

УДК 550.837:553.493

**ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ
РАЗВИТИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ГАББРО-СИЕНИТОВ
ЮЖНОКАЛЬЧИКСКОГО И РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ
ГРАНИТОВ КАМЕННОМОГИЛЬСКОГО КОМПЛЕКСОВ
ВОСТОЧНОГО ПРИАЗОВЬЯ (УКРАИНСКИЙ ЩИТ)**

**Шеремет Е. М., Николаев Ю. И., Николаев И. Ю.,
Агаркова Н. Г., Сетая Л. Д., Федотов С. М.**

(УкрНИМИ, г. Донецк, Украина)

Седова Е. В.

(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

У статті розглянуто результати регіональних геоелектричних досліджень Азовської структури Східного Приазов'я і частини Центрального Приазов'я (Ново-Янісольській масив), що розкрили їхню глибинну будову з точки зору пошуків корисних копалин.

The outcomes of regional geoelectrical surveying of the Azov structure of Vostochnoe Priazovie and part of Central Priazovie (Novo-Yanisol massif) that disclosed their deep structure from the viewpoint of exploration activities are considered in this paper.

Введение

Образование магматитов южнокальчикского, октябрьского и каменномогильского комплексов связано с позднепротерозойским тектоно-магматическим этапом активизации Приазовского мегаблока. К ним приурочены редкометальные и редкоземельные месторождения. В частности, Азовское месторождение цирконий-редкоземельных руд расположено в пределах одноименного штока, образованного расслоенными интрузиями сиенитов среди пород Володарского массива южнокальчикского комплекса [1].

Ново-Янисольский массив представляет собой наиболее глубоко-эродированную интрузию каменномогильского комплекса, с которой может быть связано редкоземельное оруденение.

При проведении геоэлектрических исследований ставилась задача выяснения глубинного строения рудоносных геолого-тектонических структур и входящих в них интрузий.

Региональные геоэлектрические исследования на территории Володарского массива.

Методика выбора параметров геоэлектрических исследований. Для выбора параметров геоэлектрических исследований была построена базовая блочная геолого-геофизическая модель по данным электрокаротажа скважин 07, 17, 071, 20, 070, 18, 069, 7, 068, 9 геологоразведочного профиля 8 (рис. 1). Результаты моделирования геоэлектрического разреза и расчет его кажущегося сопротивления были использованы как априорная информация при проведении спектральных оценок импеданса по данным АМТЗ.

При расчете базовой 2D-модели (рис. 2) был получен набор кривых зависимости продольного и поперечного кажущегося сопротивления от периода T на пунктах профиля 8 и аналогичные зависимости для фаз компонент импеданса (рис. 3, рис. 4). Таким образом, до проведения полевых работ, было создано представление данных электрокаротажа скважин на «языке» АМТЗ – в виде распределения по профилю значений кажущегося сопротивления (продольного и поперечного) и фаз компонент импеданса (продольной и поперечной).

Аппроксимация этих данных на геологоразведочный профиль позволила уточнить задачу полевых электроразведочных работ АМТЗ, определить основные проявления аномалий; оценить аномальные значения сопротивления, которые можно выявить методом АМТЗ.

По значениям эффективного кажущегося сопротивления, рассчитанным для базовой 2D модели, выполнена формальная 1D-инверсия и построен геоэлектрический разрез (рис. 5). При сравнении разрезов исходной 2D-модели (см. рис. 2) и полученной 1D-модели (рис. 5) видна непротиворечивость нашего подхода.

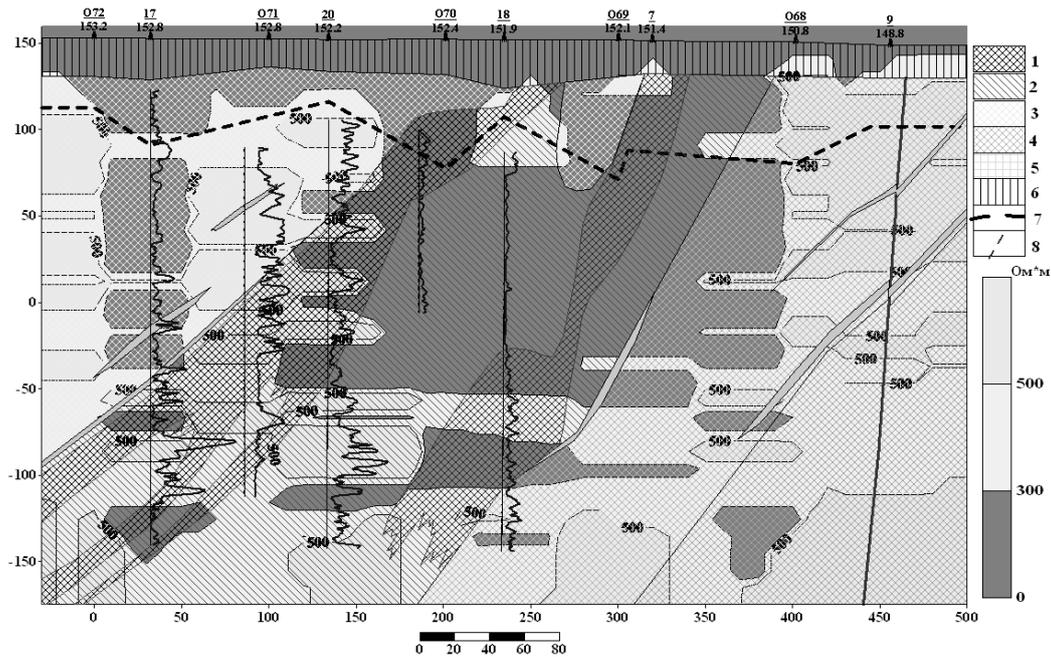


Рис. 1. Стартовая блочная геоэлектрическая модель по профилю 8, построенная по данным каротажа КС (потенциал-зонд)

