

С.П. Левашов<sup>1,2</sup>, Н.А. Якимчук<sup>1,2</sup>, И.Н. Корчагин<sup>3</sup>,  
М.Д. Жулдаспаев<sup>4</sup>, В.И. Якубовский<sup>5</sup>, Д.Н. Божежа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, Украина, yakuchuk@karbon.com.ua

<sup>2</sup>Центр менеджмента и маркетинга в области наук о Земле при ИГН НАНУ, Киев, Украина,

<sup>3</sup>Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ, Киев, Украина, korchagin@karbon.com.ua

<sup>4</sup>Карагандинский завод асбестоцементных изделий, пос. Актау, Республика Казахстан,

<sup>5</sup>Кустанайская поисково-съемочная экспедиция, Костанай, Республика Казахстан

## ДЕТАЛЬНЫЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОПЕРСПЕКТИВНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН

Представлены результаты применения геоэлектрических методов при поисках углеводородов (УВ) в пределах Костанайской нефтегазоперспективной площади. Съемкой методом становления короткоимпульсного поля (СКИП) с автомобиля на площади исследований обнаружено пять крупных и семь небольших аномальных зон типа «залежь». Вертикальным электрорезонансным зондированием (ВЭРЗ) в пределах закартированных аномалий выделено несколько глубинных горизонтов расположения аномально поляризованных пластов типа «нефть» и «газ». Полученные результаты показывают, что технология СКИП-ВЭРЗ «прямых» поисков скоплений УВ может использоваться для заверки и разбраковки аномалий космогеофизического прогноза нефтегазоносности. На этапе детальных геоэлектрических работ в пределах двух аномальных зон определены места заложения разведочных скважин.

### Введение

В июне 2006 г. в пределах Костанайской нефтегазоперспективной площади (Костанайская область, Республика Казахстан) с использованием экспресс-технологии «прямых» поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами (включает методы становления короткоимпульсного поля (СКИП), вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) и флюксометрическую съемку (Левашов, 2003; 2005; 2006а) выполнены рекогносцировочные исследования с целью выявления и картирования участков, перспективных для проведения детальных работ по поиску нефти и газа, а также бурения разведочных скважин (Левашов, 2006б). На площади свыше 4000 км<sup>2</sup> выполнено 895 погонных километров съемки методом СКИП по отдельным профилям через аномальные зоны, выделенные по данным космогеофизического прогноза нефтегазоносности.

По данным съемки СКИП построена карта геоэлект-

рических аномалий типа «залежь» (АТЗ), на которой выделяется пять крупных аномальных зон: 1) Тимофеевская – газонефтяная; 2) Диевская – газонефтяная; 3) Аккудукская – нефтяная; 4) Харьковская – нефтяная; 5) Юльевская – нефтяная. Съемкой закартировано также ряд небольших по размерам аномалий: 1) Тимофеевская-1 – газовая; 2) Тимофеевская-2 – газовая; 3) Диевская-1 – газовая; 4) Диевская-2 – газовая; 5) Кургусская – газовая; 6) Аккудукская-1 – газовая; 7) Юльевская-1 – газовая (Левашов, 2006б).

В пределах выделенных АТЗ в 27 пунктах выполнено зондирование ВЭРЗ, что позволило установить глубины залегания аномально поляризованных пластов (АПП) типа: а) углеводороды (нефть, газ); б) туфоженный комплекс; в) глины, алевролиты (экран); г) битумы; д) граница палеозойского фундамента; е) интрузивные образования.

По данным проведенных исследований было принято решение бурить две первые разведочные скважины глубиной 2,5 км в пределах Аккудукской и Харьковской АТЗ (Рис. 1). Однако, в связи с отсутствием сейсмических материалов

по этим участкам структурной информации для проектирования скважин было явно недостаточно. Для восполнения этого пробела в августе 2006 г. проведены работы по детализации, на участках Аккудукской и Харьковской АТЗ. В их пределах выполнено 190 км съемки СКИП. На участке Аккудукской АТЗ дополнительно проведено зондирование ВЭРЗ в 23 точках (Рис. 2а). В семи точках ВЭРЗ У01-У07 предыдущей съемки проведено повторное зондирование с целью картирования «опорного горизонта» (ОП). В пределах Харьковской АТЗ дополнительно выполнено 18 точек ВЭРЗ, в пяти точках зондирования рекогносцировочного этапа У19-У23 определены глубины залегания ОП. Съемкой методом СКИП уточнены границы ано-

