

УДК 550.837.6

**Е.М.ШЕРЕМЕТ**, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, зав. отделом*

**М.Т.ТИРКЕЛЬ**, *канд. техн. наук, зам. директора*

**В.В.ТУМАНОВ**, *зав. отделом*

**Н.Г.АГАРКОВА**, *старший научный сотрудник*

**И.Ю.НИКОЛАЕВ**, *старший научный сотрудник*

**А.В.СЕМЕНОВ**, *инженер*

*Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела Национальной академии наук Украины, Донецк; ukrnimi@ukrnimi.donetsk.ua*

**Ye.M. SHEREMET**, *Dr. in geol. & min. sc., professor, team leader*

**M.G.TIRKEL**, *PhD in eng. sc., pro-director*

**V.V.TUMANOV**, *team leader*

**N.G.AGARKOVA**, *senior research assistant*

**I.U.NIKOLAEV**, *senior research assistant*

**A.V.CEMENOV**, *engineer*

*Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying of the National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk; ukrnimi@ukrnimi.donetsk.ua*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОИСКОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ УКРАИНЫ**

В течение длительного периода (1998-2010 гг.) наш институт проводит исследования по выявлению залежей углеводородного сырья геоэлектрическими методами аудиоманнителлурического зондирования (АМТЗ) в Днепровско-Донецкой впадине (ДДВ), на побережье Азовского моря, в континентальной части Керченского полуострова и в Добрудже. Полевые работы АМТЗ по профилям заключались в наблюдении компонент  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$  естественного электромагнитного поля Земли в диапазоне частот 7,81-40000 Гц (36864 записи на одну физическую точку), 1,56-600 Гц (32768 записей), 0,049-30 Гц (32768 записей), 0,012-8 Гц (32768 записей). При полевых исследованиях использовалась электроразведочная аппаратура АМТФ российского производства в связке с переносной ЭВМ. В отдельных регионах (Керченский полуостров, Добруджа) дополнительно использовались другие геоэлектрические методы.

**Ключевые слова:** Украина, углеводородное сырье, геоэлектрические методы.

## **EMPLOYMENT OF GEOELECTRICAL METHODS FOR PROSPECTING FOR HYDROCARBON STOCK IN CONTINENTAL CONDITIONS OF UKRAINE**

For a long time (1998-2010) Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying of the National Academy of Sciences of Ukraine has been carrying out investigations to delineate hydrocarbon stock deposits employing geoelectrical methods of Audiomagnetotelluric (AMT) Sounding in the Dnieper-Donetsk cavity (DDC), at the coast of the Azov Sea, in the continental part of the Kerch peninsula in Dobrudja. Field work dealt with AMT sounding along profiles consisted in observing  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$  components of the natural earth's electromagnetic field in the frequency range of 7,81-40000 Hz (36864 records for one physical point); 1,56-600 Hz (32768 records); 0,049-30 Hz (32768 records);

0,012-8 Hz (32768 records). AMTF electrical exploration equipment (made in Russia) was being employed together with the portable computer. In some regions (the Kerch peninsula, Dobrudja) VES and natural earth's electromagnetic field methods were being employed additionally.

**Key words:** Ukraine, hydrocarbon stock, geoelectrical methods of Audiomagnitotelluric Sounding.

В основу применения метода аудиоманнитотеллурического зондирования (АМТЗ) с разрешающей способностью по глубине 0,5-2,0 км были положены наблюдения об эпигенетическом преобразовании пород, залегающих над нефтяной залежью. В процессе эпигенетических преобразований резко меняются физические свойства пород, сопротивление которых увеличивается в 5-10 раз вследствие процессов выщелачивания гидрослюд, монтмориллонита, полевых шпатов и выноса кальцита. Анализ распределения сопротивлений показал, что повышенные значения сопротивления приурочены к областям скопления углеводородного сырья.

Технологию поисков нефти и газа методом АМТЗ кратко можно описать следующим образом:

- 1) построение геолого-геофизической модели по данным электрокаротажа скважин;
- 2) построение блочной модели по геолого-геофизической модели электрокаротажа скважин;
- 3) построение геоэлектрических разрезов и карт по данным полевых наблюдений;
- 4) сопоставление геоэлектрических разрезов с геолого-геофизической моделью по данным электрокаротажа скважин;
- 5) прогноз участков, перспективных на нефть и газ.

