

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ЭКВАТОР НА ОСТРОВЕ САРДИНИЯ

Подмогов Юрий Геннадиевич¹, Керцман Владимир Менделеевич², Мойланен Евгений Викторович³, Богатырев Даниил Иванович³, Савинова Ирина Анатольевна³

¹ ООО «Геотехнологии» г. Москва

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

³ ИПУ РАН г. Москва

Введение

Аэрогеофизические исследования комплексом ЭКВАТОР выполнены в юго-восточной части острова, в пределах грабена CAMPIDANO заполненного континентальными осадками плиоцен-голоценового возраста (рисунок 1). Типичный геологический разрез через грабен показан на рисунке 2. Эти отложения очень часто обводнены, а известный на площади работ источник термальных вод Sardara выходит на поверхность в краевых частях грабена и контролируются тектоническими нарушениями на контактах континентальных осадков с базальтами плиоцен – плейстоценового возраста. Участок работ находится в северо-западной части грабена, рядовые маршруты выполнены через 200 и 250 м, соответственно в субширотном и северо-западном направлении (рисунок 3). Объем выполненных исследований составил 2700 пог. км.

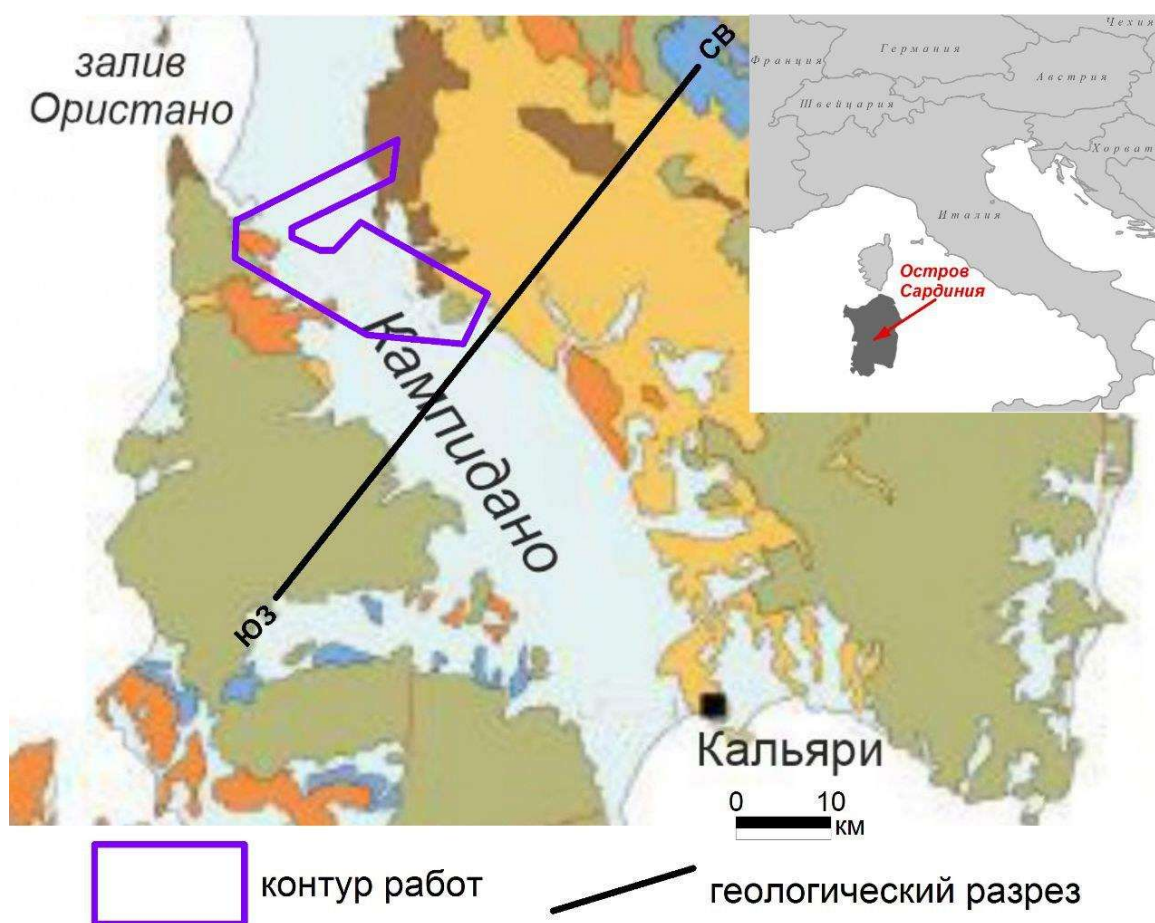


Рисунок 1. Участок работ на обзорной геологической карте Сардинии

Различные виды электрических зондирований в наземном варианте имеют большую и успешную практику использования при решении широкого спектра гидрогеологических задач [Balía et al., 1991]. Электромагнитные зондирования в аэроварианте с использованием легкого вертолета позволяют оперативно создавать равномерные и плотные сети точек зондирований и, при этом, обеспечивают необходимую глубину и пространственное разрешение исследований [Агеев и др., 2022; Fountain, 1998; Palacky, 2008]. Далее рассматриваются практические результаты решения задач гидрогеологии с использованием электромагнитных зондирований комплекса ЭКВАТОР.