1 – рудное тело; 2 – сиениты «такситовые» щелочнополевошпатовые оливин-пироксен-амфиболовые, оливин-амфиболовые, пироксен-амфиболовые; 3 – сиениты кварцевые щелочнополевошпатовые биотитовые, реже амфибол-биотитовые; 4 – сиениты «такситовые» нерасчлененные; 5 – сиениты «пятнистые» щелочноземельные кварцсодержащие и бескварцевые, пироксен-амфиболовые, амфиболовые; 6 – глинистая зона коры выветривания; 7 – граница коры выветривания; 8 – разрывные нарушения

Из этого следует, что выбранная методика применима к обработке данных геоэлектрических сред того же типа, что и базовая модель.

Обработка данных АМТЗ, включающая 1D-инверсию кажущегося сопротивления и 2D-моделирование, позволяет с достаточной точностью (порядка первых десятков метров) локализовать аномальные проявления рудного тела вдоль поискового профиля [2, 3].

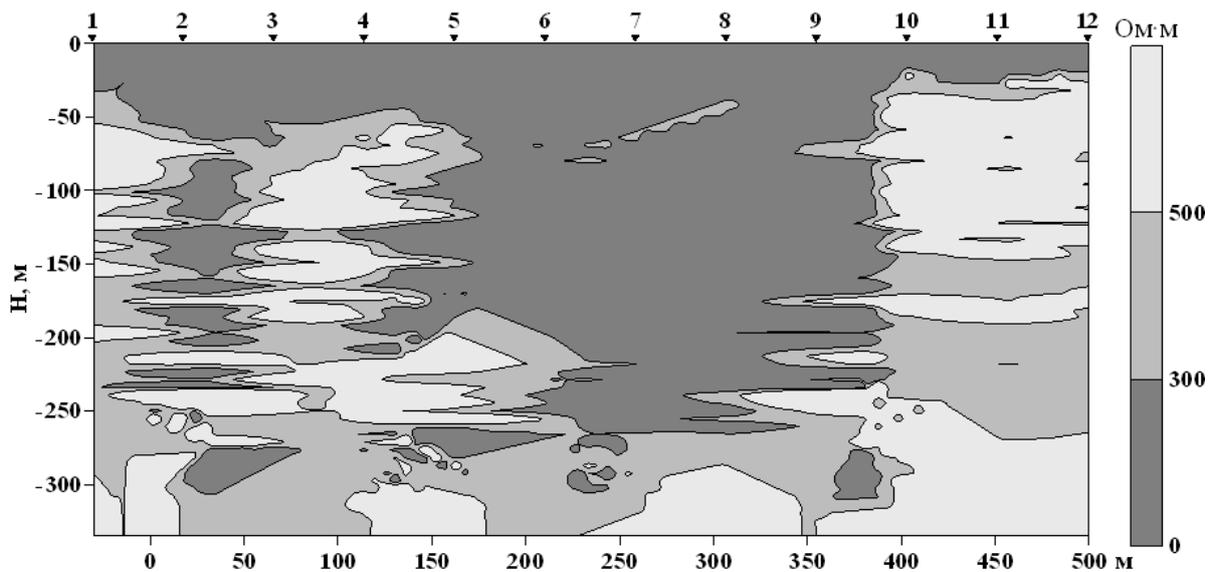


Рис. 2. Геоэлектрический разрез 2D-модели по профилю 8, построенный на основе стартовой блочной геоэлектрической модели