В 1997-2000 гг. была разработана технология оконтуривания нефтегазовых месторождений электроразведочным методом АМТЗ в пределах северного борта ДДВ [5], выполнены полевые электроразведочные работы на двух эталонных месторождениях углеводородов и шести перспективных площадях: Юльевской, Безлюдовской, Белогоревской, Любашевской, Богодуховской Гашиновской, Гранатовской-1 и Гранатовской-2. Начиная с 2003 и по 2007 г., отдел электромагнитных методов исследований Института выполнял НИР в северной части ДДВ. В 2009 г. с целью исследования пер-

спективного на нефтегазоконденсатное сырье района в пределах Преддобужинского палеозойского прогиба (Татарбунарский и Саратовский районы Одесской области) были выполнены геоэлектрические исследования в зоне сочленения Восточно-Европейской и Западно-Европейской платформ (Добруджа).

#### **Краснодеркульская площадь ДДВ.**

Исследуемая площадь находится в пределах северо-восточного фланга Северного борта Днепровско-Донецкой впадины вблизи его границы с южным склоном Воронежского кристаллического массива.

Перспективы нижнекаменноугольных отложений на нефтегазоконденсатное сырье в Северном Донбассе связаны, в основном, с карбонатными рифогенными отложениями, для которых характерны высокие коллекторские свойства. Максимальная плотность скопления углеводородов приурочена к восточной части Северо-Донбасского нефтегазоносного района, в российской части которого открыты нефтяные залежи, причем наблюдается закономерная приуроченность газовых залежей к пластам песчаников и трещиноватых известняков среднего карбона и нефтяных залежей – к органогенным известнякам. В этом же районе расположено самое крупное нефтегазоносное месторождение Северного Донбасса – Марковское. В непосредственной близости от Краснодеркульской площади расположено Крутовское месторождение с двумя нефтяными залежами в кавернозных органогенных карбонатах серпуховского яруса. О перспективности Краснодеркульской площади свидетельствуют многочисленные нефтепроявления, отмеченные при структурно-поисковом бурении в свитах  $C_2^6 - C_2^7$ .

Основой для планирования исследований Казачьей структуры методом АМТЗ послужили данные сейсморазведочных работ Луганской геофизической экспедиции. По данным работ методом общей глубинной

точки (МОГТ) был построен динамический сейсмический разрез, на котором впоследствии были выделены две зоны, интерпретируемые как углеводородные ловушки. Разрешающая глубинность сейсмического разреза 2000 м, длина профиля 8500 м. По линии сейсморазведочного профиля пройден профиль АМТЗ Магистральный (рис.1, а). Перед началом геоэлектрических исследований была построена геолого-геофизическая модель по данным электрокаротажа четырех буровых скважинам глубиной около 800 м, расположенных непосредственно на участке работ, а также привлечены материалы удаленной глубокой скважины, пробуренной в сходных геологических условиях.

Построение геоэлектрического разреза по профилю АМТЗ Магистральный выявило ряд высокоомных аномалий, которые явились основанием для проведения дополнительных профилей (рис.1, б). Результаты геоэлектрических исследований площади высокоомной аномалии над сейсморазведочной структурной ловушкой приведены на рис.1, в. Отчетливо видно, что аномалия имеет наибольшее площадное распространение на горизонте 400-600 м и затухает на глубине 900 м.

По данным обобщенной геологической модели ниже песчано-алевролит-аргиллитовой толщи верхней части (от 150 до 750-800 м) геологического разреза сопротивлениями в интервале 15-30 Ом·м, с глубины 900 м должны идти известняки с сопротивлениями 25-60 Ом·м. Но фактически, по данным геоэлектрических разрезов (1D- и 2D-инверсии), этого не наблюдается, напротив, на глубине 0,9-1,75 км толща пород характеризуется весьма низкими значениями электросопротивлений в 2,5-5 Ом·м, которые обычно присущи высокопроводящим породам. Это может быть обводненная алевролит-аргиллитовая толща или чрезвычайно пористотрещиноватые карбонатные породы с заполненными водой пустотами. В самом разрезе по данным 2D-инверсии сопротивления пород начинают расти лишь с глубины 1,8 км.

По результатам проведенных исследований предложены два варианта интерпретации природы высокоомных аномалий:

Вариант 1. Если структурная ловушка, выявленная по сейсмическим данным, находится в толще обводненных известняков, то геоэлектрическая высокоомная аномалия может указывать на наличие в пределах ловушки газоконденсатных залежей.

