) (комплекс-2); 3 – АПП типа “газ”; 4 – АПП типа “вода”; 5 – интрузив? (комплекс-3); 6 – точка ВЭРЗ; 7 – тектоническое нарушение; 8 – положение поисковой скважины

положительная структурная зона, которая может быть связана с внедрением интрузивного тела. Сверху над интрузивным телом расположена “шапка” нарушенных пород, которые могут формировать коллекторы трещинного типа.

При остывании интрузивного тела могли также образовываться латеральные тектонические нарушения.

В интервале глубин зондирования от 0 до 3000 м выделено (условно) четыре комплекса пород:

- а) осадочный комплекс + кора выветривания – от 40 до 120 м;
- б) комплекс 1 (граниты кировоградского комплекса?) – 100–200 м;
- в) комплекс 2 (нарушенная зона с трещинными коллекторами, предположительно метаморфические породы? (гнейсы, амфиболиты, сланцы)) – 200–700 м;
- г) комплекс 3 (плотные породы дайкового комплекса?) – 700 м прослежен до глубины 3000 м.

Поисковый участок “Запад”. Общие сведения. Участок расположен на западе Киевской области. В тектоническом плане находится на западном фланге Росинско-Тикичского мегаблока УЩ.

По данным ВЭРЗ, мощность осадочного комплекса на участке колеблется от 70 до 120 м. Наибольшая мощность осадков установлена в долине реки, протекающей через участок в северо-западном направлении.

В осадочном комплексе выделено два водоносных горизонта: один – на глубинах от 6 до 12 м; второй – вдоль кровли гранитоидов, в зоне выветрелых пород.

Обработка данных ДЗЗ. Частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ на поиско-

вой площади обнаружена крупная аномальная зона типа “залежь газоконденсата” с относительно повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах (рис. 6). Тектоническим нарушением северо-восточного простирания (вдоль реки) аномальная зона разбита на два фрагмента – Западный и Восточный.

Оценены интервалы глубин поисков прогнозируемых залежей газоконденсата по результатам вертикального сканирования данных ДЗЗ в точке V1: 1) 1660–1715; 2) 1780–1835; 3) 2120–2135; 4) 2700–2760; 5) 3835–3865 м.

Наземная съемка методом СКИП. Полевые геоэлектрические работы методами СКИП и ВЭРЗ на площади проведены в марте–апреле 2013 г.

По данным съемки СКИП аномальная зона также разделена на два блока, которые расположены по разные стороны тектонического нарушения (рис. 6), – Западный и Восточный. По площади аномалия Восточного блока в 2 раза больше аномалии Западного блока. В пределах Восточного блока расположен небольшой участок, который может быть использован для отвода земли под разведочную скважину. Этот блок исследован детальнее.

Максимальное пластовое давление в двух блоках равно 30 МПа. С учетом этого, а также характера изменения гидростатического давления с глубиной в интервале от 0 до 3000 м выполнены работы ВЭРЗ с целью определения интервалов глубин залегания прогнозируемых скоплений газоконденсата.

Вертикальное электрорезонансное зондирование. Выполнено в пяти точках (четыре точки – в пределах Восточного блока, одна – Западного) (рис. 6, 7).

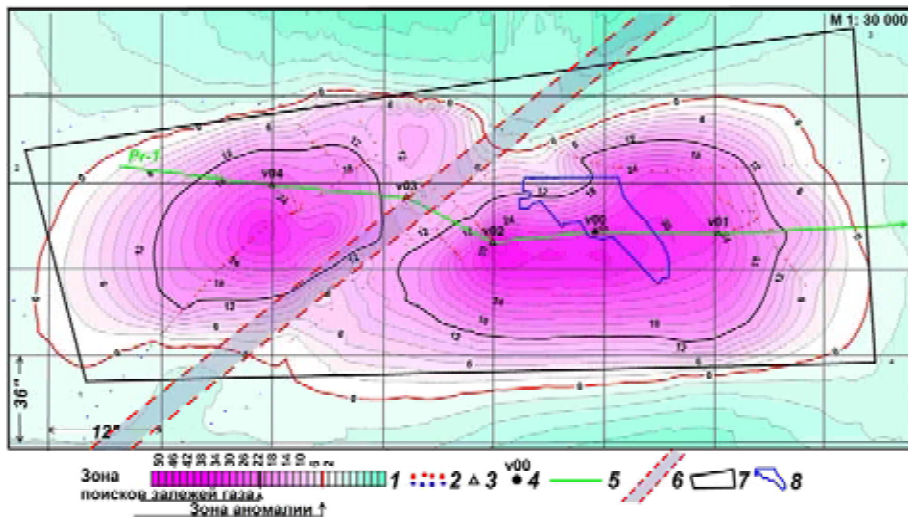


Рис. 6. Карта аномальных геоэлектрических зон типа “газоконденсатная залежь” на поисковом участке “Запад” (по результатам съемки СКИП и частотно-резонансного анализа данных ДЗЗ): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – точки съемки СКИП (красные – положительные (аномальные) значения, синие – отрицательные); 3 – точка ВЭРЗ; 4 – точка возможного расположения скважины; 5 – линия вертикального профиля; 6 – зона тектонического нарушения; 7 – контур участка; 8 – локальный участок

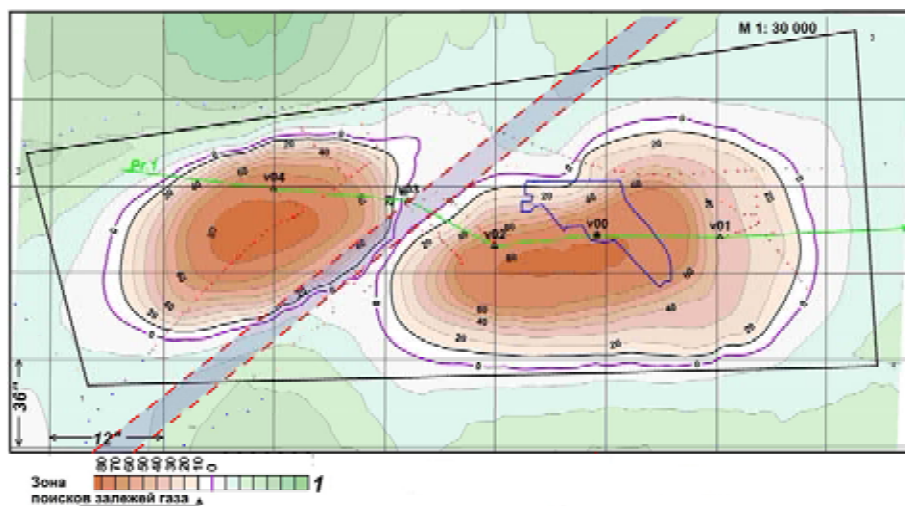


Рис. 7. Карта суммарной мощности АПП типа “газоконденсатная залежь” на поисковом участке “Запад” (по результатам зондирования ВЭРЗ): 1 – шкала суммарной мощности АПП, м. Остальные условные обозначения см. на рис. 6

По данным зондирования для двух блоков построена карта суммарной мощности АПП типа “газоконденсат” (рис. 7). В центральных частях аномальных зон суммарная мощность достигает 80 м. Контур (изолинии) мощностей пластов нанесены также на топографическую карту местности и на спутниковый снимок участка.

По данным ВЭРЗ через поисковый участок построен корреляционный вертикальный разрез (рис. 8).

По данным зондирования в Восточном блоке выделено два основных поисковых интервала глубин (рис. 8). В первом интервале (1680–2250 м) установлено шесть АПП типа “газоконденсат” мощностью от 3 до 10 м. Пластовое давление для всех пластов выше гидростатического. В нижних частях пластов обнаружены зоны водных горизонтов (увлажненные зоны). Во втором интервале (2700–2800 м) выделено три АПП типа “газокон-

денсат” мощностью от 7 до 12 м. Пластовое давление здесь также выше гидростатического.

