

С. П. Левашов, член-корреспондент НАН Украины Н. А. Якимчук,  
И. Н. Корчагин

## Экспериментальные геоэлектрические исследования на Шебелинском газоконденсатном месторождении

*Експериментальні геоелектричні дослідження на Шебелинському газоконденсатному родовищі (ГКР) виконані у лютому 2008 р. з використанням експрес-технології “прямих” пошуків та розвідки скопчень вуглеводнів (ВВ), яка містить методи становлення короткоімпульсного поля (СКИП) – вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) і флюксометричну зйомку. Згідно з результатами проведених досліджень, закартована аномалія типу поклад (АТП) добре збігається з контуром Шебелинської структури; зйомкою СКИП у межах Західно-Шебелинської площі не підтверджуються заявлені для неї прогнозні ресурси ВВ; три АТП виявлені зйомкою СКИП поблизу Шебелинської структури; масивно-пластовий поклад ВВ фіксується діаграмою зондування в межах Шебелинського ГКР; інтервал інтенсивного нафтогазонасичення встановлено за межами Шебелинської структури на глибинах 5500–6600 м; технологію СКИП – ВЕРЗ можна використовувати для оперативної оцінки перспектив нафтогазонасиченості глибинних (понад 6000 м) горизонтів осадового чохла.*

Одно из главных направлений увеличения объемов добычи нефти и газа в Украине связывается специалистами академической науки, ведомственных институтов и нефтегазовой отрасли с освоением глубинных нефтегазоперспективных горизонтов в Днепровско-Донецкой впадине (ДДВ). Оперативное решение этой задачи требует применения эффективных методов поисков и разведки нефти и газа, а также современных методов глубинного бурения и добычи углеводородов (УВ) с больших глубин. К сожалению, оборудование и технологии бурения на большие глубины в Украине отсутствуют. В связи с этим для разведки и разработки глубокозалегающих залежей УВ привлекаются зарубежные компании, владеющие такого рода технологиями.

Начиная с 2006 г., целенаправленно проводятся полевые эксперименты по изучению возможности использования для поисков глубокозалегающих резервуаров УВ экспрес-технологии СКИП – ВЭРЗ “прямых” поисков и разведки скоплений УВ (методов становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ)) [1–4]. В частности, в 2006 г. полевые экспериментальные исследования глубинных нефтегазоперспективных горизонтов методами СКИП – ВЭРЗ проведены на Кобзевском газоконденсатном месторождении (ГКМ) [5], а также в пределах ряда площадей в Полтавской области [2, 3]. В первой декаде февраля 2008 г. такого же рода эксперименты проведены на крупнейшем в Украине Шебелинском ГКМ [6]. Ниже представлены результаты выполненных исследований.

В тектоническом отношении Шебелинское ГКМ [6] находится в приосевой зоне восточной части ДДВ, в пограничной полосе с северной прибортовой зоной. Подняtie выявлено в 1947 г. геологической съемкой. Поиски и разведка газовых залежей проводились с 1949 до 1956 гг. На месторождении впервые в ДДВ выявлена уникальная массивно-пластовая сводчатая залежь высотой 1180 м. На 1.01.1994 г. эксплуатационный фонд насчитывал

561 скважину. Суммарная добыча газа достигла 569,8 млрд м<sup>3</sup>, т.е. 88,0% подсчитанных (650 млрд м<sup>3</sup>) запасов. На настоящий момент объем добытого газа превысил прогнозируемые запасы более чем в два раза, что позволило исследователям выдвинуть предположение о возможной подпитке разрабатываемой части структуры глубинными флюидными потоками.

Геолого-геофизическими исследованиями [7, 8] в окрестностях Шебелинской структуры выделено несколько отдельных площадей, а также оценены возможные ресурсы газа в их пределах: Западно-Шебелинская — 10 млрд м<sup>3</sup>, Северно-Шебелинская — 20 млрд м<sup>3</sup>, Южно-Шебелинская — 60 млрд м<sup>3</sup>, Восточно-Шебелинская — 17 млрд м<sup>3</sup>.