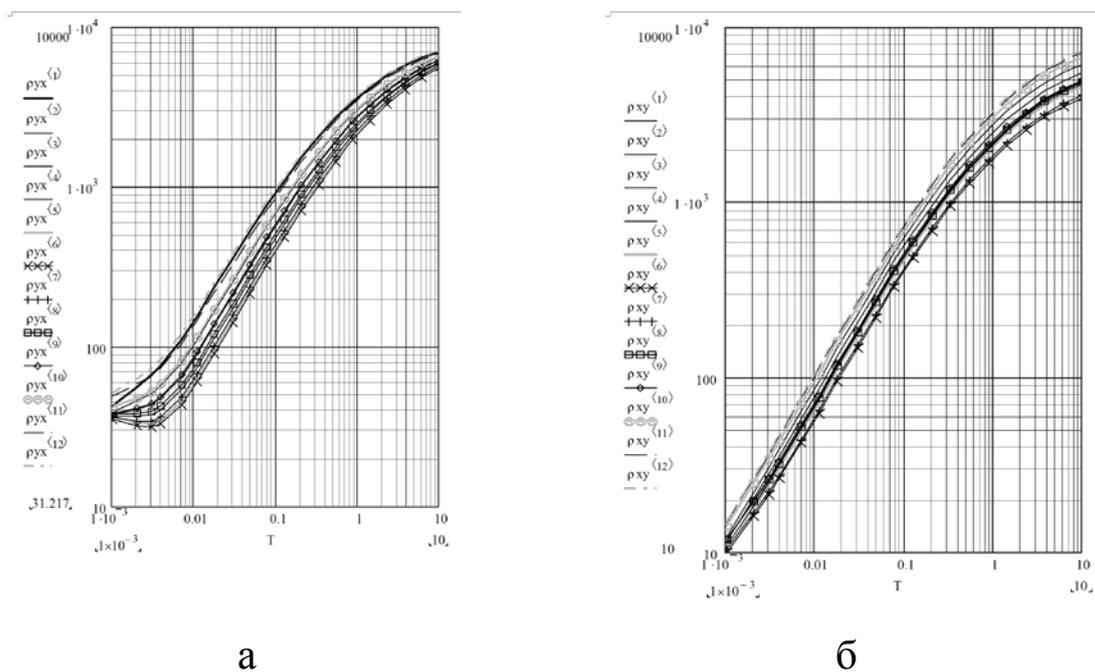


Рис. 3. Распределение продольного (а) и поперечного (б) кажущегося сопротивления для 2D-модели на основе данных каротажа по профилю 8 Азовского месторождения. Слева от графиков дана нумерация кривых кажущегося электросопротивления модельных пикетов

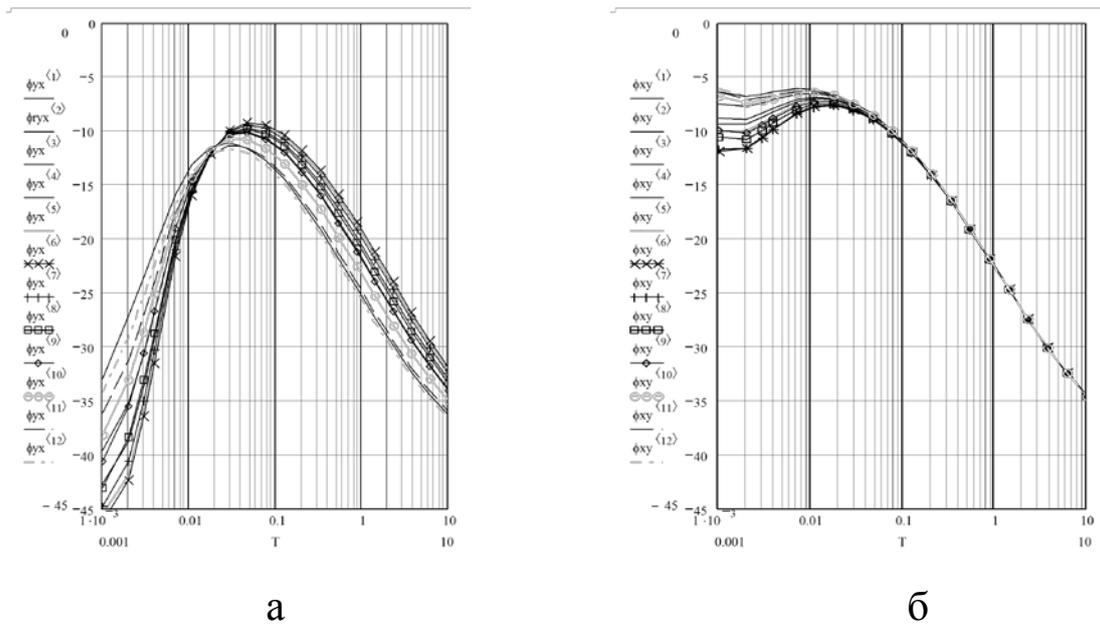


Рис. 4. Распределение фазы продольной (а) и поперечной (б) компонент матрицы импеданса для 2D-модели на основе данных каротажа по профилю 8 Азовского месторождения. Слева от графиков дана нумерация кривых фазы компонент матрицы импеданса модельных пикетов

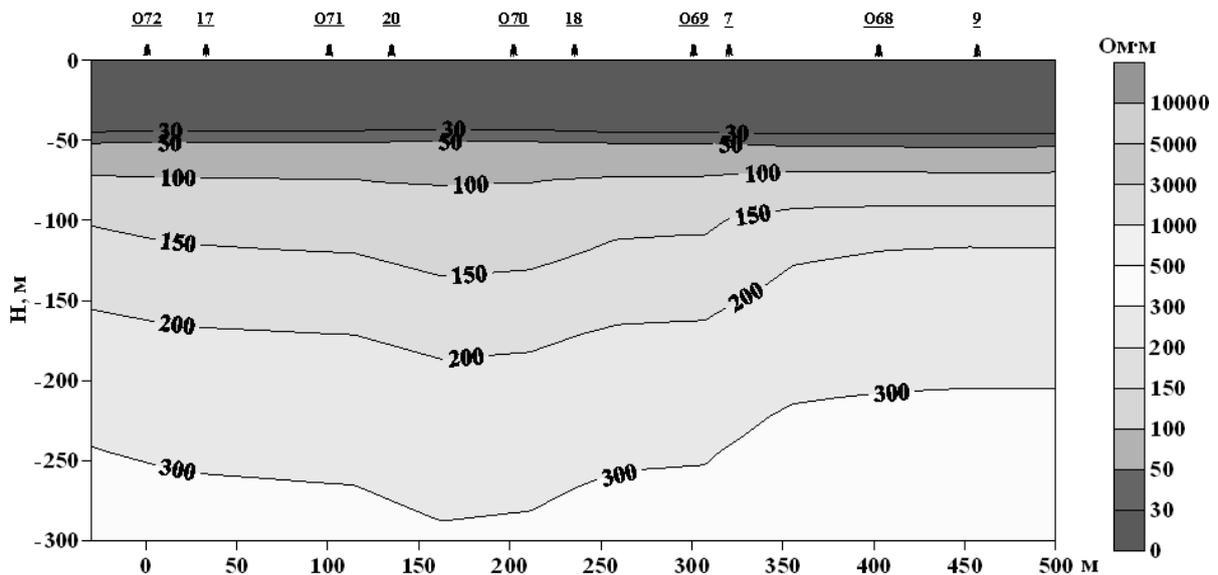


Рис. 5. Геоэлектрический разрез по профилю 8. Результат 1D-инверсии продольного кажущегося сопротивления для диапазона АМТЗ М1 (0,1-1000,0 Гц)