В Западном блоке АПП расположены ближе к поверхности (рис. 8). В первом интервале (925–1040 м) зафиксировано два пласта мощностью 4 и 6 м, во втором (1600–2320 м) – восемь пластов мощностью от 3 до 15 м. Наиболее перспективные горизонты расположены в интервале 1600–1700 м.

Пластовое давление АПП в пределах двух блоков немного выше гидростатического.

Акцентируем внимание на то, что в водоносных горизонтах загрязнений углеводородами не установлено. Таким образом, аномальные геоэлектрические зоны не связаны с техногенным загрязнением территории и отображают естественное проявление возможной ловушки газоконденсата в зоне дробления гранитных пород.

Общая площадь двух аномальных зон по данным зондирования ВЭРЗ и данным съемки

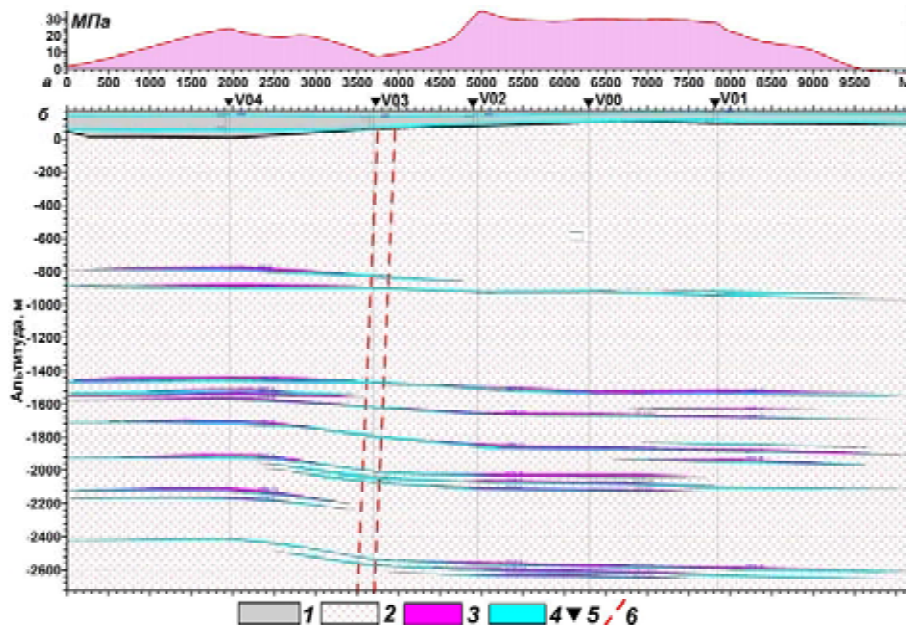


Рис. 8. Вертикальный корреляционный разрез “газоконденсатных залежей” на поисковом участке “Запад”: 1 – осадочный комплекс; 2 – гранитоиды; 3 – АПП типа “газоконденсат”; 4 – АПП типа “увлажненный горизонт”; 5 – пункт ВЭРЗ; 6 – зона тектонического нарушения

СКИП равна 21,39 км². Для расчета потенциальных ресурсов взят ее фрагмент, где суммарная мощность АПП превышает 10 м. Эта площадь равна 17,39 км².

Общий объем “ловушки” газоконденсата для площади 21,39 км² составляет 0,8622 км³. Для расчетной площади 17,39 км² объем равен 0,668 км³.

Для значений коэффициента пористости $K=0,1$ (условное) и температурного коэффициента $T=0,8$ оценка потенциальных ресурсов газоконденсата составляет 55,44 млн т.

Поисковый участок “Север”. Общие сведения.

Поисковый участок расположен на северо-востоке Киевской области. По данным зондирования ВЭРЗ, мощность осадочного комплекса на участке колеблется от 515 до 580 м. Ниже залегает гранитный комплекс пород (граниты житомирского типа). В центральной части площади мощность осадочного комплекса наименьшая, на краевых частях увеличивается. В зоне контакта осадочных пород и гранитов зафиксирована увлажненная зона выветрелых гранитов.

Целесообразно также добавить, что на двух других поисковых площадях – “Юг” и “Запад”, мощность осадочных отложений еще меньше – первые сотни метров, а потому можно утверждать, что здесь отсутствуют так называемые нефтематеринские комплексы (свиты).

В направлении запад–восток поисковый участок пересекает автомобильная дорога. К югу от дороги на расстоянии 500–600 м выделена мощная зона тектонического нарушения гранитных пород субширотного простираения. На поверхности зона тектонического разлома фиксируется в низине, вдоль осушительных каналов болотистой местности.

Обработка данных ДЗЗ. Практически в центральной части поисковой площади по результатам традиционной обработки данных ДЗЗ установлена крупная по размерам аномальная зона относительно повышенной температуры на поверхности Земли. Данная температурная аномалия не связана с техногенными факторами и особенностями ландшафта и рельефа. Можно предположить, что она обусловлена процессами вертикальной миграции УВ и их окислением в приповерхностной зоне почв (зоне аэрации).

В дальнейшем частотно-резонансным методом обработки и дешифрирования данных ДЗЗ на поисковой площади обнаружена крупная аномальная зона типа “залежи нефти, газа и газоконденсата” с относительно повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах (рис. 9).

По результатам сканирования данных ДЗЗ в точке V1 установлены следующие интервалы глубин для поисков прогнозируемых залежей УВ: 1) 1510–1520; 2) 2440–2450; 3) 2510–2525; 4) 3090–3750; 5) 3700–3750; 6) 3875–3900 м.

Наземная съемка методом СКИП. Измерения методом СКИП проводились в модификации “автомобильная съемка”. Участок поисковой площади обследован серией съемочных профилей. Пункты съемки по профилю расположены друг от друга на расстоянии 50–100 м (рис. 10). По результатам съемки определена геоэлектрическая аномальная зона площадью 24 км².

Общая аномальная зона зафиксирована как нефте- и газоконденсатная залежь. В центральной части аномалии выделена аномальная зона типа “свободный газ” площадью 6 км². Можно предположить, что эта аномальная зона обуслов-

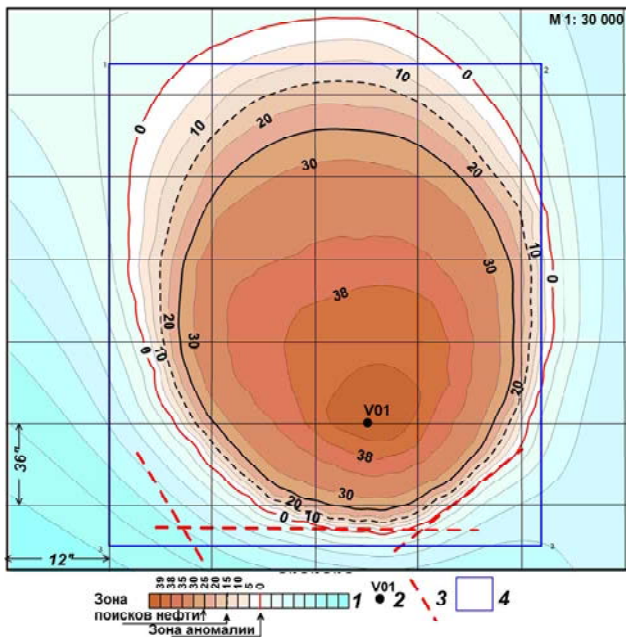


Рис. 9. Карта аномальных зон типа «нефтяная залежь» на поисковом участке «Север» (обработка данных ДЗЗ): 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – точка вертикального сканирования; 3 – тектоническое нарушение; 4 – участок работ

лена «газовыми шапками» над пластами прогнозируемых залежей нефти и газоконденсата.