В 1998–2002 гг. в пределах западной части Шебелинской площади проведены сейсморазведочные работы ГПП “Укргеофизика”, а в 2004 г. ГП УкрНИИГаз даны рекомендации на бурение в пределах лицензионного участка одной поисковой и шести разведочных скважин. Согласно дополнительным исследованиям, общие ресурсы и запасы Западно-Шебелинской площади составляют ~ 20 млрд м<sup>3</sup>.

В пределах структуры и ее окрестностях выполнен значительный объем сейсмических работ, по результатам которых [7] “более обоснованно рассмотрены перспективы Шебелинской площади для поисков новых залежей УВ”.

В пределах Шебелинской структуры и в ее окрестностях съемка методом СКИП рекогносцировочного характера с автомобиля проводилась в основном вдоль дорог. Зондирование методом ВЭРЗ выполнено в пределах самой структуры (точка V1) и в северной аномальной зоне, в ее окрестностях (точка V2) (рис. 1). В тезисном изложении результаты исследований сводятся к следующему.

**1.** В целом, геоэлектрическая аномалия типа залежь практически полностью совпадает с контуром Шебелинской структуры. В ее пределах фиксируются участки повышенной и пониженной интенсивности поля СКИП, в восточной части даже два небольших интервала отрицательных значений поля.

**2.** На маршрутах измерений в пределах Западно-Шебелинской площади, а также на западной части самой Шебелинской структуры аномальные значения поля СКИП не зафиксированы. Это ставит под сомнение целесообразность проведения здесь дальнейших геолого-геофизических работ и запланированного бурения в первую очередь.

**3.** В пределах Северно-Шебелинской площади фиксируется небольшая аномалия.

**4.** В центральной части Восточно-Шебелинской площади зафиксирована аномальная зона типа залежь, на север от нее перспективы обнаружения газоносности отсутствуют, в южном направлении — выявлена интенсивная аномалия, которая как бы является продолжением аномалии над Шебелинской структурой, однако полностью она не оконтурена.

**5.** На Южно-Шебелинской площади маршрутная съемка СКИП не проводилась.

**6.** Севернее Шебелинской структуры отдельными маршрутами съемки обнаружены две аномальные зоны типа залежь (см. рис. 1). Есть веские основания предполагать, что после детализационных работ суммарная площадь этих аномальных зон может превысить площадь аномалии типа залежь в пределах Шебелинского поднятия непосредственно.

**7.** В аномальной зоне месторождения зондирование ВЭРЗ в точке V1 выполнено в интервале глубин 1100–6500 м, где установлено три интервала газоносности (1385–1466 м, 3 АПП “газ”,  $H_c = 23$  м; 1584–1772 м, 3 АПП “газ”,  $H_c = 28$  м; 1860–2150 м, 22 АПП “газ”,  $H_c = 118$  м), последний из которых может классифицироваться как интервал интенсивной газонасыщенности. В практике проведения зондирований ВЭРЗ на других объектах такие оригинальные случаи не встречались. Массивно пластовая залежь УВ на Шебелинском