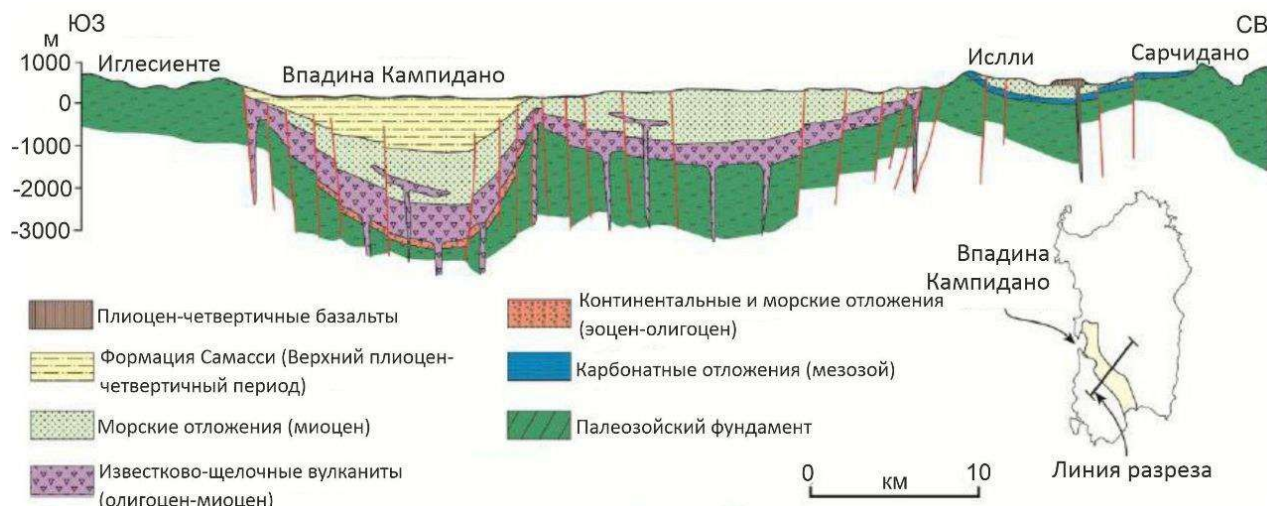


Рисунок 2. Геологический разрез по линии ЮЗ-СВ

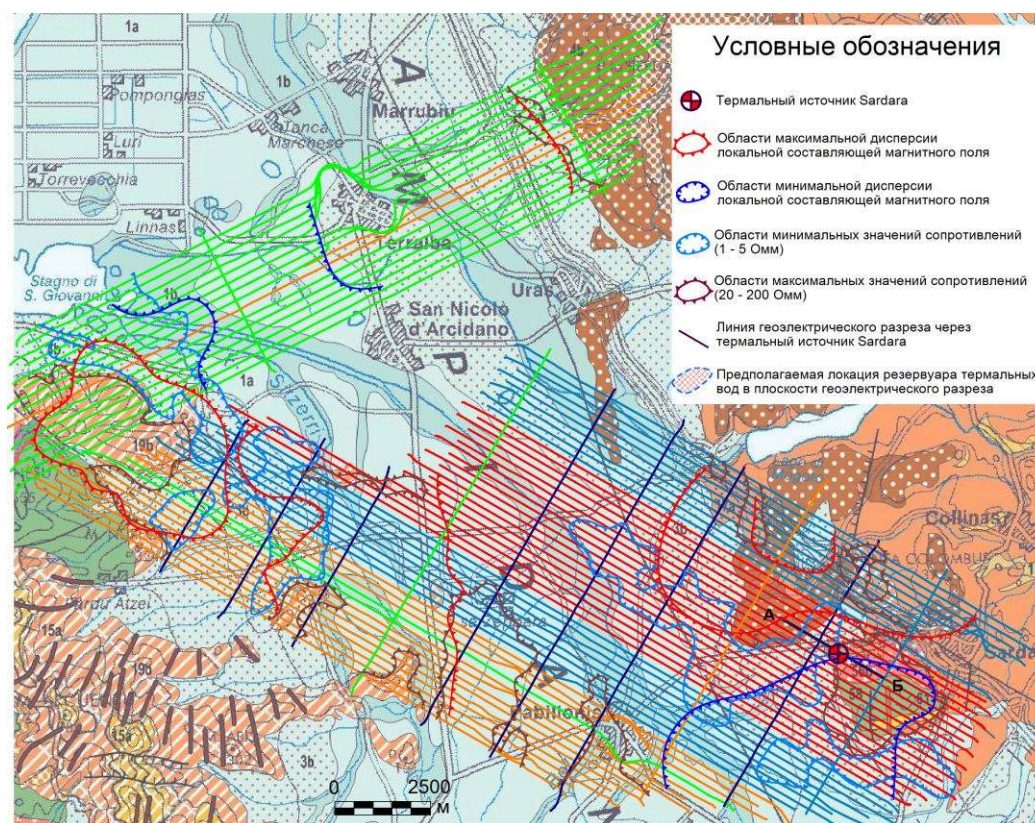


Рисунок 3. Фактические линии (каждый вылет показан разным цветом) полета на геологической карте Сардинии масштаба 1:250 000

Особенности электромагнитной системы комплекса ЭКВАТОР

Электромагнитная система ЭКВАТОР позволяет одновременно выполнять зондирования во временной и частотной областях. При измерениях контролируется реальная форма импульса и геометрия измерительной установки. Это позволяет выполнять кондиционные