Вертикальное электрорезонансное зондирование. По результатам зондирования закартированной аномальной зоны в 10 пунктах (рис. 10, 11) выполнено следующее:

- глубина до кровли гранитных пород (фундамента), а следовательно, мощность осадочных по-

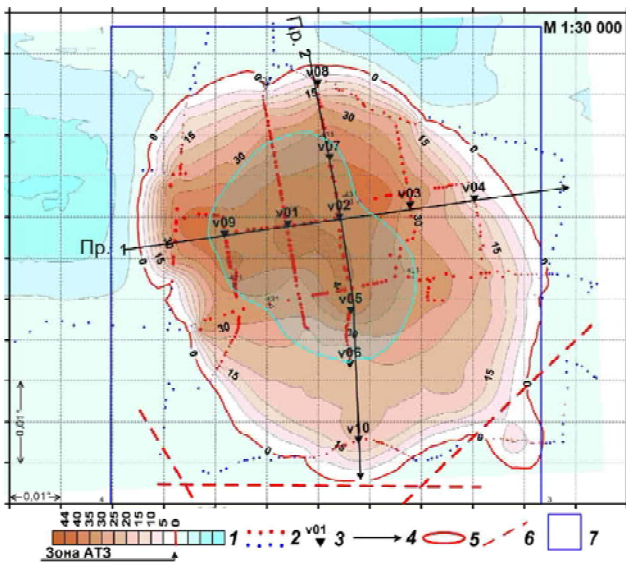


Рис. 10. Карта геоэлектрической аномальной зоны типа «залежи нефтегазоконденсата» на поисковой площади «Север» (по данным съемки СКИП): 1 – шкала значений «пластового давления», МПа; 2 – точки съемки СКИП (красные – положительные значения, синие – отрицательные); 3 – пункт ВЭРЗ; 4 – профиль вертикального разреза; 5 – зона геоэлектрической аномалии; 6 – тектоническое нарушение; 7 – контур поисковой площади

- род оценена в 515–580 м; в этом интервале глубин выделены только водоносные горизонты;
- в верхней части разреза в интервале глубин 900–1300 м выделены четыре АПП типа «газоконденсат»; в центральной части аномальной зоны пласты имеют мощные «газовые шапки», которые можно считать газовыми залежами;
- в нижней части разреза в интервале глубин 1600–3100 м выделено до восьми АПП типа «нефть»; в центральной части аномальной зоны эти пласты также имеют «газовые шапки»;
- в интервале глубин 3100–3200 м установлена геоэлектрическая граница, обусловленная изменением частотно-резонансного отклика от состава пород; вероятнее всего, зафиксирован контакт кислых и основных пород интрузивного комплекса.

По результатам зондирования построены:

- 1) карта суммарной мощности АПП типа «нефть» (рис. 11); общая площадь аномалии типа «нефть» составляет 24,68 км²; общий объем АПП типа «нефть» приблизительно равен 1,336 км³;
- 2) карта суммарной мощности АПП типа «свободный газ» (в статье не приводится); свободный газ определен, как «газовые шапки» над пластами газоконденсата; по полученным данным вычислена общая площадь газовой залежи 6,033 км²; общий объем АПП типа «газ» 0,417 км³;
- 3) карта суммарной мощности АПП типа «газоконденсат» (в статье не приводится); общая площадь аномалии типа «газоконденсат» рав-

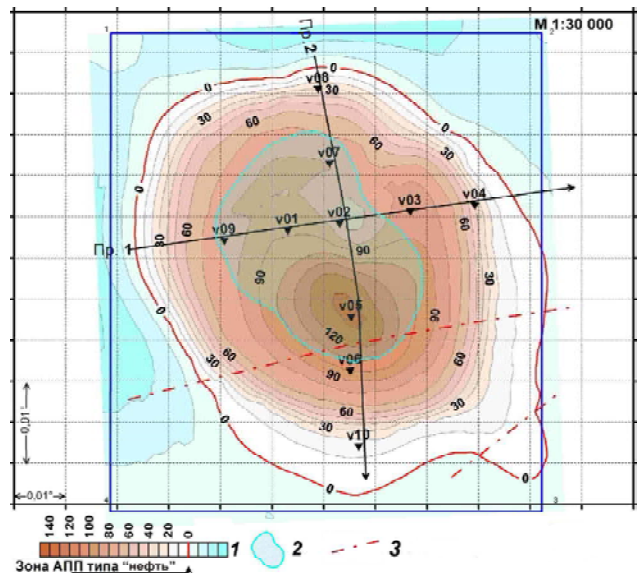


Рис. 11. Карта суммарной мощности АПП типа «нефть» на поисковой площади «Север» (по данным зондирования ВЭРЗ): 1 – шкала суммарной мощности АПП типа «нефть», м; 2 – зона «свободного» газа («газовая шапка»); 3 – тектоническое нарушение. Остальные условные обозначения см. на рис. 10

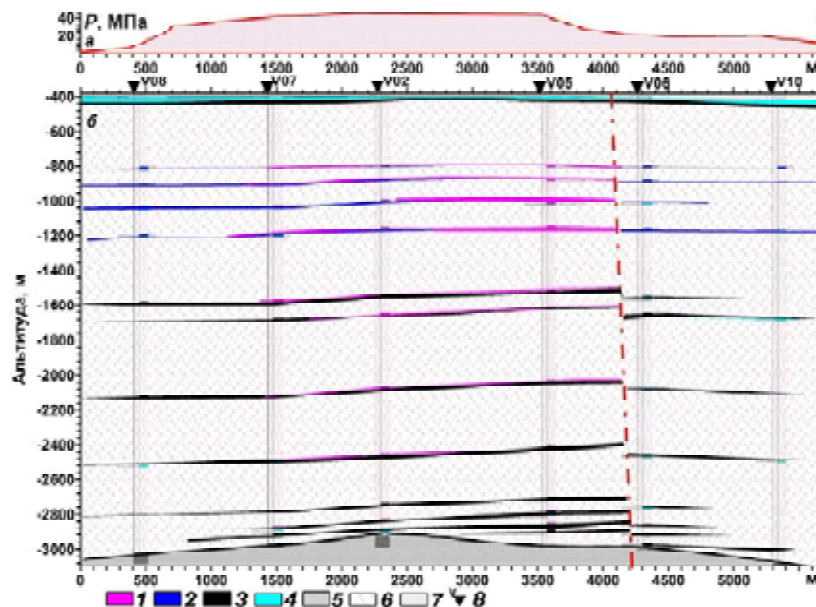


Рис. 12. Корреляционный разрез геоэлектрической аномальной зоны «Север» (по данным зондирования ВЭРЗ). Профиль № 2 (север–юг): а – график максимальных значений пластового давления; б – корреляционный разрез; 1 – АПП типа «газ»; 2 – АПП типа «конденсат»; 3 – АПП типа «нефть»; 4 – АПП типа «вода»; 5 – габбро? (основные породы); 6 – граниты; 7 – осадочный комплекс; 8 – пункт ВЭРЗ

на 24,032 км²; общий объем АПП типа «газо-конденсат» 0,536 км³;

- 4) карты глубин геоэлектрической границы в интрузивном комплексе пород и глубин кровли кристаллического фундамента (в статье не приводятся);
- 5) вертикальные колонки пластов АПП для каждого пункта зондирования; дополнительно построены также отдельные колонки для верхней и нижней частей разреза;
- 6) два корреляционных разреза по профилям, которые пересекают аномальную зону в меридиональном (рис. 12) и широтном направлениях; отдельные разрезы построены также для верхней и нижней частей разреза.