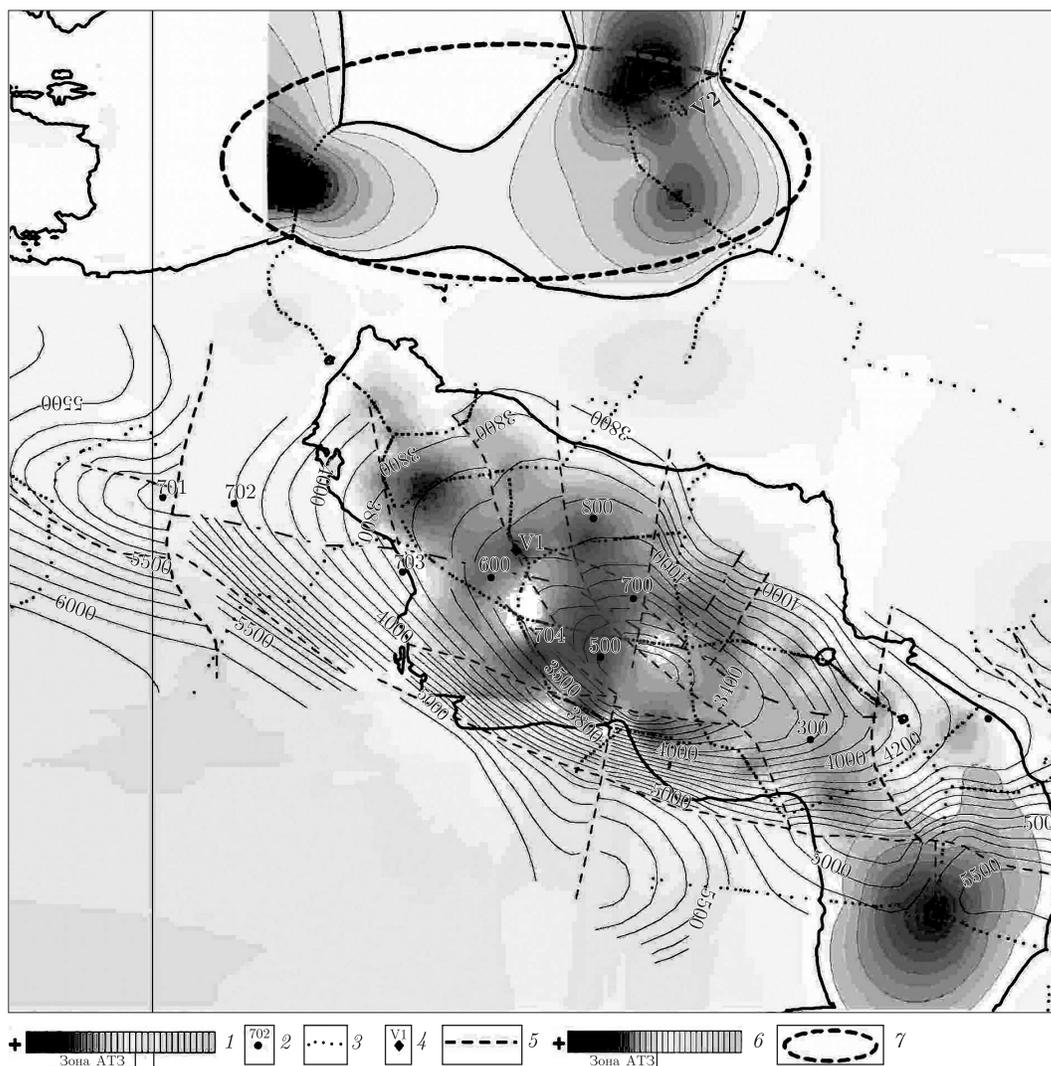


Рис. 1. Карта геоэлектрических аномалий типа залежь на структурной карте горизонта  $V6_1^{1-n}$  ( $C_2m$ ) Шебелинского ГКМ:

1 — шкала значений поля СКИП (АТЗ типа газ + конденсат в пределах Шебелинской структуры непосредственно); 2 — скважины; 3 — точки съемки СКИП; 4 — пункты ВЭРЗ; 5 — тектонические нарушения; 6 — шкала значений поля СКИП (АТЗ типа газ + нефть в пределах северной и южной аномальных зон); 7 — вероятный контур северной аномальной зоны

месторождении фиксируется 22 АПП на диаграмме зондирования. АПП типа соль зафиксирован на глубине 5140 м, прослежен до 6500 м — нижняя граница соли не достигнута.

8. В северной аномальной зоне (см. рис. 1) зондирование в точке V2 проведено в диапазоне глубин от 1000 до 6600 м. Здесь выделено два интервала газоносности (2639–3039 м, 3 АПП “газ”,  $H_c = 10$  м; 5510–6600 м, 8 АПП “газ” и “нефть”,  $H_c = 160$  м), причем в нижнем интервале для АПП “газ” —  $H_c = 57$  м, а АПП “нефть” —  $H_c = 107$  м, глубже он не прослеживался. Суммарная мощность всех АПП в этой точке равна 170 м и, практически, сопоставима с таковой в точке V1. Интенсивность поля СКИП в этих аномальных зонах, а также суммарная мощность АПП в разрезе объективно указывают на целесообразность

проведения на этих участках детальных исследований методами СКИП — ВЭРЗ, а также других геолого-геофизических работ.