Вариант 2. Если структурные ловушки, выявленные сейсморазведкой приурочены к границам раздела более высокоомной (15-30 Ом·м) алевролит-аргиллитовой и низкоомной (2,5-5,0 Ом·м) толщам пород, рассматриваемые структурные ловушки являются ложными, поскольку низкоомная часть геологического разреза сложена обводненной алевролит-аргиллитовой толщей, которая является практически неперспективной на залежи углеводородного сырья. Геоэлектрические аномалии над ними отображают единый процесс преобразования толщ пород за счет флюидов, исходящих от газоконденсатных залежей, находящихся на глубине более 1,8 км (электросопротивления 30-75 Ом·м). В этом варианте глубина бурения скважин должна быть увеличена до 1,8-2,0 км.

**Геоэлектрические исследования в зоне сочленения Восточно-Европейской и Западно-Европейской платформ (Северная Добруджа).** На исследуемой территории (Татарбунарского и Саратовского районов Одесской области) открытые в 1970-е гг. небольшие по запасам (до 3 млн т) месторождения нефти в отложениях верхнего и среднего девона на глубине 2600-3300 м связаны с локальными поднятиями в пределах Предобруджинского палеозойского прогиба [4]. Продуктивная толща здесь сложена переслаивающимися известняками, доломитами и ангидритами с локальными прослойками мергелей.

В 1990-2001 гг. на исследуемой территории НПП «Геопром» вместе с Институтом прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии выявили аномальные участки, расположенные параллельно речной долине Днестра и Днестровскому заливу. Аномалии электромагнитного поля связаны с возможной нефтеносностью рифогенных образований силурийского возраста на глубине 1200-1400 м, а также с возможными залежами в отложениях нижнего девона и верхнего про-