Рассчитанные по результатам зондирования общие объемы АПП типа «нефть», «газоконденсат» и «газ» позволяют приблизительно оценить суммарные ресурсы нефти, газоконденсата и газа в пределах поисковой площади. При их расчетах дополнительно использовались следующие значения расчетных параметров: а) коэффициент пористости – $K = 0,1$; б) средний коэффициент пластового давления – $Pr = 200,0$; в) температурный коэффициент – $Gt = 0,9$. Рассчитаны следующие оценки ресурсов: нефти – 133,6 млн т; газоконденсата – 53,6 млн т; газа – 7,509 млрд м³.

Дополнительные исследования в Черкасской области. Целесообразность обработки данных ДЗЗ локального участка в этом регионе обусловлена информацией, которую сообщил авторам участник одной из полевых экспедиций.

В 1980-х годах на южной окраине села в Черкасской области (район УЩ) местные жители черпали из неглубоких углублений (копанок)

жидкость, которая воспламенялась и горела при поджигании. Маслянистые пятна появлялись и на водной поверхности речки, протекающей вблизи села. Об этом феномене было известно еще с довоенных времен.

Вполне понятно, что представленные выше результаты детальных исследований на трех поисковых участках в Киевской области делают актуальным вопрос о связи обнаруженных и закартированных аномалий с возможными скоплениями УВ в разрезе. При этом важна любая дополнительная информация. Закономерно возникает следующая задача: если в районе упомянутого выше села УВ просачиваются (мигрируют) на поверхность с глубины, то здесь могут быть зафиксированы аномальные зоны типа «залежь газа» и (или) «залежь газоконденсата».

Нами была проведена обработка данных ДЗЗ указанного района в масштабе 1 : 30 000 (рис. 13). В результате обнаружены и закартированы две аномальные зоны типа «газоконденсатная залежь» с относительно высокими значениями пластового давления – 17 и 18 МПа соответственно. Выявленные аномальные зоны попадают в пределы крупной разломной зоны.

Результаты проведенных экспериментов значительно повышают вероятность того, что закартированные аномалии типа «залежь УВ» в Киевской области могут быть обусловлены скоплениями УВ в породах УЩ.

Выводы и рекомендации. Залежи УВ в породах УЩ в настоящее время не обнаружены. Отдельные проявления газа выявлены в гранитоидных массивах, которые связаны с зонами тектонических нарушений.

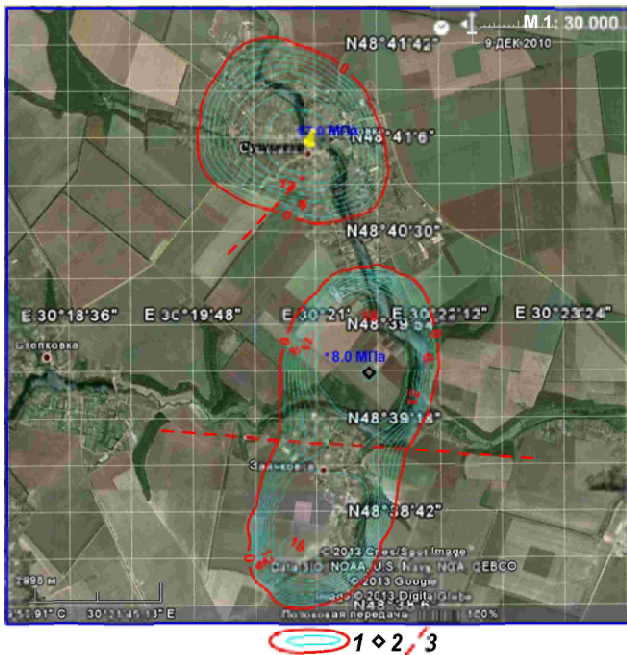


Рис. 13. Карта аномальных зон типа “газоконденсатная залежь” в районе сел Сушковка, Заячковка на спутниковом снимке местности (Уманский р-н, Черкасская обл.) по результатам частотно-резонансной обработки и интерпретации данных ДЗЗ: 1 – шкала максимальных значений пластового давления, МПа; 2 – точка максимальных значений аномального отклика; 3 – тектоническое нарушение

1. На поисковой площади “Юг” результатами дистанционных и наземных геоэлектрических работ подтверждена возможность обнаружения газа в пределах аномальной геоэлектрической зоны Gas-4. Коллекторами газосодержащих пластов здесь скорее всего могут быть трещиноватые зоны и зоны дробления пород фундамента. Прогнозируемые газосодержащие пласты по данным метода ВЭРЗ выделены в интервале глубин 300–700 м. Мощность обнаруженных здесь АПП типа “газ” составляет от 3 до 15 м.

При корректировке положения разведочной скважины она может быть перенесена на 100–150 м к центру выделенного под бурение участка. Рекомендованная глубина скважины 700–800 м.

2. В районе участка “Запад” установлена зона тектонического нарушения, вдоль которого могла происходить миграция газоконденсата. В пределах поисковой площади в результате тектонических движений образовались латеральные зоны нарушения гранитных пород, в которых могли сформироваться ловушки для миграционных потоков газоконденсата.

Наиболее перспективен для бурения поисковой скважины Западный блок поисковой площади. Здесь перспективные горизонты расположены выше, чем в Восточном блоке. Разведочную скважину рекомендуется заложить в районе точки зондирования V00.

3. Аномальная геоэлектрическая зона “Север” с помощью частотно-резонансной методики исследований интерпретируется как нефте- и газоконденсатная залежь. Ее можно рассматривать как проекцию на земную поверхность пластов (скоплений) УВ, расположенных в породах гранитного комплекса.

Общая площадь аномальной зоны 24 км². В ее пределах, в интервале глубин 900–3000 м методом ВЭРЗ выделено 12 АПП типа “углеводородные залежи”. Средняя мощность пластов 10–15 м. В верхней части разреза в интервале глубин 900–1300 м на всей площади прослеживаются четыре газоконденсатных пласта. В центральной части аномальной зоны газоконденсат может замещаться свободным газом.

В нижней части разреза в интервале глубин 1600–3100 м обнаружено восемь нефтяных пластов с “шапками газа”.

В южной части аномальной зоны зафиксировано тектоническое нарушение. Можно предположить, что с северной и южной сторон от нарушения в теле гранитоидов сформировались латеральные зоны дробления гранитов, которые могут быть ловушками для УВ. Миграция нефте- и газоконденсатных флюидов в трещинные зоны гранитов происходила скорее всего вдоль тектонического нарушения, которое пересекает аномальную геоэлектрическую зону и является миграционным каналом УВ.

Место для разведочной скважины рекомендуется выбрать между точками зондирования V01–V05. Наиболее перспективная зона – в районе точки ВЭРЗ V05, в центральной части аномальной зоны. Глубина разведочной скважины – до 3000 м.

После выбора места для скважины рекомендуется дополнительно провести на этом участке детальное зондирование ВЭРЗ.

4. Детальные исследования геоэлектрическими методами СКИП и ВЭРЗ для всех поисковых участков позволили оценить в первом приближении прогнозируемые ресурсы газа, газоконденсата и нефти в закартированных АПП типа “нефть”, “газ” и “газоконденсат”. Полученные оценки принимались во внимание при выборе первоочередного участка для бурения.

5. По результатам детальных исследований первоочередным для бурения выбран участок “Север”. В его пределах целесообразно пробурить первую поисковую скважину глубиной 1300 м для раскрытия АПП типа “газ” и “газоконденсат” в верхней части разреза. Если в ней будут получены промышленные (коммерческие) притоки УВ, то после организации их добычи может быть пробурена поисковая скважина глубиной 3000 м для раскрытия АПП типа “нефть” в нижней части разреза.