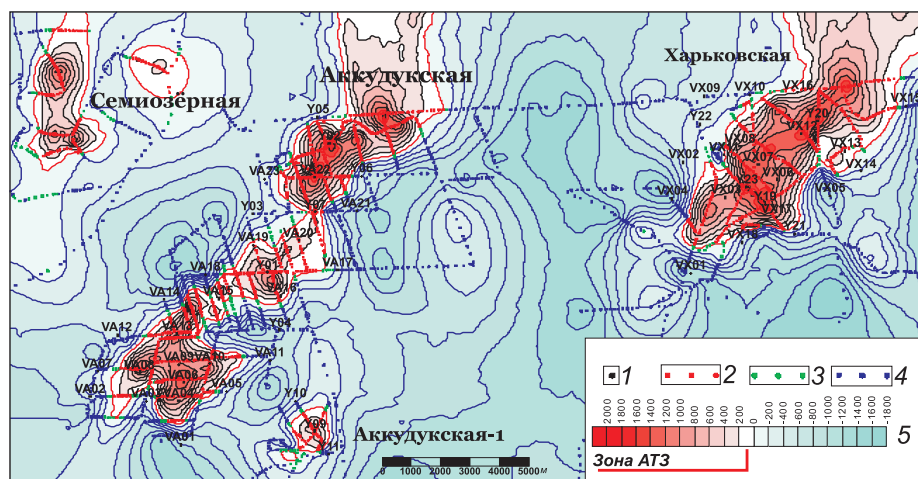


Рис. 1. Карта геоэлектрических аномалий типа «залежь» Аккудукская, Харьковская и Семиезерная на Костанайской площади (по данным съемки СКИП): 1 – точки зондирования ВЭРЗ; 2,3,4 – пункты съемки СКИП (положительные, нулевые, отрицательные значения); 5 – шкала значений поля СКИП.