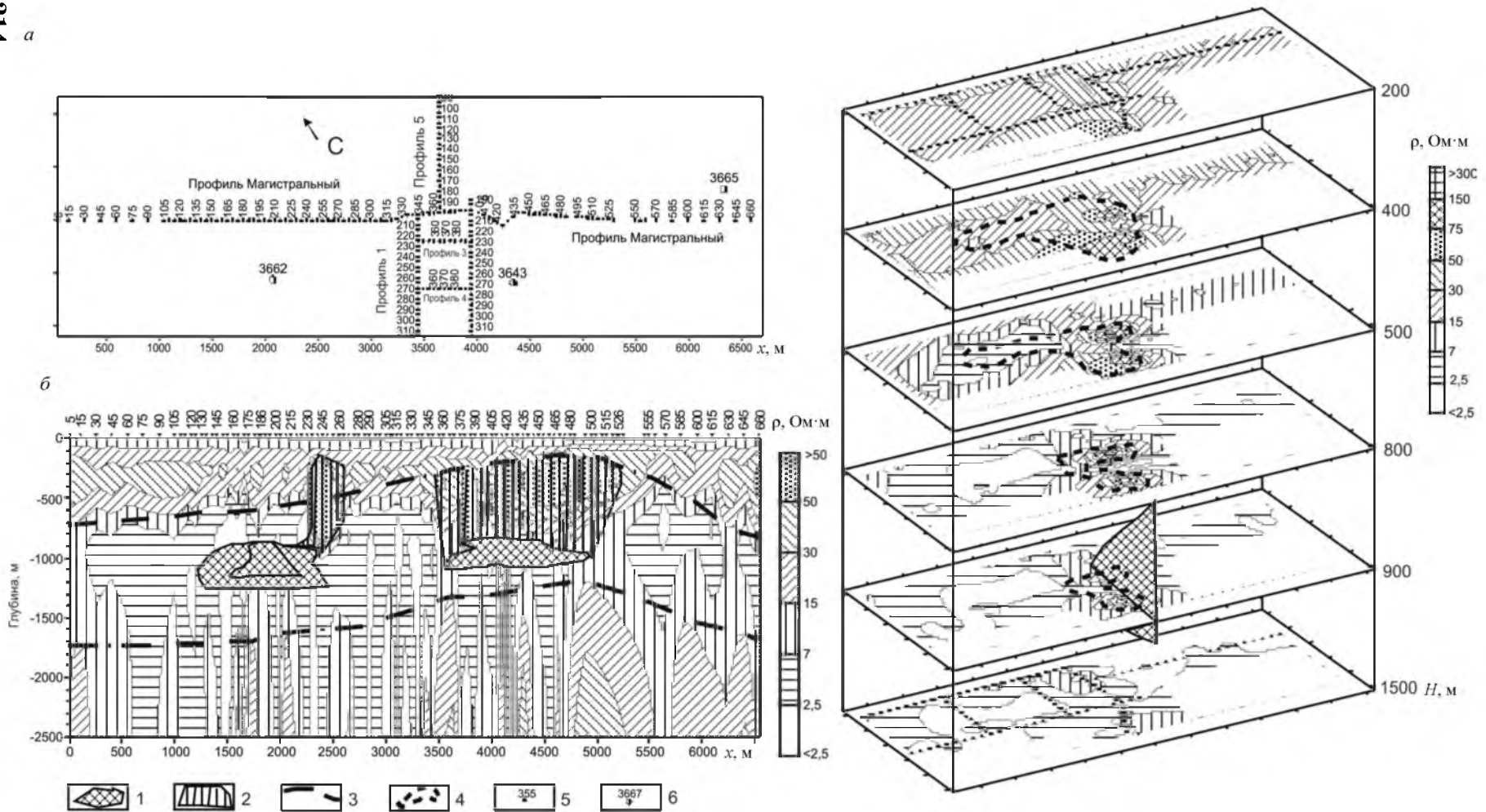


Рис. 1. Результаты геоэлектрических исследований методом АМТЗ на Казачьей структуре Краснодарской площади: а – схема расположения точек АМТЗ;

б – геоэлектрический разрез по профилю Магистральный, в – погоризонтное распределение значений продольного электросопротивления

1 – предполагаемые углеводородные ловушки по данным сейсморазведки; 2 – зона насыщения углеводородными флюидами по данным АМТЗ; 3 – контур низкоомной структуры, выделенной по локальным экстремумам изоом (обводненные породы); 4 – контур высокоомной аномалии по значениям продольного и поперечного электросопротивления (перспективная площадь); 5 – точка АМТЗ и ее номер; 6 – скважина и ее номер