6. Обнаруженные аномальные зоны типа “залежь газоконденсата” на локальном участке в Черкасской области существенно повышают вероятность того, что закартированные аномалии типа “залежь УВ” в Киевской области могут быть обусловлены скоплениями УВ в кристаллических породах УЩ.
7. Месторождения УВ в пределах УЩ на настоящее время не выявлены. Коэффициент пористости для латеральных зон дробления гранитных пород, в которых могли сформироваться ловушки, для данного района неизвестен. Поэтому однозначное решение вопроса о промышленной продуктивности прогнозируемых залежей УВ на исследуемой территории возможно только разведочным бурением.
8. В пределах обследованных участков может быть проведена геохимическая съемка. В этом случае перспективы обнаружения скоплений УВ могут быть подтверждены геохимическими аномалиями, обусловленными наличием в верхнем слое почвы гомологов УВ.
- Обсуждение результатов.**
- Прежде всего отметим, что все вопросы и проблемы, которые рассматриваются и анализируются в аналогичном разделе электронной [20] и других статьях [15–17] авторов, в полной степени актуальны и для настоящей публикации. В частности, в упомянутых работах обсуждаются: глубинно-фильтрационная модель нефтегазообразования и нефтегазонакопления [21, 22]; возможность привлечения “геосолитонной” концепции образования УВ [1] для объяснения характера и особенностей картируемых аномалий типа “залежь”; рекомендации по проведению поисковых работ на нефть и газ, предлагаемые в [5, 8]; целесообразность использования для выбора мест заложения поисковых и разведочных скважин дополнительной и независимой информации, и др.
 - Следует отметить, что ранее авторами уже неоднократно проводились экспериментальные исследования с использованием мобильных технологий в пределах УЩ [12, 20]. Однако исследования такого масштаба и детальности, а главное, с целью выбора объекта разбуривания и участка для заложения поисковой скважины в его пределах, выполнены впервые. Приведенные выше результаты исследований значительно расширяют перечень перспективных на обнаружение промышленных скоплений УВ объектов в различных блоках щита.
 - Наземные геоэлектрические исследования методами СКИП и ВЭРЗ по детальной сети измерений позволяют рассчитывать площади распространения прогнозируемых нефте- и газонасыщенных коллекторов, а также их объемы. Эти параметры, в свою очередь, дают возможность оценивать в первом приближении потенциальные ресурсы нефти, газа и газоконденсата в прогнозируемых скоплениях (залежах) УВ. Такая информация может быть полезной при выборе первоочередных объектов (или же отдельных горизонтов) для разбуривания.
 - Детальное описание результатов исследований, а также значительное количество графических иллюстраций позволяют заинтересованным специалистам сформировать вполне определенное представление об особенностях формирования ловушек в кристаллических породах, а также о возможных направлениях миграции флюидов. Все обследованные перспективные объекты обнаружены и закартированы в зонах крупных тектонических нарушений. Связь месторождений УВ с тектоническими структурами горизонтального сдвига наиболее детально и полно изучены в работах [21, 22]. Следовательно, для обнаружения перспективных объектов в пределах кристаллических массивов и щитов традиционными геофизическими методами целесообразно в первую очередь выделять активные (активизированные) участки тектонических нарушений.
 - В каждом обследованном поисковом участке в отдельных точках выполнено вертикальное сканирование данных ДЗЗ с целью оценки глубин залегания и мощности АПП типа “нефть”, “газ”, “газоконденсат”. Результаты сканирования в цифровом виде представлены в тексте статьи. В принципе, они могут быть сопоставлены с данными, которые получены методом ВЭРЗ в пределах каждого участка и показаны в отдельных пунктах графически или на вертикальных геоэлектрических разрезах, для оценки точности самой процедуры (методики) вертикального сканирования. Практический опыт проведения исследований свидетельствует, что использование этой процедуры (методики) является полезным и целесообразным. Выделенные ее с помощью перспективные горизонты (интервалы) могут быть проанализированы (исследованы) более детально при проведении работ ВЭРЗ в поле. В целом такой методический прием способствует увеличению точности и достоверности определения глубин залегания продуктивных горизонтов.
 - Исполнители работ считают, что проводить на рекомендованной для первоочередного разбуривания поисковой площади “Север” дополнительные исследования с использованием традиционных геофизических методов (в первую очередь сейсмического) нецелесообразно. Во-первых, методические и практические вопросы поисков и разведки скоплений УВ в

кристаллических породах (коллекторах) традиционными (классическими) геофизическими методами не разработаны. Во-вторых, окончательный вердикт о промышленной нефтегазонасности выделенных объектов (получении или неполучении коммерческих притоков флюидов) *может дать только бурение*. В-третьих, затраты на дополнительные геофизические (сейсмические) исследования сопоставимы с затратами на бурение поисковой скважины глубиной до 1500 м. Более того, на проведение такого рода работ и последующую обработку и интерпретацию полученных материалов необходимо затратить значительное количество времени, что еще дальше отодвигает начало бурения поисковой скважины.

7. В продолжение предыдущего пункта еще раз акцентируем внимание на приведенных выше информационных сообщениях о результатах бурения (не совсем успешного) в 2012 г. на шельфах Намибии, Норвегии и Англии. [25, 26, 27]. С одной стороны, эти материалы по бурению в полной мере демонстрируют “эффективность” и “информативность” современных геофизических исследований, сейсмических в первую очередь (вполне понятно, что практически всегда скважины закладываются по сейсмическим материалам), с другой – свидетельствуют о необходимости использования любой “легкодоступной” информации для задания местоположения поисковых и разведочных скважин.
8. Представленные выше материалы, а также результаты исследований в пределах УЩ, выполненные ранее, дают основания констатировать, что основные методические принципы поисков и разведки с использованием мобильных геофизических технологий потенциальных скоплений УВ в пределах щитов и кристаллических массивов (а также в кристаллическом фундаменте нефтегазоносных осадочных бассейнов) в целом отработаны на достаточно представительном множестве поисковых объектов.
9. При изложении результатов исследований, а также в других публикациях авторов используется термин (выражение) “аномалия типа залежь” (АТЗ) для обозначения картируемых мобильными методами аномалий (перспективных объектов). В спутниковой технологии “Томко” (Ростовцев и др., 2011) такие аномалии называются “прогнозируемые залежи (скопления) УВ”. В принципе, это вполне логично и закономерно. Следовательно, поскольку частотно-резонансным методом обработки данных ДЗЗ регистрируются аномальные эффекты на резонансных частотах “большого количества” конкретного вещества (нефти, газа), то карти-

руемые этим методом аномалии – суть *проекции на земную поверхность “прогнозируемых месторождений (скоплений) УВ (нефти, газа, конденсата)”*.

Вместе с тем значительный интерес представляет изучение “природы и особенностей пространственного распространения нетрадиционных ресурсов углеводородов и их скоплений”, а также проблема формирования зон “Sweet spots” в областях распространения нетрадиционных коллекторов [2]. В принципе с учетом указанного выше такими же зонами “Sweet spots” можно также считать и картируемые мобильными методами аномальные участки с повышенными значениями пластового давления флюидов в коллекторах. В их пределах вероятность получения промышленных (коммерческих) притоков нефти и газа из пробуренных скважин намного выше.

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

10. Ранее неоднократно отмечалось [16, 17, 20], что частотно-резонансная технология обработки данных ДЗЗ, а также мобильные геоэлектрические методы СКПП и ВЭРЗ “работают” в рамках “*вещественной*” парадигмы геофизических исследований, суть которой состоит в “*прямом*” поиске *конкретного физического вещества*: газа, нефти, газогидратов, воды, рудных минералов и пород (золото, платина, серебро, цинк и др.). Практический опыт работы в этом направлении показывает, что эффективность геофизических методов, базирующихся на принципах “*вещественной*” парадигмы, выше традиционных. Несомненно, исследования в данном направлении необходимо продолжать, к чему авторы призывают заинтересованных специалистов.