В целом, результаты работ указывают на целесообразность проведения в пределах Шебелинской структуры и на прилегающих к ней площадях детальных исследований методами СКИП — ВЭРЗ. Актуальность таких работ не вызывает сомнений, если учесть планируемое проведение в этом районе масштабных геолого-геофизических исследований и бурения с целью оценки перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов геологического разреза. Методами СКИП — ВЭРЗ непосредственно здесь может быть оперативно выполнен следующий комплекс полевых работ:

1) площадная съемка методом СКИП по существенно более плотной сети наблюдений. Материалы такой съемки позволят обоснованно выделить наиболее перспективные участки для проведения сейсморазведки ЗД, других геофизических работ и бурения в первую очередь;

2) в пределах выявленных и закартированных аномальных зон типа залежь следует выполнить достаточный для предварительной оценки запасов УВ объем зондирований ВЭР. Зондирование до глубин 10–12 км позволит оперативно и обосновано оценить в первом приближении перспективы нефтегазоносности глубинных горизонтов района;

3) в пределах Шебелинской структуры могут быть проведены в полном объеме экспериментальные работы с целью изучения возможностей применения технологии ВЭРЗ для предварительной оценки запасов УВ;

4) существенный интерес представляет также исследование возможностей применения методов СКИП — ВЭРЗ для обнаружения в разрезе Шебелинского ГКМ пропущенных (не выявленных) продуктивных залежей (пластов);

5) зондированием в пределах Шебелинской структуры целесообразно проследить верхнюю и нижнюю границы (мощности) солевой толщи, а также оценить перспективы газоносности подсолевых (подкарнизных) отложений.

Экспериментальные геоэлектрические работы в пределах крупнейшего в Украине газоконденсатного месторождения еще раз показали работоспособность и экономическую эффективность технологии СКИП — ВЭРЗ. Включение этой технологии в традиционный комплекс геолого-геофизических методов поисков и разведки месторождений УВ существенным образом ускорит геологоразведочный процесс на нефть и газ, с одной стороны, и повысит его информативность — с другой. Возможности технологии СКИП — ВЭРЗ при рекогносцировочном обследовании труднодоступных и удаленных территорий (морских акваторий) существенно расширяет апробированная методика [2, 4] проведения съемки СКИП с самолета.

Геоэлектрические исследования на разрабатываемых (крупных и средних) месторождениях, а также в их окрестностях позволяют оперативно обнаружить новые перспективные участки, объекты и горизонты, а также проследить простирание по площади недостаточно изученных бурением продуктивных пластов.

Технология СКИП — ВЭРЗ может эффективно использоваться для оперативной оценки перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов (свыше 6000 м) осадочного чехла.

В заключение еще раз акцентируем внимание на принципиально важном моменте — на целесообразности использования технологии СКИП — ВЭРЗ для поисков средних и крупных месторождений нефти и газа [1, 2]. Известно, что анализ и обобщение геолого-геофизических данных для различных участков и площадей территории Украины выполнялся и продолжает проводиться в настоящее время различными научными и производственными

организациями. Результаты такого рода обобщений можно найти в многочисленных публикациях и научных отчетах. Оперативное рекогносцировочное обследование таких нефтегазоперспективных зон, площадей и участков геоэлектрическими методами СКИП — ВЭРЗ позволит выделить наиболее интересные объекты (по площади и глубинах залегания) для дальнейшего детального изучения. Технология СКИП — ВЭРЗ позволяет провести такого рода ранжирование объектов в достаточной степени эффективно и в сжатые сроки.

На целесообразность включения технологии СКИП — ВЭРЗ в комплекс геолого-геофизических методов поисков и разведки скоплений УВ указывают итоги геологоразведочных работ и бурения в 1995–2006 гг. в Южном Каспии [9]. Так, почти все контрактные блоки и площади были подготовлены под глубокое бурение двухмерной и трехмерной сейсморазведкой, результаты которой позволяют достаточно надежно моделировать природные резервуары-ловушки. Однако бурением 1995–2006 гг. не подтверждены предполагавшиеся ресурсы УВ в объеме 4,33 млрд т (в нефтяном эквиваленте), в том числе ожидаемые 930 млн т нефти и 3,4 трлн м<sup>3</sup> газа. Общие затраты компаний-операторов составили около 1 млрд долл. [9]: на геофизические работы — примерно 110 млн долл., на бурение — 830 млн долл. (пробурено 55 тыс пог. м).

1. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Таскинбаев К. М. Технология прямых поисков залежей углеводородов геоэлектрическими методами и результаты ее применения на нефтегазовых месторождениях Западного Казахстана // Геоинформатика. – 2002. – № 3. – С. 15–25.
2. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Червоний Н. П. Экспресс-технология прямых поисков и разведки скоплений углеводородов геоэлектрическими методами: новые возможности ускорения геологоразведочного процесса на нефть и газ // Нефтян. хозяйство. – 2008. – № 2. – С. 112–117.
3. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Пищаный Ю. М. Возможности геоэлектрических методов при изучении перспектив нефтегазоносности глубинных горизонтов Днепровско-Донецкой впадины // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ: ТОВ “Карбон-сервіс”, 2008. – С. 25–32.
4. Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. и др. Рекогносцировочные воздушные и детализационные наземные геоэлектрические исследования на Костанайской нефтегазоперспективной площади // Геоинформатика. – 2008. – № 1. – С. 18–27.
5. Бенько В. М., Дячук В. В., Мачужак М. И., Олексюк В. И., Лизанец А. В., Лагутин А. А., Волосник Е. А., Горайнова О. Б. Кобзевское месторождение – основной объект поисково-разведочных работ и увеличения добычи газа ДК “Укргазвидобування” / Материалы междунар. науч.-техн. конф. “Геопетрель-2006”, 18–21 сент. 2006 г. Закопане. – Краков: Б. и., 2006. – С. 855–858.
6. Атлас месторождений нефти и газа Украины: В 6 т. Т. 3. Восточный нефтегазоносный регион. – Львов, 1999. – С. 1031–1038.
7. Гладченко Ю. А. Изучение Шебелинской структуры сейсморазведкой МОВ — ОГТ // Науч. вестн. Нац. горн. ун-та. – 2007. – № 11. – С. 38–44.
8. Малиновский А. К. Результаты моделирования соляного штока в ядре Шебелинской структуры по данным гравиразведки // Там же. – 2007. – № 11. – С. 45–49.
9. Рачинский М. З. Южно-Каспийский бассейн: геологические аспекты перспектив, оценка углеводородного потенциала стратегия поисков месторождений нефти и газа // Геофизика XXI столетия: 2007 год: Сб. тр. “Девятое геофизические чтения имени В. В. Федьнского”, 1–3 марта 2007 г., Москва. – Тверь: ООО “Издательство ГЕРС”, 2008. – С. 282–304.

*Институт прикладных проблем экологии,  
геофизики и геохимии, Киев  
Центр менеджмента и маркетинга в области  
наук о Земле Института геологических наук  
НАН Украины, Киев  
Институт геофизики им. С. И. Субботина  
НАН Украины, Киев*

*Поступило в редакцию 14.05.2008*

**S. P. Levashov**, Corresponding Member of the NAS of Ukraine **N. A. Yakymchuk**,  
**I. N. Korchagin**

### **Experimental geoelectric studies on the Shebelinka gas-condensate deposit**

*The results of experimental geoelectric investigations on the Shebelinka gas-condensate deposit (Dnieper-Donets depression) in February of 2008 are given. The innovative express-technology of “direct” searching and prospecting for hydrocarbon reservoirs has been used. The technology includes the method of formation of short-pulsed electromagnetic field (FSPEF), flux-meter survey and method of vertical electric-resonance sounding (VERS). Integrated application of these methods allows to find and map on the area the “deposit” type anomalies (DTA), and to define the total thickness and bedding depths. The results show following: a) the mapped deposit-type anomaly (DTA) well coincides with the Shebelinka structure contour; b) the FSPEF survey data on the Western-Shebelinka area put under doubt the declared prognosis resources of hydrocarbons in this area; c) three DTAs were revealed by the FSPEF survey in the Shebelinka structure vicinities; d) massive hydrocarbon deposits are fixed by sounding diagrams on the Shebelinka field; e) the interval of intensive gas-and-oil content was fixed in a depth range of 5500–6600 m outside the Shebelinka structure; f) the FSPEF-VERS technology can be used for an operative estimation of oil-and-gas content prospects of deep horizons (above 6000 m) of the sedimentary cover.*