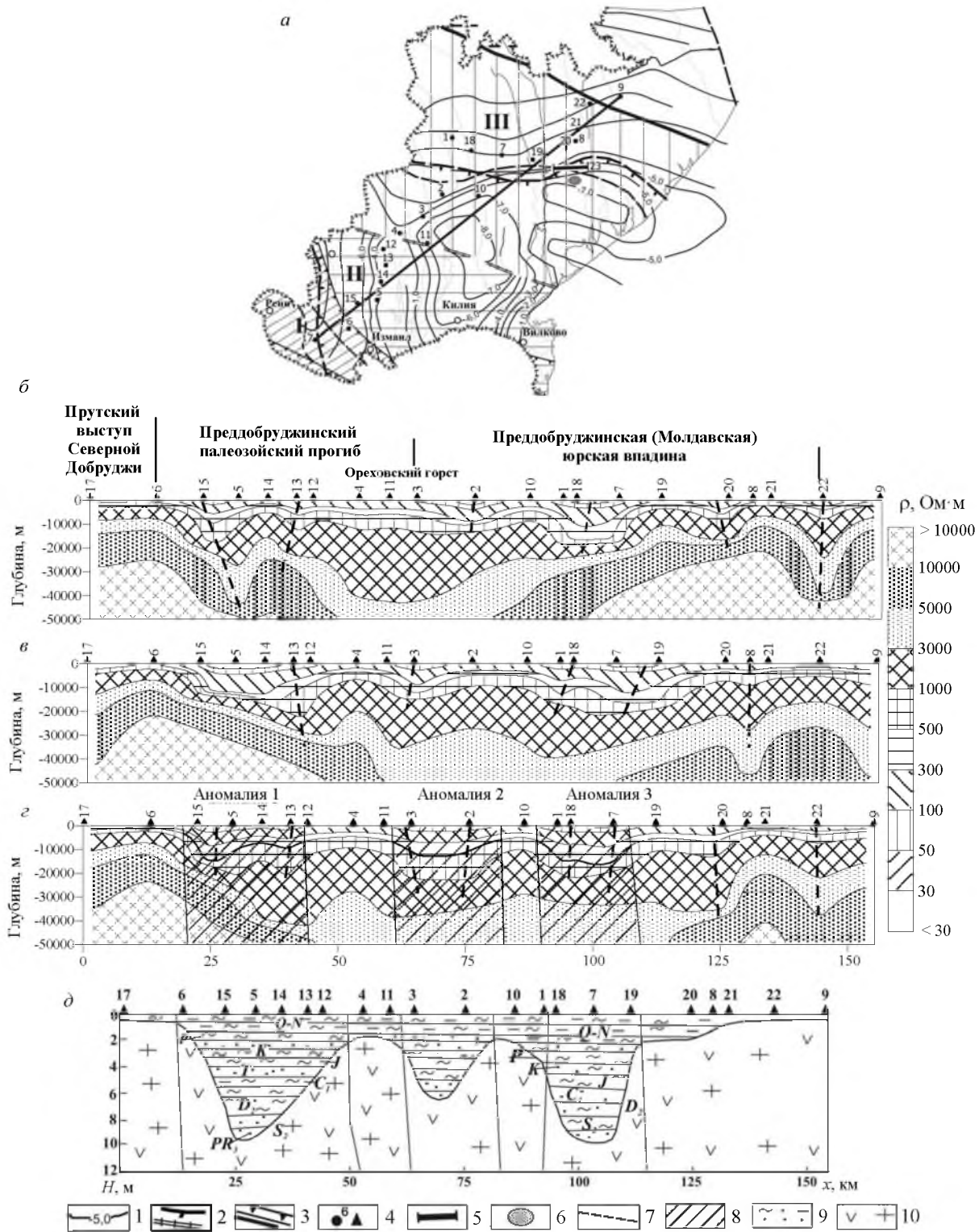


Рис.2. Результаты геоэлектрических исследований в Северной Добрудже: *а* – тектоническая схема Днестровско-Прутского междуречья; *б, в* и *г* – геоэлектрические разрезы по профилю Рени – Беляевка по данным АМТЗ (*б* – ХУ-компонента; *в* – УХ-компонента; *г* – эффективные значения); *д* – прогнозный геологический разрез 1 – изолинии поверхности фундамента; 2 – границы тектонических структур; 3 – тектонические нарушения; 4 – пункты МТЗ и АМТЗ; 5 – линия профиля АМТЗ; 6 – Восточно-Саратское нефтяное месторождение; 7 – тектонические нарушения по данным АМТЗ; 8 – перспективные участки; 9 – кристаллические породы фундамента; 10 – осадочные породы чехла; I – складчатое сооружение Пруцкого выступа Северной Добруджи; II – Преддобруджинский палеозойский прогиб; III – Преддобруджинская (Молдавская) юрская впадина

терозоя-кембрия [4]. Многими исследователями в публикациях по перспективам нефтегазоносности палеозойских отложений Преддобруджинского прогиба [1-3] отмечается, что главные перспективы на нефть и газ в Преддобрудже стоит связывать с карбонатными (рифогенными) образованиями.

Профиль Рени – Беляевка (рис.2, а) расположен в юго-западной части Одесской области. Начало профиля находится в 2 км к северу от с.Новосельское (между городами Рени и Измаилом); конец профиля – в 4 км к северо-востоку от с.Подгорное (неподалеку от Белгород-Днестровского). Длина профиля 155 км. Общее количество наблюдений по профилю 21 пункт. Среднее расстояние между пунктами 7 км. На каждом пункте наблюдений проводились исследования методами МТЗ и АМТЗ. Профиль пересекает последовательно с юго-востока на северо-восток складчатую структуру Прутского выступа Северной Добруджи, Преддобруджинский палеозойский прогиб, Преддобруджинскую (Молдавскую) юрскую впадину.

Распределение электросопротивления (частота 0,02-8,00 Гц) на глубинном разрезе до 50 км (рис.2, б-г) свидетельствует об последовательном увеличении сопротивления от низких значений (30-100 Ом·м) на глубине до 10 км к высоким на глубине более 10 км (300-3000 Ом·м). Разломы выделяются по градиентным зонам низкоомных геоэлектрических аномалий.

В геологическом отношении разрез на интервале глубин 7-10 км сложен осадочными отложениями нижнего кембрия и неопротерозоя, представленными гравелитами, песчаниками, аргиллитами, алевролитами. С глубинной отметки 10 км начинаются кристаллические породы фундамента – плагиограниты, кристаллосланцы и др.