Заключение. Детальное изучение объектов Украинского щита, перспективных на нахождение промышленных скоплений углеводородов, можно считать одним из аргументов (хотя и недостаточно весомым) в пользу глубинного (эндогенного) их образования в рамках современных представлений о глубинной дегазации Земли [22]. В пределах обследованных участков отсутствуют так называемые нефтематеринские комплексы пород.

Обнаружение и картирование мобильными геофизическими методами в различных регионах мира многочисленных аномальных зон типа “за- лежь УВ” (или же “проекций на земную поверх- ность прогнозируемых скоплений УВ”) позволяет нам вполне обоснованно *утверждать, что воз- можно их формирование исключительно за счет вертикальной миграции флюидов.*

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о целесообразности более деталь- ного изучения разломных зон щитов с целью обна- ружения возможных скоплений углеводородов в районах их распространения. Мобильные геофизи- ческие методы и технологии также могут быть ис- пользованы при проведении подобного рода работ.

Применение мобильных геофизических техно- логий в комплексе с традиционными геолого-гео- физическими методами (высокоразрешающей сейс- моразведкой, в первую очередь) при проведении поисковых и разведочных работ на полезные ископаемые различного типа дает возможность существенно ускорить, интенсифицировать и опти- мизировать геолого-разведочный процесс. Особое место в комплексе современных мобильных техно- логий могут занять как классические, так и ори- гинальные методы, а также технологии обработки и интерпретации (дешифрирования) данных ДЗЗ.

Результаты практической апробации мобиль- ных геофизических технологий, реализованных в рамках “вещественной” парадигмы геофизических исследований (т. е. прямого поиска конкретного физического вещества), свидетельствуют, что их применение может принести значительный эффект при поисках скоплений углеводородов в нетради- ционных коллекторах – кристаллических комплек- сах пород, сланцах, породах угольных бассейнов, плотных песчаниках. Такого рода технологии зас- луживают более активного применения и при ис- следованиях слабоизученных участков в пределах известных нефте- и газоносных бассейнов.

1. *Бембель Р.М., Мегеря В.М., Бембель С.Р.* Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов. – Тю- мень: Вектор Бук, 2003. – 344 с.
2. *Валяев Б.М.* Природа и особенности пространствен- ного распространения нетрадиционных ресурсов уг- леводородов и их скоплений / Б.М. Валяев // Газовая промышленность. Нетрадиционные ресурсы нефти и газа: приложение к журналу. – 2012. – С. 9–16.
3. *Гаврилов В.П.* Новый возможный нефтегазоносный этаж земной коры / В.П. Гаврилов // РОГЕХ. Россий- ские нефтегазовые технологии. – 2006. – Вып. № 7. – С. 26–30.
4. *Карасевич А.М.* Новые технологии геофизических ис- следований при поисках и прогнозе углеводородного сырья / А.М. Карасевич, Д.П. Земцова, А.А. Ники- тин. – М.: Страхование ревю, 2010. – 140 с.
5. *Карпов В.А.* Состояние и перспективы развития неф- тегазопоисковых работ в Западной Сибири / В.А. Кар- пов // Геология нефти и газа. – 2012. – № 3. – С. 2–6. – <http://www.adc-tehnika.ru/content/iziskania/11288/Sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-neftegazoposkovyuh-rabot-v-Zapadnoj-Sibiri/>
6. *Ковалев Н.И.* Опыт практического использования ап- паратуры комплекса “Поиск” для обнаружения и оконтуривания углеводородных месторождений / Н.И. Ковалев, В.А. Гох, П.Н. Ивашенко, С.В. Солда- това // Геоинформатика. – 2010. – № 4. – С. 46–51.
7. *Кринин В.А.* Применение геоэлектрических методов СК ИП–ВЭРЗ для поисков нефти и газа в районе Ван- корского месторождения / В.А. Кринин, А.Л. Проску- ряков, А.М. Пьявко, Н.П. Червонный, С.П. Левашов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 11. – С. 18–21.
8. *Кусов Б.Р.* Генезис некоторых углеродсодержащих по- лезных ископаемых (от метана до алмаза): Моногра- фия. – 2-е изд., доп. – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2011. – 195 с.
9. *Левашов С.П.* Электрорезонансное зондирование и его использование для решения задач экологии и инже- нерной геологии / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геологический журнал. – 2003. – № 4. – С. 24–28.
10. *Левашов С.П.* Обнаружение и картирование геоэлект- рическими методами зон повышенного газонасыще- ния на угольных шахтах / С.П. Левашов, Н.А. Яким- чук, И.Н. Корчагин, Р.В. Дегтярь, Д.Н. Божежа // Геофизика. ЕАГО. – 2006. – № 2. – С. 58–63.
11. *Левашов С.П.* Экспресс-технология “прямых” поис- ков и разведки скоплений углеводородов геоэлектри- ческими методами: результаты практического приме- нения в 2001–2005 гг. / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 31–43.
12. *Левашов С.П.* О возможности картирования геоэлект- рическими методами скоплений углеводородов в кри- сталлических породах / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, Д.В. Разин, А.Т. Юзленко // Гео- информатика. – 2010. – № 1. – С. 22–32.
13. *Левашов С.П.* Новые возможности оперативной оцен- ки перспектив нефтегазоносности разведочных пло- щадей, труднодоступных и удаленных территорий, лицензионных блоков / С.П. Левашов, Н.А. Яким- чук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2010. – № 3. – С. 22–43.
14. *Левашов С.П.* Оценка относительных значений плас- тового давления флюидов в коллекторах: результаты проведенных экспериментов и перспективы прак- тического применения / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 19–35.
15. *Левашов С.П.* Возможности мобильных геофизичес- ких технологий при поисках и разведке скоплений метана в угольных бассейнах и других нетрадицион- ных горючих ископаемых / С.П. Левашов, Н.А. Яким- чук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2011. – № 3. – С. 5–25.
16. *Левашов С.П.* Использование мобильных геофизиче- ских технологий для оценки перспектив нефтегазо- носности крупных блоков и глубинных горизонтов разреза (Прикаспийская впадина, Республика Казах- стан) / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корча- гин // Геоинформатика. – 2012. – № 4. – С. 5–18.

17. Левашов С.П. Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 4. – С. 167–176.
18. Левашов С.П. О возможности обнаружения скопленного газа в плотных песчаниках мобильными геофизическими методами / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин, И.С. Пидлисна // Геодинамика. – 2013. – № 2(15). – С. 210–212.
19. Левашов С.П. Опыт применения мобильных геофизических технологий при поисках и разведке скопленных углеводородов в коллекторах нетрадиционного типа / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геолог Украины. – 2013. – № 3(43). – С. 141–147.
20. Левашов С.П. Мобильные геофизические технологии: опыт применения для поисков залежей углеводородов в кристаллических породах [Электронный ресурс] / С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Глубинная нефть. – 2013. – Т. 1, № 8. – С. 1117–1141. – Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf
21. Тимурзиев А.И. К созданию новой парадигмы нефтегазовой геологии на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции / А.И. Тимурзиев // Геофизика. – 2007. – № 4. – С. 49–60.
22. Тимурзиев А.И. Закономерности пространственно-стратиграфического распределения залежей нефти и газа Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на основе представлений об их глубинном генезисе, молодом возрасте и новейшем времени формирования [Электронный ресурс] / А.И. Тимурзиев // Глубинная нефть. – 2013. – Т. 1, № 11. – С. 1720–1760. – Режим доступа: URL: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziev_1-11-2013.pdf
23. Шуман В.Н. Радиоволновые зондирующие системы: элементы теории, состояние и перспектива / В.Н. Шуман, С.П. Левашов, Н.А. Якимчук, И.Н. Корчагин // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 22–50.
24. Шуман В.Н. Электромагнитно-акустические преобразования и высокоразрешающие зондирующие системы: новые возможности и новые формулировки старых вопросов / В.Н. Шуман // Геофизический журнал. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 32–39.
25. Hodgson Neil. Derisking deep-water Namibia / N. Hodgson, A. Intawong // First Break. – 2013. – V. 31, N 12. – P. 91–96.
26. Norway looks forward to continuing offshore fortunes // First Break. – 2013. – V. 31, N 2. – P. 25–26.
27. Poor exploration results could blight UK's offshore progress. Wood Mackenzie report suggests // First Break. – 2013. – V. 31, N 2. – P. 28.
28. Weaver Barry W., Warren Roy K. Electric power grid induced geophysical prospecting method and apparatus. Inter. Pat. N WO 2004/106973 A2, Dec. 9, 2004.