измерения сопротивлений среды в диапазоне 0.01-20 000 Ом·м в интервале глубин 0-400 м [Каршаков, 2012]. Далее рассматриваются возможности электромагнитной системы в области низких сопротивлений в диапазоне от 0,1 до 500 Ом·м.

Результаты аэрогеофизических работ комплексом ЭКВАТОР

Результаты магнитной съемки, наиболее наглядно, демонстрируются картой локальной составляющей аномального магнитного поля (рисунок 4).

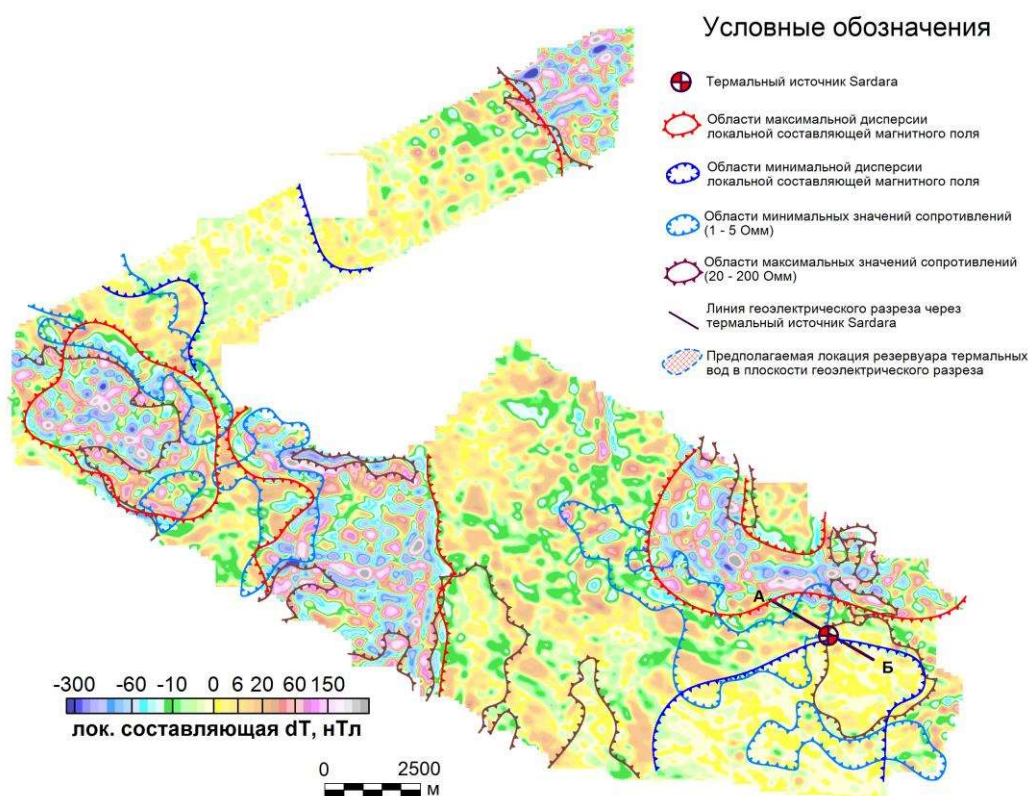


Рисунок 4. Карта локальной составляющей аномального магнитного поля с интерпретационной нагрузкой