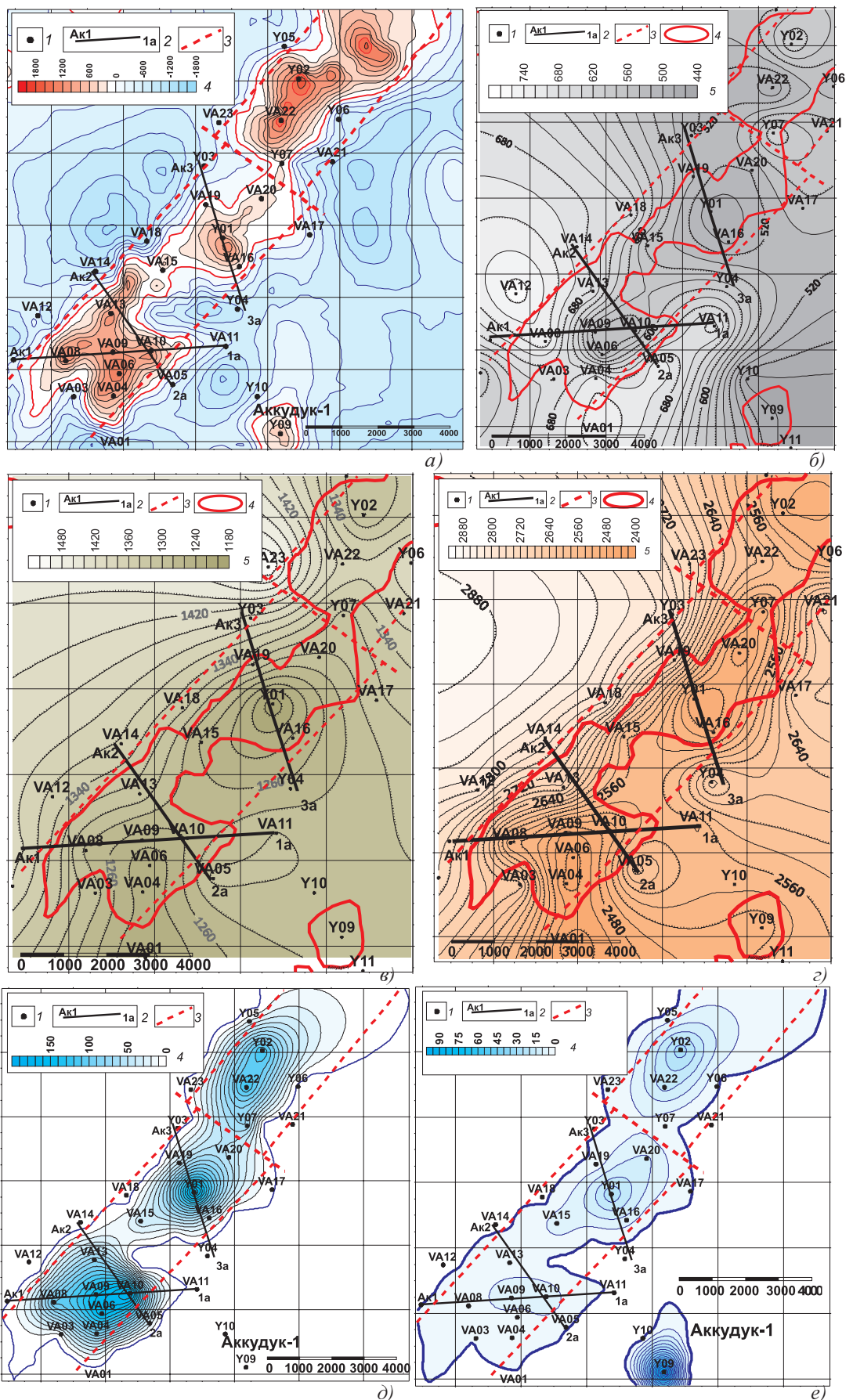
Рис. 2. Карты аномалий типа «залежь» (а), глубин подошвы траппов (б), кровли опорного горизонта (в), кровли палеозойского фундамента (г), суммарной мощности АПП типа «нефть» (д) и «газ» (е) в пределах Аккудукской АТЗ (по данным детальных геоэлектрических исследований методами СКИП-ВЭРЗ): 1 – пункты ВЭРЗ; 2 – линии вертикальных разрезов по данным ВЭРЗ; 3 – тектонические нарушения по геоэлектрическим данным; 4 – шкалы интенсивности аномалий СКИП (а) и суммарной мощности АПП типа «нефть» (д) и «газ» (е); 4б, в, г – контуры аномальной зоны типа «залежь»; 5 – шкалы глубин подошвы траппов (б), кровли опорного горизонта (в), кровли фундамента (г).

мальных зон (Рис. 1, Рис. 2а). По данным ВЭРЗ построены разрезы и карты основных структурных горизонтов.

Точки ВЭРЗ располагались как в пределах аномалий АТЗ, так и за их контурами. В точках ВЭРЗ вне аномалий устанавливались интервалы глубин залегания кровли и подошвы траппов, «опорного горизонта» и палеозойского «фундамента». Для точек в пределах контуров АТЗ помимо этих границ определялись также интервалы глубин залегания АПП типа «нефть» и «газ».

### Результаты работ

**Аккудукская аномальная зона** прослежена методом СКИП от северной границы Костанайской площади в юго-западном направлении на протяжении 12 км. Ширина зоны – 1-2 км, площадь – около 20 км<sup>2</sup>. В пределах АТЗ выделяются три отдельных блока: южный, центральный и северный (Рис. 1, 2а). Центральный и южный блоки соединены небольшой перемычкой – здесь может проходить тектоническое нарушение.



По результатам зондирования рассчитаны суммарные значения АПП типа «нефть» и «газ», что позволило построить карты распределения мощности АПП по площади аномалии. Максимальные значения АПП типа «нефть» установлены в зонах центрального и южного блоков (Рис. 2д).



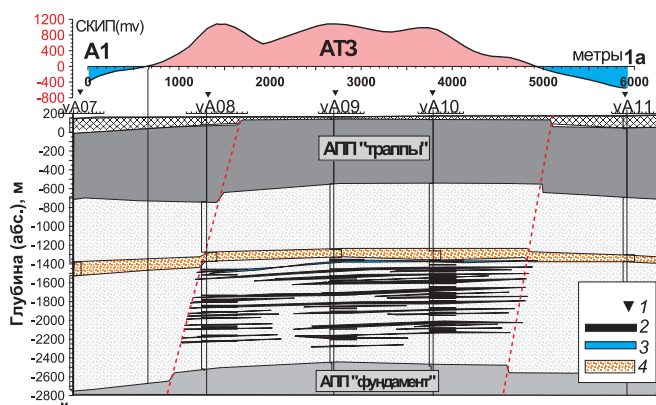


Рис. 3. Вертикальный геоэлектрический разрез по профилю А1-1а через Аккудукскую аномальную зону (по данным ВЭРЗ): 1 – пункты ВЭРЗ; 2 – АПП типа «нефть»; 3 – АПП типа «газ»; 4 – АПП типа «опорный горизонт».