РЕЗУЛЬТАТИ ДЕТАЛЬНИХ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З МЕТОЮ ПОШУКІВ СКУПЧЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ У МЕЖАХ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

С.П. Левашов^{1,2}, М.А. Якимчук^{1,2}, І.М. Корчагін³, Д.М. Божежа², Д.Р. Шуст⁴

¹Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна

²Центр менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю ІГН НАНУ, пров. Лабораторний, 1, Київ 01133, Україна

³Інститут геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: korchagin@karbon.com.ua

⁴ТОВ "Геофізика-777", Київ, Україна

Проаналізовано результати застосування технології частотно-резонансної обробки та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), а також геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) під час пошуків скупчень вуглеводнів (ВВ) на трьох пошукових ділянках ("Південь", "Захід", "Північ") у різних частинах Українського щита. У результаті обробки даних ДЗЗ у межах обстежених ділянок виявлено та закартовано аномальні зони типу "поклад нафти", "поклад конденсату", "поклад газу". Аномалії підтверджено та деталізовано зніманням методом СКІП. В їхніх межах глибини залягання аномально поляризованих пластів (АПП) типу "нафта", "конденсат" і "газ" визначено роботами ВЕРЗ. Для всіх ділянок за результатами детальних досліджень оцінено прогностичні ресурси газу, газоконденсату і нафти. Для першочергового розбурювання рекомендовано пошукову ділянку "Північ". В її межах виділено найбільш оптимальну зону для закладення пошукової свердловини. Результати досліджень свідчать, що мобільні методи можна застосовувати під час пошуків і розвідки скупчень ВВ у кристалічних масивах і тектонічно порушених (розломних) зонах кристалічного фундаменту. За допомогою мобільних геофізичних технологій може бути виконана оперативна оцінка перспектив нафтогазоносності недостатньо вивчених ділянок і площ у різних регіонах України.

Ключові слова: геоелектричне знімання, електрорезонансне зондування, аномалія типу "поклад", газ, газоконденсат, розломна зона, кристалічний масив, фундамент, супутникові дані, технологія, прямі пошуки, обробка, інтерпретація.

RESULTS OF DETAILED GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS FOR THE HYDROCARBONS ACCUMULATIONS EXPLORATION WITHIN UKRAINIAN SHIELD

S.P. Levashov^{1,2}, N.A. Yakymchuk^{1,2}, I.N. Korchagin³, D.N. Bozhezha², D.R. Shust⁴

¹Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Laboratorny lane, 1, Kyiv 01133, Ukraine

²Management and Marketing Center of Institute of Geological Science NAS Ukraine, Laboratorny lane, 1, Kyiv 01133, Ukraine

³Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Palladin av., 32, Kiev 03680, Ukraine, e-mail: korchagin@karbon.com.ua

⁴Ltd. "Geophysics-777", Kiev, Ukraine

The results of the application of technology of frequency-resonance processing and interpretation of remote sensing (RS) data and geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS) (FSPEF-VERS express-technology) for the hydrocarbons accumulation searching on three prospect area ("South", "West", "North") in the different parts of the Ukrainian crystalline shield are analyzed. The anomalous zone of the "oil reservoir", "condensate reservoir" and "gas reservoir" type was detected and mapped within all investigated areas by the remote sensing data processing. These anomalies were confirmed and detailed by the FSPEF survey. The bedding depths of the anomalous polarized layers (APL) of oil, gas and gas-condensate type were determined by VERS sounding within anomalous zone. The projected resources of gas, condensate and oil have been estimated for all investigated plots by the results of detailed studies. The site "North" is recommended for priority drilling. The optimal area for exploratory well laying was highlighted within it. The investigation results show that mobile technologies can be used for exploration and prospecting the hydrocarbon accumulations in crystalline massifs and tectonic fracture (fault) zones of the crystalline basement. The operative assessment of petroleum potential of insufficiently studied sites and areas in different regions of Ukraine can be made with mobile geophysical technologies using. The used mobile methods works within the framework of the "substantial" paradigm of geological and geophysical studies, the essence of which is "direct" searching for a particular substance such as oil, gas, gold, silver, platinum, zinc, iron, water, etc. FSPEF method and technology of remote sensing data processing allow to detect and map operatively the anomalous zones of the "oil accumulation" and (or) "gas accumulation" type. The bedding depths of the anomalous polarized layers (APL) of gas and gas-condensate type may be determined by VERS sounding within one anomalous areas. Mobile technology allows to get a new (additional) and, more importantly, independent information on the petroleum potential of the surveyed areas. This information, in conjunction with available geological and geophysical materials can be used to select the objects for detailed studying and primary drilling.

Keywords: Geoelectric survey, electric-resonance sounding, anomaly "deposit" type, gas, gas condensate, fault zone, crystalline massif, basement, satellite data, technology, direct searching, processing and interpretation.

References:

1. Bembel R.M., Megerya V.M., Bembel S.R. *Geosolityny: funktsional'naya sistema Zemli, kontseptsiya razvedki i razrabotki mestorozhdeniy uglevodorodov* [Geosolityny: functional system of the Earth, the concept of exploration and exploitation of hydrocarbons]. Tyumen': *Vektor Buk*, 2003, 344 p.
2. Valyaev B.M. *Priroda i osobennosti prostranstvennogo rasprostraneniya netraditsionnykh resursov uglevodorodov i ih skopleniy* [Nature and characteristics of the spatial distribution of unconventional hydrocarbon resources and their accumulations]. *Gazovaya promyshlennost'. Netraditsionnye resursy nefiti i gaza - prilozhenie k zhurnal* [Gas industry, Unconventional oil and gas resources - supplement to the journal], 2012, pp. 9-16.
3. Gavrilo V.P. *Novyy vozmozhnyy neftegazonosnyy etazh zemnoy kory* [Possible new oil and gas of the Earth crust]. *ROGEKH. Rossiyskie neftegazovye tekhnologii* [ROGEH. Russian oil and gas technology], 2006, no. 7, pp. 26-30.
4. Karasevich A.M., Zemtsova D.P., Nikitin A.A. *Novye tekhnologii geofizicheskikh issledovaniy pri poiskah i prognoze uglevodorodnogo syr'ya* [New technologies geophysical research for the hydrocarbons search and forecasting]. Moscow: *Strahovoe revju*, 2010, 140 p.
5. Karpov V.A. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya neftegazoposkovykh rabot v Zapadnoy Sibiri* [Status and prospects of oil and gas exploration in Western Siberia]. *Geologiya nefiti i gaza* [Oil and gas geology], 2012, no. 3, pp. 2-6.
6. Kovalev N.I., Gokh V.A., Ivashchenko P.N., Soldatova S.V. *Opyt prakticheskogo ispol'zovaniya apparatury kompleksa "Poisk" dlya obnaruzheniya i okonturivaniya uglevodorodnykh mestorozhdeniy* [Experience in the practical use of the "Poisk" equipment complex to detect and delineate hydrocarbon deposits]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no 4, pp. 46-51.
7. Krinin V.A., Proskuryakov A.L., Piavko A.M., Chervoniy N.P., Levashov S.P. *Primeneniye geoelektricheskikh metodov SKIP-VERZ dlya poiskov nefiti i gaza v rayone Vankorskogo mestorozhdeniya* [Application of FSPEF-VERS geoelectric methods for oil and gas prospecting in the Vankor oil-and-gas field area]. *Neftejanoe hozjajstvo* [Oil industry], 2011, no. 11, pp. 18-21.
8. Kusov B.R. *Genezis nekotorykh uglerodsoderzhashchikh poleznykh iskopaemykh (Ot metana do almaza): Monografiya. Izdanie vtoroe, dopolnennoe* [Genesis some carbonaceous minerals (From methane to diamond): Monograph. Second edition, expanded]. Vladikavkaz: *IPO SOIGSI*, 2011, 195 p.
9. Levashov S.P., Yakymchuk M.A., Korchagin I.N. *Elektrorezonansnoye zondirovaniye i ego ispol'zovaniye dlya resheniya zadach ekologiy i inzhenernoy geologii* [Electric-resonance sounding method and its application for solving the environmental and engineering geology problems]. *Geologicheskyy zhurnal* [Geological journal], 2003, no. 4, pp. 24-28.
10. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Degtyar R.V., Bozhezha D.N. *Obnaruzheniye i kartirovaniye geoelektricheskimi*