Области интенсивных значений магнитного поля и максимальной дисперсии его локальной составляющей отвечают развитию вблизи к дневной поверхности лав андезитового состава олигоцен-миоценового вулканического цикла (западное обрамление грабена) и щелочным базальтам и лавам трахитового состава плиоцен-плейстоценового возраста на восточном обрамлении грабена. Области с минимальной дисперсией и минимальными значениями магнитного поля характерны для континентальных и морских осадков, где магнитные вулканиды отсутствуют. Площади со средними значениями магнитного поля и его дисперсии отвечают областям развития вулканитов перекрытых более молодыми континентальными и морскими осадками

Результаты электромагнитных зондирований площади работ демонстрируются картой интегральных сопротивлений для интервала глубин 0-300 м (рисунок 5) и геоэлектрическим разрезом через известный термальный источник, построенным по результатам 1D инверсии

электроразведочных данных (рисунок 6). Для всей площади работ характерны достаточно низкие сопротивления, вероятно, это связано с интенсивным обводнением не только континентальных и морских осадков, но и, вероятно, трещиноватых базальтовых покровов и лав. Самые низкие значения сопротивлений (порядка 1 Ом·м) отвечают русловым отложениям главного водотока при его впадении в морской залив. Интересно, что зоны минимальных сопротивлений (1-5 Ом·м) по расположению и конфигурации не совпадают с русловыми отложениями современных водотоков, возможно, эти зоны представлены максимальной мощностью обводненных рыхлых осадков, связанных палеоруками древних водотоков. Максимальные, для площади, сопротивления (20-200 Ом·м) характерны для лавовых потоков (вероятно они сильно обводнены) на западе и щелочных базальтов на востоке там, где они выходят на поверхность или перекрыты осадками небольшой мощности.

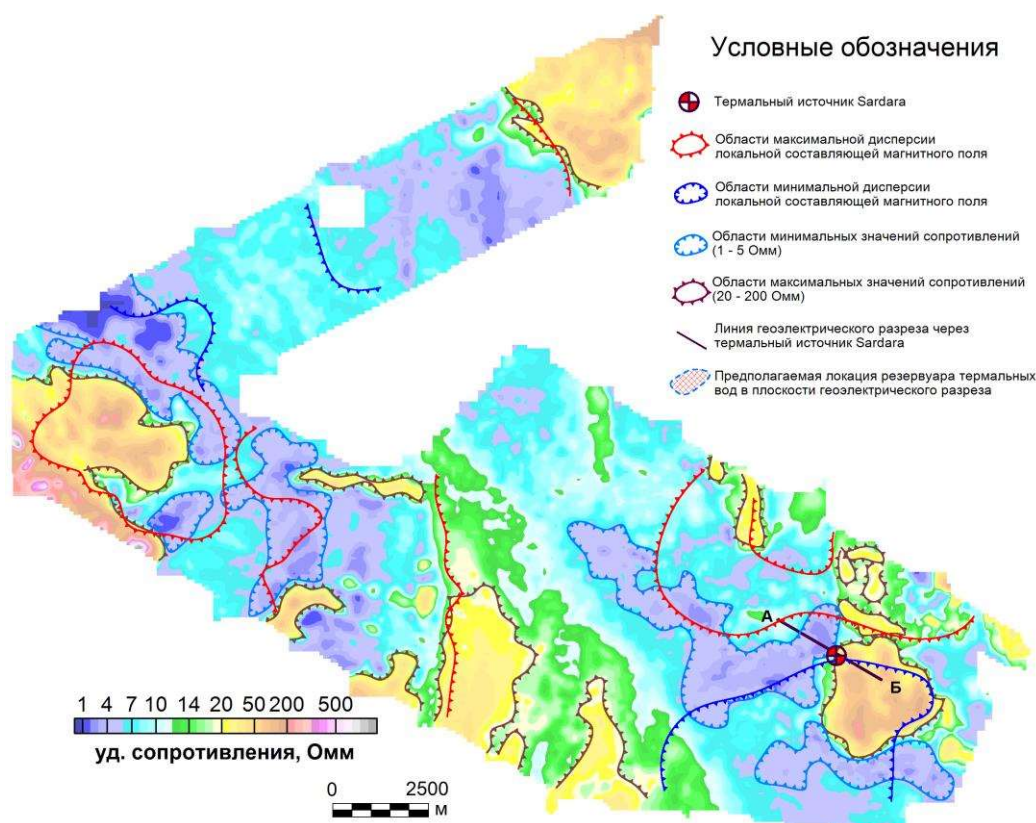


Рисунок 5. Карта интегральных сопротивлений для интервала 0-300 м с интерпретационной нагрузкой