Выполненные расчеты показали:

– полевые работы следует выполнять во всех диапазонах аппаратуры АМТЗ: высокочастотном (30-4 000 Гц), среднечастотном (0,1-600,0 Гц) и низкочастотном (0,1-30,0 Гц);

– полевые работы следует осуществлять однопунктовым методом с расстоянием между пунктами в несколько сотен метров;

– для контроля качества полевых измерений необходимо проводить предварительную оперативную обработку данных.

Результаты геоэлектрических исследований на территории Володарского массива

В пределах Володарского массива были пройдены три региональных профиля вдоль и вкрест структуры и один профиль, пересекающий Ново-Янисольский массив (рис. 6). Анализ геологической карты и геоэлектрических разрезов показал, что низкоомные области тяготеют к зонам разломов, высокоомные участки совпадают с выходами монзонитов и стратифицированных кристаллических пород. Исходя из этого, проведена интерпретация геоэлектрических разрезов по данным 1D-инверсии материалов АМТЗ.

Профиль «Володарский-продольный» пройден с северо-запада на юго-восток и пересекает всю Володарскую структуру с выходом во вмещающие породы. Длина профиля 27,5 км, количество пунктов АМТЗ – 23.

Верхняя часть геологического разреза до глубины 1000 м между пикетами 1 и 7 имеет низкое электросопротивление – от 30 до 50 Ом·м (рис. 7). Низкоомная область (30-100 Ом·м) во вмещающих породах небольшой мощности (до 200 м) соответствует коре выветривания.

Профиль «Володарский-поперечный» пройден с юго-запада на северо-восток, длина его 18,5 км, количество пунктов АМТЗ – 14. Участок между пикетами 25 и 32 сложен сиенитами и гранитами, между пикетами 33 и 37 – вмещающими породами темрюкской свиты (рис. 8).

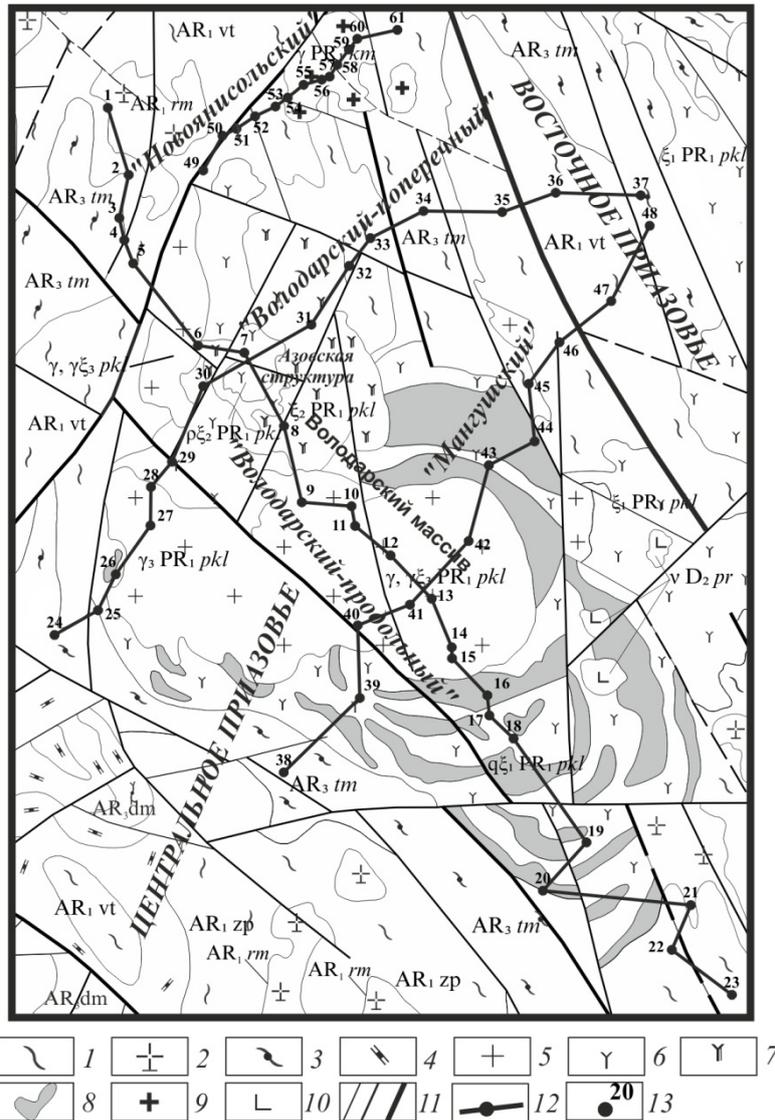


Рис. 6. Схема расположения региональных профилей АМТЗ на геологической основе Володарского массива