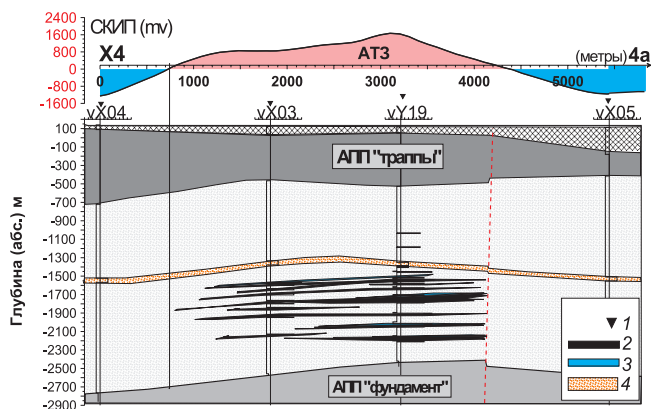


Рис. 4. Вертикальный геоэлектрический разрез по профилю X4-4а через Харьковскую аномальную зону (по данным ВЭРЗ): 1 – пункты ВЭРЗ; 2 – АПП типа «нефть»; 3 – АПП типа «газ»; 4 – АПП типа «опорный горизонт».

Для южного блока максимумы значений смещены к восточной границе и расположены в области точек ВЭРЗ №№ VA10, VA06, VA09. Для Аккудукской АТЗ область точек зондирования A10, A06 и A09 можно считать наиболее перспективной для поисков залежей нефти. В центральном и северном блоках аномалии максимальные значения АПП приурочены к их центральным частям. Максимальная мощность АПП определена в точке зондирования № Y01.

Суммарная мощность АПП типа «газ» увеличивается от южного блока к северному (Рис. 2е). Максимальное значение этого параметра определено в центре северного блока в точке зондирования № Y02.

На диаграммах ВЭРЗ в интервале глубин 2500-2800 м фиксируется кровля мощного АПП, подошва которого не прослеживается (Рис. 3). Выделенную границу условно можно считать кровлей палеозойского фундамента, который представлен, скорее всего, эффузивным комплексом пород нижнего и среднего девона. В пределах АТЗ по кровле «фундамента» выделяется валоподобное поднятие (Рис. 2г). Максимальное поднятие кровли «фундамента» зафиксировано в южном блоке в районе точек зондирования №№ VA06 и VA04. Абсолютные отметки кровли «фундамента» в этой зоне достигают 2440 м, в центральном блоке – 2480 м, в северном – 2500 м. Резкое погружение кровли «фундамента» наблюдается в юго-западном и западном направлениях – до 2800 м. Амплитуда сброса в юго-западном направлении достигает 360 м, в восточном – сброс более по-

логий с амплитудой до 200 м. Абсолютные отметки кровли «фундамента» достигают значений 2640 м. Выделенное поднятие «фундамента» может ограничиваться разрывными нарушениями с западной и восточной сторон.

В интервале глубин 1200 – 1400 м на диаграммах ВЭРЗ уверенно выделяется горизонт «терригенно-карбонатных пород» мощностью до 100 м (Рис. 3). Он был выбран в виде опорного (маркирующего) горизонта и прослежен по площади АТЗ. В пределах площади АТЗ выявлено поднятие по кровле «опорного горизонта» («ОГ») с амплитудой до 160 м с западной стороны и до 100 м – с восточной (Рис. 2в). Максимальное поднятие кровли «ОГ» определено в центральном блоке в точке зондирования № Y01 – 1200 м. В южном блоке абсолютная отметка кровли «ОГ» равна 1240 м, в северном блоке – 1300 м.