Термальный источник Sardara известен с античных времен, является популярным курортом и успешно эксплуатируется до настоящего времени.

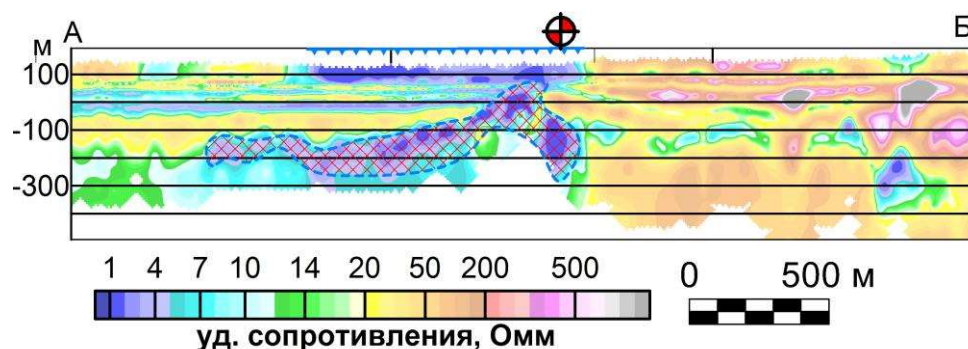


Рисунок 6. Геоэлектрический разрез по линии А-Б через термальный источник Sardara

По нашему мнению, резервуар термальных вод находится на глубине порядка 200 м, имеет вертикальную мощность 50-100 м и горизонтальные размеры вдоль линии разреза около 2000 м. Весьма вероятно, что на больших глубинах существуют другие резервуары термальных вод имеющие связь с дневной поверхностью за счет сквозной тектоники. Источник Sardara находится на границе осадочных отложений с метавулканитами ордовикского возраста.

Заключение

Результаты проведенных исследований хорошо согласуются с априорной геологической информацией и позволяют значительно ее уточнить:

- По данным магнитометрии уточняются контуры развития вулканитов как в близи дневной поверхности, так и под покровом молодых осадков значительной мощности, заполняющих грабен Campidano.
- По данным электромагнитных зондирований получена информация о распределении удельных сопротивлений среды в интервале глубин от 0 до 300-400 м. Сопротивления позволяют надежно картировать немагнитные магматиты, в частности метавулканиты среднего ордовика, с которыми связан термальный источник Sardara.
- Совместный анализ магнитных и электрических характеристик вулканогено-осадочных образований позволяет оценивать их литологический состав и возраст.
- Массовая инверсия электромагнитных данных позволит сформировать детальную 3-D модель удельных сопротивлений с ячейкой грида 25x25x10 м, ее совместный анализ с априорной информацией о термальных источниках позволит объективно оценить объемы резервуаров термальных вод в интервале глубин от 0 до 400 м. Определить перспективные участки, где термальные воды залегают на небольшой глубине, но не выходят на дневную поверхность.

Список литературы

1. Агеев В.В., Каршаков Е.В., Мойланен Е.В. Применение аэроэлектроразведки для решения гидрогеологических задач // Физика Земли. 2022. Т. 68, № 5. С. 181-188.
2. Каршаков Е.В. Особенности алгоритмов управления летательным аппаратом при аэросъемке // Проблемы управления. 2012. № 3. С. 71-76.
3. Balia R., Illiceto V., Loddo M., Santarato G. Modelling of the Campidano graben (Sardinia, Italy) by combined geophysical data // Geosurveying. 1991. № 28. P. 43-54. DOI:10.1016/0016-7142(91)90026-9
4. Fountain D. Airborne electromagnetic systems – 50 years of development // Exploration Geophysics. 1998. Vol. 29, № 1-2. P. 1-11.
5. Palacky G.J., West G.F. Airborne Electromagnetic Methods // Electromagnetic Methods in Applied Geophysics, Applications in M.N. Nabighian (Ed.). 2008. Vol. 2. P. 811-880.