1 – гнейсы и кристаллосланцы верхнетокмакской толщи AR₁vt; 2 – плагиомигматиты и плагиограниты ремовского комплекса AR₁rm; 3 – гнейсы темрюкской свиты AR₃tm; 4 – пироксеновые гнейсы, кристаллосланцы, железистые кварциты, мрамора и кальцифиры демьяновской свиты AR₃dm; 5 – граносиениты южнокальчикского комплекса $\gamma, \gamma\xi_3 PR_1 pkl$; 6 – кварцевые сиениты южнокальчикского комплекса $\xi_1 PR_1 pkl$; 7 – щелочнополевошпатовые сиениты южнокальчикского комплекса $\xi_2 PR_1 pkl$; 8 – монцониты южнокальчикского комплекса $q\xi_1 PR_1 pkl$; 9 – граниты каменномогильского комплекса $\gamma PR_1 km$; 10 – пироксениты приазовского комплекса $vD_2 pr$; 11 – разрывные нарушения; 12 – профили АМТЗ, 13 – пикеты АМТЗ

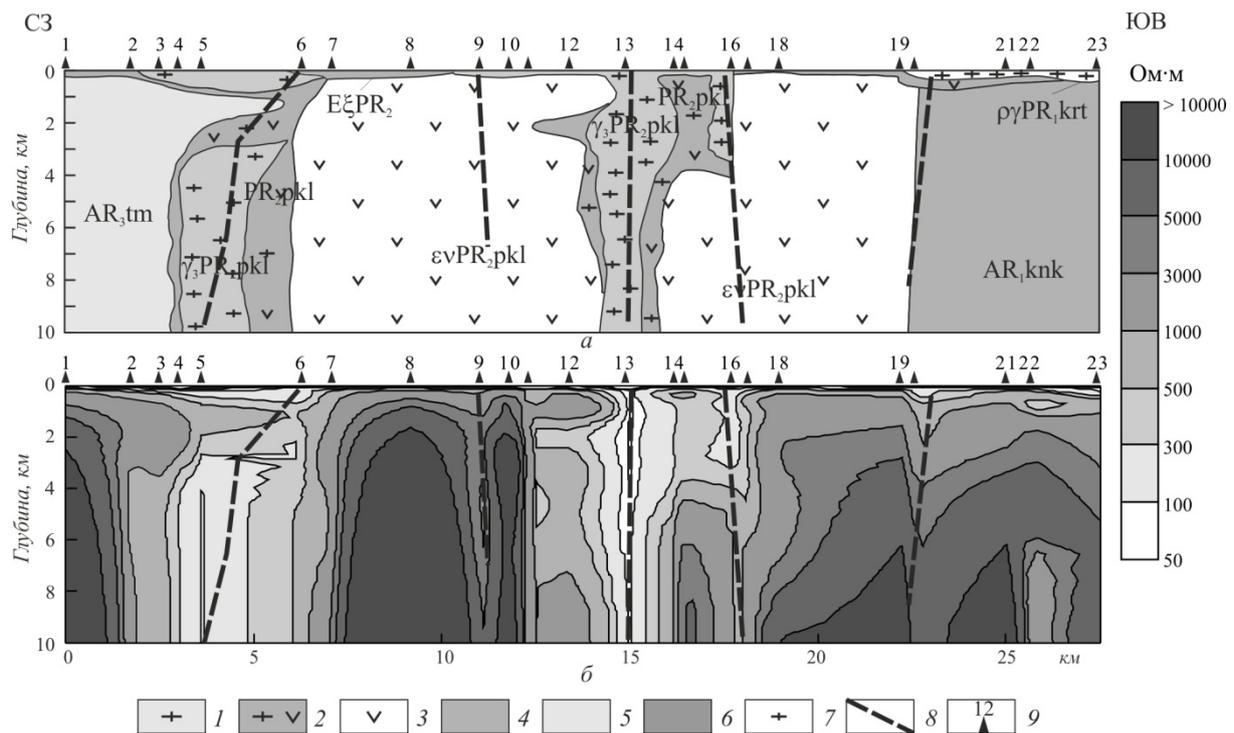


Рис. 7. Геологическая интерпретация результатов 1D – инверсии данных АМТЗ по профилю «Володарский-продольный»: а - геологический разрез, б - геоэлектрический разрез

Образования южнокальчикского протерозойского комплекса: 1 – граниты; 2 – эндоконтактовая фация; 3 – габбро-сиениты; 4 – сиениты; *метаморфические образования:* 5 – нерасчлененные толщи темрюкской свиты центральноприазовской серии; 6 – нерасчлененные толщи кайнакулакской свиты западноприазовской серии; 7 – плагиограниты каратюкского комплекса; 8 – предполагаемые разломы по данным АМТЗ; 9 – пункт АМТЗ, его номер

Породы южнокальчикского комплекса проявлены в виде маломощной низкоомной полосы (до 500 м). Начиная с глубины 500 м, под этими образованиями выделяется высокоомная область (от 1 000 до 10 000 Ом·м), по уровню электросопротивления соответствующая области развития габбро-сиенитов (на геологическом разрезе они показаны между пикетами 24 и 35). Во вмещающих породах темрюкской свиты, на фоне от 1000 до 3000 Ом·м, выделяется низкоомная аномалия (от 50 до

1 000 Ом·м), показанная на геологическом разрезе как интрузия сиенитов.