Выделенный «опорный горизонт» практически унаследует положительную форму рельефа, установленную по кровле палеозойского «фундамента». Поднятие фиксируется также и в подошве туфогенного комплекса пород (Рис. 2б). Через зону АТЗ построены схематические разрезы по профилям № А1-1а, № А2-2а и № А3-3а (Рис. 3). Выделенные АПП типа «газ» и «нефть» приурочены к антиклинальному поднятию, которое прослеживается по кровле «фундамента» и кровле «опорного горизонта». Пласты АПП расположены в комплексе пород, залегающих между двух границ – «фундамента» и «опорного горизонта».

Для южного блока можно ожидать наличия комбинированной ловушки УВ: структурной и тектонически-экранированной нарушением, проходящим с восточной стороны блока. Максимальные значения суммарной мощности АПП типа «нефтяной пласт» определены в точке зондирования № VA10 – 188 м. Средняя мощность АПП в интервале глубин 1600 - 2000 м – 6.9 м.

В пределах центрального блока можно ожидать наличия антиклинальной ловушки УВ. Максимальные значения суммарной мощности АПП типа «нефть» – 188 м. Средняя мощность АПП в интервале глубин 1600-2000 м – 6.2 м.

Харьковская аномальная зона прослежена методом SKIP от северной границы площади в юго-западном направлении на протяжении 6 км (Рис. 1). Ширина зоны – 2 км, площадь – около 12 км<sup>2</sup>. Зона АТЗ проявилась как один цельный блок. По данным зондирования для АТЗ также построены карты мощности АПП типа «нефть» и «газ» по площади аномалии. Максимальные мощности АПП типа «нефть» установлены в районе точек ВЭРЗ №№ Y19–X07, типа «газ» – в районе точек №№ Y23, Y19 и №№ Y20, X13.

В пределах зоны АТЗ, в районе точек ВЭРЗ №№ Y23, Y19 установлено поднятие кровли «фундамента» с абсолютной отметкой 2440 м. В юго-западном и западном направлениях «фундамент» погружается до отметки 2720 м. Амплитуда поднятия кровли «фундамента» с юго-западной стороны – 280 м. В северной части зоны выделено отдельное поднятие в районе точки ВЭРЗ № Y23. Абсолютная отметка кровли здесь – 2520 м, амплитуда поднятия – 120 м.

«Опорный горизонт» в районе аномалии «Харьковская» выделен в интервале 1300-1500 м, его мощность – около 40 м. По кровле «ОГ» выделяются южное и северное поднятия с амплитудами 180 и 200 м. Южное поднятие совпадает с южной максимальной мощностью АПП типа «нефть».

Вертикальные разрезы через зону АТЗ построены по профилям № X1-1а, № X2-2а, № X3-3а, № X4-4а (Рис. 4).

Выделенные АПП типа «газ» и «нефть» приурочены к антиклинальному поднятию в южной части АТЗ. Максимальные значения суммарной мощности АПП типа «нефть» расположены на юго-восточном склоне поднятия, в районе точки зондирования № У19. Для данной аномалии можно прогнозировать наличие ловушки УВ комбинированного типа, структурной и тектонически-экранированной.

## Выводы

На Аккудукской площади определены детальные контуры аномалии типа «залежь». В ее пределах выделены три отдельных блока. Построены карты кровли палеозойского «фундамента» (граница  $D_{1-2}$ ) и «опорного горизонта». В пределах аномалий выявлены поднятия кровли «фундамента» и «опорного горизонта». Антиклинальные зоны согласуются с максимальными величинами суммарной мощности АПП типа «нефть».

Южный блок АТЗ является наиболее перспективным для поисков нефти. Здесь возможна ловушка комбинированного типа – антиклинальная структура, тектонически-экранированная с юго-восточной стороны. Глубина залегания основных АПП в пределах южного блока – 1500–2300 м. Наиболее перспективной площадью для заложения разведочной скважины является участок, расположенный между точками зондирования №№ А10, А06 и А09.

В пределах Харьковской АТЗ по кровлям «фундамента» и «опорного горизонта» выделено два поднятия. В зоне южного поднятия выявлены максимальные значения суммарной мощности АПП типа «нефть». Наиболее перспективная площадь для поисков залежей УВ расположена между точками зондирования ВЭРЗ №№ У19–У23–Х07–Х06. При заложении разведочной скважины глубиной 2500 м наиболее перспективным является место в районе точки ВЭРЗ № У19, а глубиной 2000 м – № Х07.