- методами зон повышенного газонасыщения на угол'ных шахтах [Detection and mapping by geoelectric methods of zones with high gas saturation on the coal mines]. *Geofizika, EAGO* [Geophysics, EAGO], 2006, no. 2, pp. 58-63.
11. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ekspres-tehnologiya "pryamykh" poiskov i razvedki skopleniy uglevodorodov geoelektricheskimi metodami: rezul'taty prakticheskogo primeneniya v 2001-2005 gg.* [Express technology of "direct" prospecting and exploration for hydrocarbon accumulations by geoelectric methods: results of practical application in 2001-2005]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2006, no. 1, pp. 31-43.
 12. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Razin D.V., Yuzlenko A.T. *O vozmozhnosti kartirovaniya geoelektricheskimi metodami skopleniy uglevodorodov v kristallicheskikh porodakh* [On the possibility of hydrocarbons accumulations mapping in crystalline rocks by geoelectric methods]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no. 1, pp. 22-32.
 13. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Novye vozmozhnosti operativnoj ocnki perspektiv neftegazonosnosti razvedochnykh ploshhadej, trudnodostupnykh i udalennykh territorij, licenzionnykh blokov* [New opportunities for rapid assessment of the hydrocarbon potential of exploration areas, difficult of access and remote areas, and license blocks]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2010, no. 3, pp. 22-43.
 14. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ocnka odnositel'nykh znachenij plastovogo davleniya fljuidov v kollektorah: rezul'taty provedennykh jeksperimentov i perspektivy prakticheskogo primeneniya* [Evaluation of the relative values of fluid pressure in the reservoir: results of experiments and practical perspective]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2011, no. 2, pp. 19-35.
 15. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Vozmozhnosti mobil'nykh geofizicheskikh tehnologij pri poiskah i razvedke skoplenij metana v ugol'nykh bassejnah i drugih netradicionnykh gorjuchih iskopaemykh* [Capabilities of mobile geophysical technologies during methane accumulations prospecting in coal basins and other unconventional fossil fuels]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2011, no. 3, pp. 5-25.
 16. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Ispol'zovanie mobil'nykh geofizicheskikh tehnologij dlja ocnki perspektiv neftegazonosnosti krupnykh blokov i glubinnykh gorizontov razreza (Prikaspijskaja vpadina, Respublika Kazahstan)* [The use of mobile technologies for geophysical evaluation of petroleum potential of large blocks and cut deep horizons (Caspian Basin, Kazakhstan)]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2012, no. 4, pp. 5-18.
 17. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Chastoito-rezonansnyj princip, mobil'naja geoelektricheskaja tehnologija: novaja paradigma geofizicheskikh issledovanij* [Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: a new paradigm of Geophysical Research]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2012, vol. 34, no. 4, pp. 167-176.
 18. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Pidlisna I.S. *O vozmozhnosti obnaruzhenija skoplenij gaza v plotnykh peschanikah mobil'nymi i geofizicheskimi metodami* [On the possibility of gas accumulations detecting in tight sands by mobile geophysical methods]. *Geodinamika* [Geodynamics (Ukraine)], 2013, no. 2(15), pp. 210-212.
 19. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Opyt primeneniya mobil'nykh geofizicheskikh tehnologij pri poiskah i razvedke skoplenij uglevodorodov v kollektorah netradicionnogo tipa* [Experience of the mobile geophysical technologies application during the hydrocarbon accumulations prospecting in unconventional reservoirs]. *Geolog Ukrainy* [Ukrainian Geologist], 2013, no. 3(43), pp. 141-147.
 20. Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Mobil'nye geofizicheskije tehnologii: opyt primeneniya dlja poiskov zalezhej uglevodorodov v kristallicheskikh porodah* [Mobile geophysical technologies: experience of the application for the hydrocarbons prospecting in crystalline rocks]. *Jelektronnyj zhurnal "Glubinnaja nef't"* [Electronic Journal "Deep oil"], 2013, v. 1, no. 8, pp. 1117-1141. - Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-7-2013/3_Levashov-Iakimchuk-Korchagin_1-8-2013.pdf
 21. Timurziyev A.I. *K sozdaniju novoj paradigm neftegazovoj geologii na osnove glubinno-fil'tracionnoj modeli neftegazoobrazovanija i neftegonakoplenija* [Towards a new paradigm of Petroleum Geology based on the depth-filtration model of oil and gas origin and accumulation]. *Geofizika* [Geophysics (Russia)], 2007, no. 4, pp. 49-60.
 22. Timurziyev A.I. *Zakonomernosti prostranstvenno-stratigraficheskogo raspredelenija zalezhej nef'ti i gaza Zapadno-Sibirskoj neftegazonosnoj provincii na osnove predstavlenij ob ih glubinnom genezise, molodom vozraste i novejsšem vremeni formirovanija* [Laws of spatially-stratigraphic allocation of oil and gas accumulations within the West-Siberian oil-and-gas bearing province on the basis of submissions about their deep origin and the young age and middle-late neogene time of formation]. *Jelektronnyj zhurnal "Glubinnajaneft"* [Electronic Journal "Deep oil"], 2013, vol. 1, no. 11, pp. 1720-1760. - Available at: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-11-2013/5_Timurziyev_1-11-2013.pdf
 23. Shuman V.N., Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N. *Radiovolnovye zondiruyushchie sistemy: element teorii, sostoyanie i perspektiva* [Radio Wave Sounding Systems: Theoretical Postulates, State, Prospect]. *Geoinformatika* [Geoinformatics (Ukraine)], 2008, no. 2, pp. 22-50.
 24. Shuman V.N. *Elektromagnitno-akusticheskie preobrazovaniya i vysokorazreshayushchie zondiruyushchie sistemy: novye vozmozhnosti i novye formulirovki starykh voprosov* [Electromagnetic-acoustic conversion and high-resolution sounding system, new opportunities and new formulations of old questions]. *Geofizicheskij zhurnal* [Geophysical Journal], 2012, vol. 34, no. 3, pp. 32-39.
 25. Hodgson N.I., Intawong A. Derisking deep-water Namibia. *First Break*, 2013 vol.31, no. 12, p. 91-96.
 26. Norway looks forward to continuing offshore fortunes. *First Break*, 2013 vol.31, no. 2, p. 26.
 27. Poor exploration results could blight UK's offshore progress, Wood Mackenzie report suggests. *First Break*, 2013, vol.31, no. 2, p. 28.
 28. Weaver Barry W., Warren Roy K. Electric power grid induced geophysical prospecting method and apparatus. International Patent No WO 2004/106973 A2, Dec. 9, 2004.

Поступила в редакцию 04.04.2014 г.
Received 04/04/2014