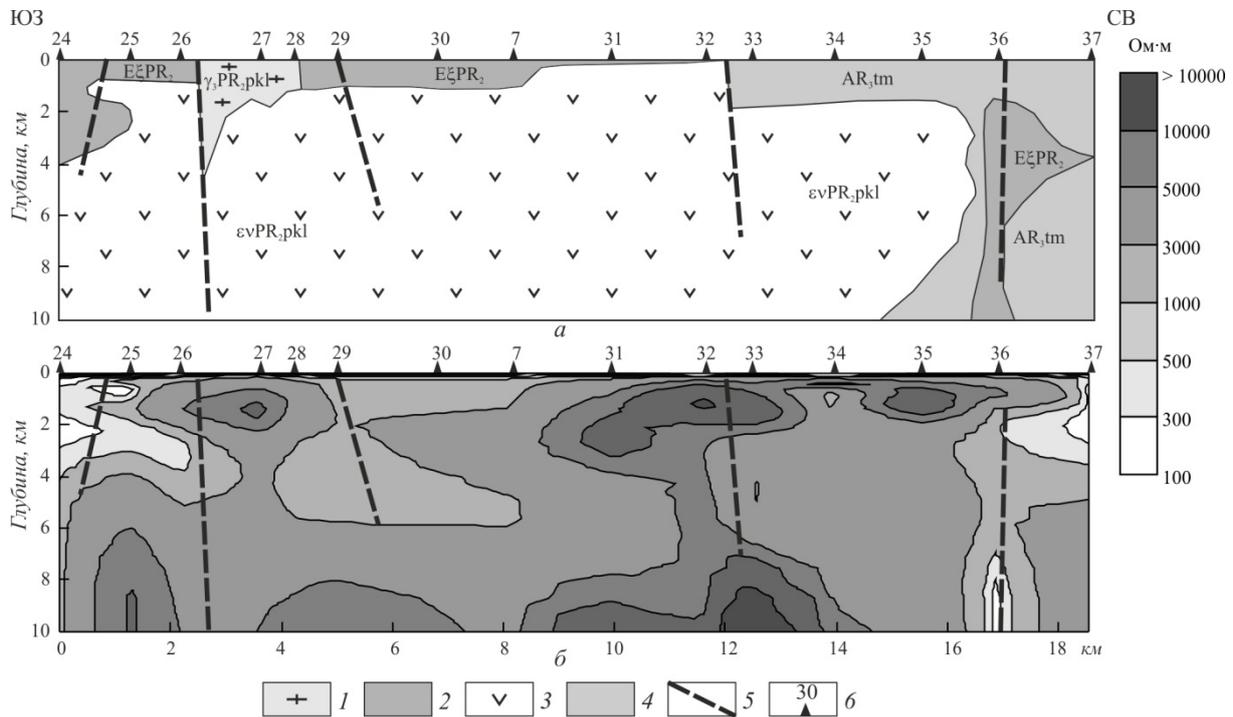


Рис. 8. Геологическая интерпретация результатов 1D-инверсии данных АМТЗ по профилю «Володарский-поперечный»: а – геологический разрез; б – геоэлектрический разрез

Образования южнокальчикского протерозойского комплекса: 1 – граносиениты; 2 – сиениты; 3 – габбро-сиениты; метаморфические образования: 4 – нерасчлененные толщи темрюкской свиты центральноприазовской серии; 5 – предполагаемые разломы по данным АМТЗ; 6 – пункт АМТЗ, номер

Профиль «Мангушский» ориентирован с юго-запада на северо-восток, длина его 16,7 км, количество пунктов АМТЗ – 11.

Между пикетами 38 и 39 и пикетами 44 и 45 профиль пересекает габбро-сиениты южнокальчикского комплекса, между пикетами 40 и 42 – граниты, и выходит во вмещающие породы темрюкской свиты между пикетами 45 и 48 (рис. 9).

На геоэлектрическом разрезе граниты выделяются в виде глубинной относительно низкоомной области (от 100 до

1 000 Ом·м) на фоне високоомних (от 1 000 до 10 000 Ом·м) габбро-сиенитов.