Наш анализ исходил из представлений о перспективности на углеводородное сырье тех тектонических структур, в которых наиболее полно по мощности представлены осадочные отложения всех структурных ярусов разреза района исследований. Такие

структуры выделены нами на геоэлектрическом разрезе регионального профиля Рени – Беляевка. До глубины 50 км такими перспективными структурами являются низкоомные (30-300 Ом·м) аномалии в Преддобруджинском палеозойском прогибе и в Преддобруджинской (Молдавской) юрской впадине. Прогнозный геологический разрез (рис.2, д), построен по данным геоэлектрических исследований с учетом данных бурения и стратиграфического разреза района. Видно, что наибольшая мощность осадочных отложений чехла находится в пределах выделенных перспективных аномалий.

Мы полагаем, что электроразведочные работы методами АМТЗ и МТЗ способны при использовании предлагаемой технологии поисков выявлять перспективные площади на газоконденсатное сырье с поверхности. Они более эффективны в комплексе с сейсморазведочными методами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дворянин Е.С. Нафтоперспективність рифогено-карбонатних комплексів Азово-Чорноморського регіону / Е.С.Дворянин, С.О.Лизун, О.Ю.Лукін // Тектоника и нефтегазоносность Азово-Черноморского региона в связи с нефтегазоносностью пассивных окраин континентов. Симферополь, 2000. С.62-64.
2. Курилюк Л.В. До питання про сучасний стан підготовлених і виявлених перспективних об'єктів та якість геологічного обґрунтування напрямків геологорозвідувальних робіт на нафту і газ в Україні // Тектоника и нефтегазоносность Азово-Черноморского региона в связи с нефтегазоносностью пассивных окраин континентов. Симферополь, 2000. С.126-127.
3. Мачулина С.А. О перспективах нефтегазоносных палеозойских отложений Преддобруджинского прогиба в свете анализа новых геологических данных / С.А.Мачулина, В.К.Гавриш // Тектоника и нефтегазоносность Азово-Черноморского региона в связи с нефтегазоносностью пассивных окраин континентов. Симферополь, 2000. С.148-149.
4. Самсонов А.И. О предпосылках нахождения залежей нефти и газа в Одесской области / А.И.Самсонов, С.П.Левашов, Н.А.Якимчук, И.Н.Корчагин, Д.Н.Божежа // Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона: Сб. докл. 4-й Междун. конф. Симферополь, 2003. С.237-242.
5. Шеремет Е.М. Прогнозирование геоэлектрическими и геохимическими методами перспективных участков на нефть и газ в пределах Днепровско-Донецкой впадины / Е.М.Шеремет, В.В.Белявский, Ю.И.Николаев и др. // Сборник научных трудов Донецкого технического университета. Сер. горно-геол. Донецк, 2003. С.119-126.

## REFERENCES

1. *Dvoryanin Ye.S., Lizun S.O., Lukin O.Yu.* Oil-availability of reef-carbonate complexes of the Azov Sea – Black Sea region // *Tectonics and Oil and Gas Content of the Azov Sea-Black Sea region in connection with oil-and-gas content of passive margins of continents.* Simferopol, 2000. P.62-64.

2. *Kurilyuk L.V.* On the problem of the state of the art of developed and delineated promising objects and quality of geological control of exploration work for oil and gas in Ukraine // *Tectonics and Oil and Gas Content of the Azov Sea – Black Sea region in connection with oil-and-gas content of passive margins of continents.* Simferopol, 2000. P.126-127.

3. *Machulina S.A., Gavrish V.K.* On the prospects of oil and gas contents Paleozoic sediments of the Predo-

brushinsky deflection in the light of the analysis of the new geological data // *Tectonics and Oil and Gas Content of the Azov Sea-Black Sea region in connection with oil-and-gas content of passive margins of continents.* Simferopol, 2000. P.148-149.

4. *Samsonov A.I., Levashov S.P., Yakimchuk N.A. et al.* On the background of finding oil and gas pools in Odesskaya oblast // *Transactions of IV International Conference Geodynamics and oil- and gas-bearing structures of the Black Sea-Caspian region.* Simferopol, 2003. P.237-242.

5. *Sheremet Ye.M., Belyavsky V.V., Nikolaev Yu.I. et al.* Prediction by employing geoelectrical and geochemical methods of promising areas for oil and gas within the limits of the Dnieper-Donets cavity // *Transactions of Donetsk Technical University. Mining-Geological Series.* Donetsk, 2003. P. 119-126.