Проведенные рекогносцировочные и детальные геоэлектрические исследования на площади Костанайского нефтегазоперспективного блока еще раз продемонстрировали целесообразность применения технологии СКИП-ВЭРЗ «прямых» поисков УВ как для рекогносцировочного обследования значительных по площади нефтегазоперспективных территорий, так и детального изучения отдельных структурных элементов строения осадочного чехла в пределах участков расположения выявленных аномалий типа «залежь». Возможность выполнения геоэлектрической съемки СКИП с движущегося автомобиля позволяет проводить такого рода обследования в сжатые сроки. В свою очередь, рекогносцировочные работы позволяют при минимальных затратах оперативно обнаруживать и выделять перспективные на нефть и газ участки, на которых целесообразно ставить детальные сейсмические и другие геофизические исследования, а также в контурах которых следует размещать параметрические и разведочные скважины. Можно констатировать, что выполнение этапа рекогносцировочных исследований будет способствовать существенному повышению эффективности геолого-геофизических исследований на нефть и газ в целом, с одной стороны, а также увеличению информативности и содержательности таких исследований, с другой.

Относительно короткий временной промежуток полевых работ на территории Костанайской площади (10 и 7 рабочих дней на рекогносцировочном и детализационном

этапах, соответственно) свидетельствует также о высокой мобильности и оперативности получения с помощью технологии СКИП-ВЭРЗ новой (дополнительной) информации о перспективах выявления УВ в пределах площади исследований. Такая оперативная дополнительная информация предоставляет заказчикам (недропользователям, инвесторам) возможность более объективно и обоснованно оценивать перспективы нефтегазоносности конкретной площади, а значит и оперативно принимать взвешенные и обоснованные управленческие решения по поводу дальнейших действий относительно каждой такой площади.

Результаты исследований позволяют еще раз акцентировать внимание на объективно predetermined важность для технологии СКИП-ВЭРЗ метода вертикального электрорезонансного зондирования. В дополнение к возможности обнаружения и локализации геоэлектрических аномалий типа «залежь» на площади исследований методом СКИП, зондирование методом ВЭРЗ в пределах выделенных аномальных зон дает возможность с высокой точностью оценивать глубины расположения аномально поляризованных пластов типа «нефтяной пласт», «газовый пласт», «водонасыщенный пласт», и т.д. в разрезе. Причем, как показали геоэлектрические исследования на известных месторождениях и перспективных площадях в Западном Казахстане, метод позволяет эффективно решать такого рода задачи в надсолевых, подкарнизных и подсолевых комплексах пород. Использование данных зондирования ВЭРЗ при обработке и интерпретации материалов детальных сейсмических исследований будет также способствовать повышению эффективности последних.

Рекогносцировочный этап геоэлектрических исследований на Костанайской площади (Левашов, 2006б) вполне убедительно продемонстрировал, что экспресс-технология СКИП-ВЭРЗ может успешно и эффективно использоваться на этапах разбраковки и заверки аномалий и перспективных на УВ зон, выявленных в пределах площадей исследований дистанционными методами изучения Земли. В связи с этим, авторы выражают искреннюю благодарность Заказчику за предоставленную возможность практически продемонстрировать эффективность и экономическую целесообразность (а может даже и объективную необходимость) комплексирования дистанционных методов с технологией СКИП-ВЭРЗ «прямых» поисков и разведки месторождений УВ.

## Литература

- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Таскинбаев К.М. Поиски и разведка скоплений углеводородов геоэлектрическими методами на нефтяных месторождениях Западного Казахстана. *Георесурсы*. № 1. 2003. 31-37.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скоплений нефти и газа геоэлектрическими методами: возможности и перспективы. *Мат. конф. Нетрадиционные коллекторы нефти, газа и природных битумов*. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2005. 163-166.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Экспресс-технология «прямых» поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: результаты практического применения в 2001-2005 гг. *Геоинформатика*. № 1. 2006а. 31-43.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Жулдаспаев М.Д., Корчагин И.Н., Якубовский В.И. Комплексирование космогеофизических и геоэлектрических методов при рекогносцировочных исследованиях на нефть и газ. *Мат. конф. «Углеводородный потенциал фундамента молодых и древних платформ...»*. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2006б. 165-169.