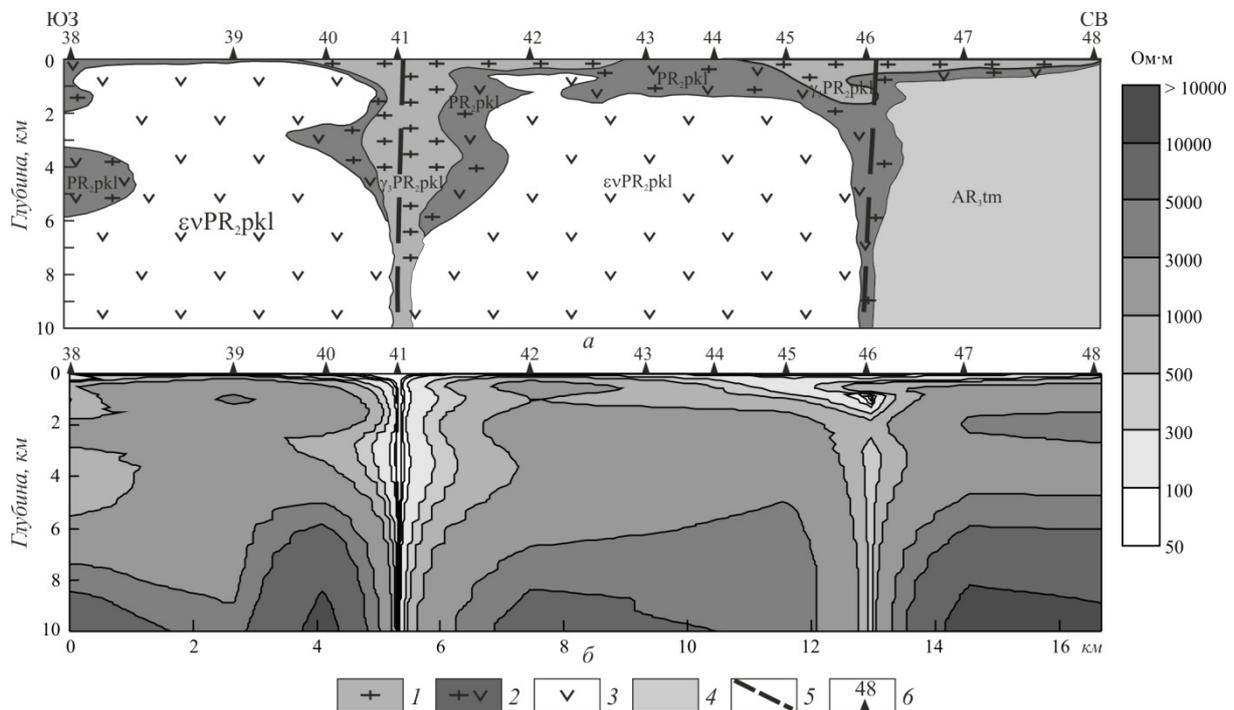


Рис. 9. Геологическая интерпретация результатов 1D-инверсии данных АМТЗ по профилю «Мангушский»: а – геологический разрез; б – геоэлектрический разрез

Образования южнокальчикского протерозойского комплекса: 1 – граниты; 2 – эндоконтактовая фация; 3 – габбро-сиениты; метаморфические образования: 4 – нерасчлененные толщи темрюкской свиты центральноприазовской серии; 5 – предполагаемые разломы по данным АМТЗ; 6 – пункт АМТЗ, его номер

На геологическом разрезе показана граносиенитовая интрузия с подводящим каналом в виде зоны разломов (ПК 41) со значениями электросопротивления от 10 до 30 Ом·м, по обе стороны от которой электросопротивление растет от 50-300 до 1 000 Ом·м. Часть интрузии (породы с электросопротивлением от 50 до 300 Ом·м) обозначена как главная фация. Зоны с электросопротивлением от 300 до 1000 Ом·м на геологическом разрезе, возможно, представлены эндоконтактовой фацией этой интрузии. Исходя из этих же соображений, между ПК 42 и ПК 46 оконтуре-

на гранитная интрузия. Вмещающие породы темрюкской свиты имеют такое же электросопротивление, как и габбро-сиениты южнокальчикского комплекса. Не исключено, что эти образования находятся под породами темрюкской свиты.

Профиль «Ново-Янисольский» пройден в пределах Ново-Янисольского массива площадью 11 км², расположенного в двух километрах севернее Володарского массива. Направление профиля – с юго-запада на северо-восток, длина – 6 км, количество пикетов – 13. Профиль начинается в сиенитах Володарского массива, проходит через архейские образования (от ПК 50 к ПК 53) и пересекает граниты каменномогильского комплекса.

На геологическом разрезе показаны гранитные интрузии Ново-Янисольского массива, выделенные по низкоомным областям в районе выходов гранитов на поверхность (рис. 10). Исходя из геоэлектрического разреза, Ново-Янисольский массив состоит из нескольких обособленных трещинных интрузий, имеющих глубинные подводящие каналы, которые на разрезе отражаются в виде узких низкоомных зон. Фактически выходы гранитов (между пикетами 54 и 57) имеют небольшую мощность – до 200 м. Более мощные участки (от 5 до 7 км) наблюдаются в районе пикетов 53, 54, 58 и 60. Вмещающие породы кайнакулакской и темрюкской свит архея характеризуются областью с дифференцированными значениями электросопротивления – от 500 до 1 000 Ом·м и от 1 000 до 5 000 Ом·м от поверхности до глубины 10 км.

Выводы

Геоэлектрические исследования Володарского массива и геологическая интерпретация их результатов показали, что породы массива имеют дифференцированную мощность (от нескольких сотен метров до семи километров). Большинство массивов граносиенитов и габбро-сиенитов Азовской структуры распространены до глубины, не превышающей 1 500 м. Они являются ответвлениями от глубинной (до 10 000 м) интрузии (см. рис. 6, пикеты 4-7), имеющей эндоконтактовые фации. Под Азовской структурой находятся образования габбро-сиенитов южнокальчикского комплекса Володарского массива (см. рис. 7). Габбро-сиениты Володарского массива, судя по высокому электросопротив-

тивленію, мають значительно більше розповсюдження на глибину (10 000 м).

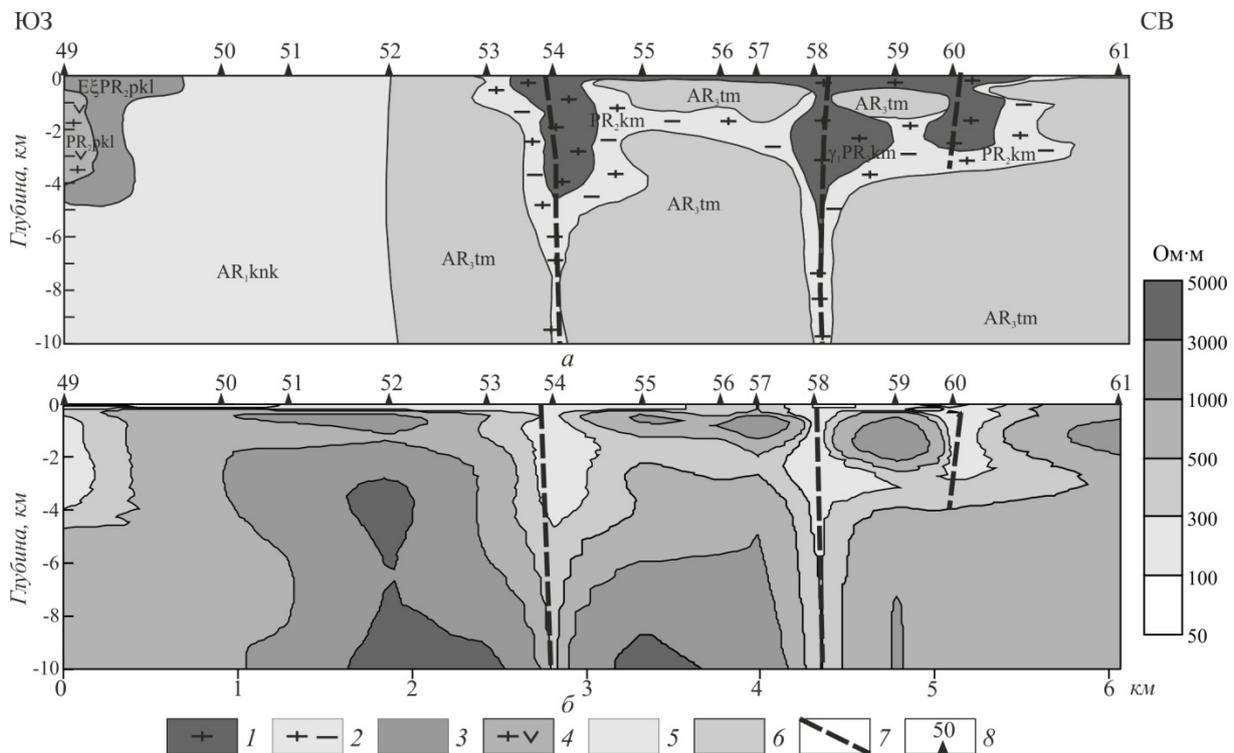


Рис. 10. Геологічна інтерпретація результатів 1D-інверсії даних АМТЗ по профілю «Ново-Янісольський»: а – геологічний розріз; б – геоелектричний розріз

Ново-Янісольський палеопротерозойський масив: 1 – граніти; 2 – породи ендоконтактової фації; образования южнокальчикського протерозойського комплексу: 3 – сиєніти; 4 – породи ендоконтактової фації; метаморфічні образования: 5 – нерасчлененні товщі кайнакуласкої свити за-падноприазовської серії; 6 – нерасчлененні товщі темрюкської свити центральноприазовської серії; 7 – передполагаємі розломи по даним АМТЗ; 8 – пункт АМТЗ, його номер

Региональні геоелектричні дослідження Азовського і Володарського масивів показали, що образования Азовської структури являються не дифференціатами Володарського габбро-сиєнітового масива, а ответвлениями інтрузії граніт-граносиєнітов, секущої Володарський масив. Масив содержит

еще одну интрузию, подобную той, ответвлением которой является Азовское месторождение.

В свете этих исследований геолого-геофизическая модель Азовской структуры предстает как маломощная (от 100 м до 5-7 км) пластина – ответвление от более мощной интрузии сиенитов. Профиль через Ново-Янисольский массив показал, что это не массив, а несколько трещинных интрузий, объединенных ближе к поверхности (см. рис. 10).

Анализ геоэлектрических разрезов по профилям вдоль геологоразведочных линий, выявил совпадение геохимических аномалии с зонами максимально низкого электросопротивления (10-30 Ом·м), природа которых до конца не совсем понятна. С одной стороны, повышенная электропроводность может быть обусловлена наличием большого количества водно-солевых включений в минералах рудной зоны, а с другой стороны распространенностью гидротермального жильково-вкрапленного сульфидного оруденения. Именно поэтому они могут служить дополнительным поисковым критерием редкоземельного оруденения.

Главным выводом из результатов геоэлектрических исследований Азовской структуры является то, что подобные участки могут находиться вблизи главной глубинной интрузии граносиенитов, прорывающей габбро-сиениты Володарского массива, расположенной западнее (пк 5), а также южнее – на выходах сиенитов подобной интрузии (между пикетами 13 и 16).

СПИСОК ССЫЛОК

1. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита / [Е. М. Шеремет, С. Н. Стрекозов, С. Г. Кривдик и др.]; под ред. С.Г. Кривдика. – Донецк: Вебер, 2007. – 220 с.
2. Применение геоэлектрических методов для поисков золоторудного оруденения на Украинском щите и в Донбассе / Е. М. Шеремет, С. Н. Кулик, В. В. Белявский [та ін.] // Геофиз. жур. – 2004. – № 5. – Т. 26. – С. 92 – 103.
3. Белявский В.В. Методика рудного аудиоманнитотеллурического зондирования / В. В. Белявский, В. В. Сухой // Физика Земли. – 2004. – № 6. – С. 68 – 87.