

---

## МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ЦКАЛЦМИНДА-УРЕКИ

Кереселидзе З.А., Одиладвадзе Д.Т., Геладзе Г.Г., Садрадзе Н.Г., Тваური Г.А.

*Институт геофизики им. М.З. Нодиа, 0193, Тбилиси, ул. М. Алексидзе 1, - [www.ggs.org.ge](http://www.ggs.org.ge)*

**Введение.** На рис.1 дана структурная картина центра локальной геомагнитной аномалии курорта Цкалцминда-Уреки ( $N = 42^{\circ}00'536''$ ,  $E = 41^{\circ}45'451''$ ), находящегося на территории т.н. «Имедис калаки». Интерес к изучению этого места, кроме чисто геофизических причин, обусловлен также и тем, что аномалии магнитного поля, подобные обсуждаемой, возможно положительно влияют на здоровье человека. В этом месте фиксируются значительные градиенты геомагнитного поля, имеющие порядок 100 нТ/10м и более. Здесь главным (нормальным) значением можно считать 48800 нТ, величину геомагнитного поля в реперной точке в геомагнитной обсерватории Душети ( $N = 42^{\circ}05'41''$ ,  $E = 44^{\circ}42'11''$ ). Структурная картина, очевидно, указывает на нерегулярный характер вызывающего аномалию магнитного тела. Однако, несмотря на наличие значительной количественной информации, накопленной в результате экспедиции Института геофизики в 2000-2007 гг, пока что представляется сложной полновесная интерпретация обсуждаемой геомагнитной аномалии. Отметим, что электрометрическая разведка, проведенная в 2006-2007 гг. также не дала такого материала, который вместе с геомагнитными измерениями позволит уверенно судить о глубинной в результате экспедиции структуре аномалии. Тем не менее, на основе имеющихся данных с достаточной степенью вероятности можно предположить, что электромагнитная структура центра аномалии может соответствовать такой глубинной картине местности, в которой присутствуют хаотически разбросанные магнитные тела малых размеров, находящиеся под достаточно мощным слоем песчаных отложений. Согласно [1], эти тела могут ассоциироваться с фигурами регулярной формы, например, с магнитными сферами или стержнями, различный наклон которых может быть причиной чередования знака градиента аномалии геомагнитного поля. Отметим, что теоретически также существует еще один, почти фантастический вариант генезиса обсуждаемой геомагнитной аномалии, являющейся следствием нахождения под слоем пласта песка магнитного мультиполя. Такое представление объясняет причину знакопеременного характера градиентов геомагнитного поля, но сам факт генезиса мультиполя на территории, площадь которой составляет несколько десятков гектаров, представляется нереальным. Например, мультипольную структуру имеет магнитное поле Марса, однако её пространственные масштабы огромны, по сравнению с масштабами «Имедис калаки». Кроме того, в связи с этим местом, возникает вопрос: имеют ли в этом случае общую основу магнитная и электрическая аномалии, что вовсе не обязательно? Ведь, если обсуждаемая аномалия вызвана теллурическими токами, которые должны иметь более или менее схожие линейные масштабы и электромагнитные характеристики на всем отрезке Черноморского побережья Грузии, то всюду должны фиксироваться аномалии, подобные аномалии Цкалцминда-Уреки. Таким образом, естественно предположить, что на территории «Имедис калаки» магнитная и электрическая аномалии могут быть вызваны какими-либо локальными геологическими причинами.

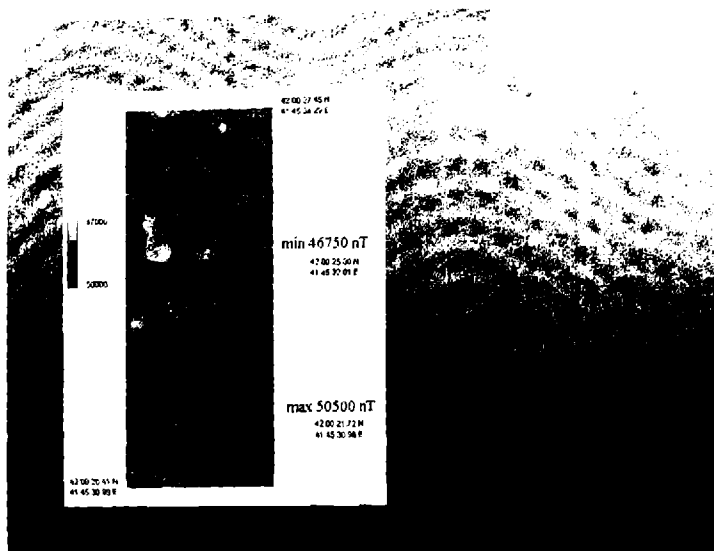


рис.1

**Геологическая характеристика.** В позднем плейстоцене (ранее 18-17 тысяч лет), на главной стадии последнего периода оледенения, уровень Черного моря менялся в пределах -100-110 м. от современной отметки. Во время максимальной регрессии прибрежная полоса Черного моря находилась на 2.5-3.5 км. западнее современного берега и ее рельеф характеризовался значительной крутизной. Затем, на начальной стадии трансгрессии моря ее ранний берег полностью оказался под водой. Например, в среднем голоцене береговая линия проходила на 7-8 км. восточнее современной, т.к. уровень моря повысился до отметки +4.5 - +5 м. Впоследствии наблюдаются изменения уровня моря с относительно малыми амплитудами (промежуточная регрессия, трансгрессионная фаза нового Черного моря, фанагорическая регрессия). Наконец, после окончания нимфовой регрессии, происшедшей 1100-1200 лет тому назад, береговая полоса моря приняла современный вид. В этот процесс существенную роль сыграли впадающие в море реки, т.к. современные наслоения вдоль береговой линии, в основном, сформированы за счет терригенных материалов, мобилизованных ими. В грузинском секторе побережья наиболее эффективны системы двух крупных рек: Чорохи (юг) и Риони (север). В частности, в районе Уреки-Цкалцинда действует подсистема рек Супса и Натанеби, которая занимает промежуточное место в вышеуказанной системе и характеризуется определенными собственными признаками. Риони выносит основную массу песков, Чорохи снабжает побережье позднпротерозойским, палеозойским и мезозойским материалами, которым построены анатолийский горный массив и складчатая полоса Аджара-Триалети.

Маленькие реки, Супса и Натанеби, питающие побережье Уреки-Цкалцинда, также приносят базальты, трахибазальты, андезиты, диабазы, трахиты и туфы, т.е. палеогенные вулканогены и вулканогенно-осадочные материалы. В бассейнах этих рек в относительно спокойных условиях происходит глубокая сепарация этих материалов по удельному весу. При этом, в первую очередь, выносятся минералы легкой фракции, сопровождаемой концентрацией минералов тяжелой фракции, мобилизация которых в прибрежной полосе происходит вследствие сезонного возрастания энергии рек. В тонкозернистом песке

присутствует около 72-97. %-ов тяжелой фракции, представленной магнетитом (32-71%) и пироксеном (21-38%). Относительно незначительным является содержание пирита, эпидота, биотита и циркония. Характерный диаметр зерен песка 0.16-0.29 мм, а содержание магнетита в нем является достаточно высоким по причине действия следующих факторов: 1. провинция, снабжающая побережье Уреки-Цкалцминда инертным материалом, богата пироксен-магнетитом; 2. прибрежная зона полностью построена на песчаных отложениях и имеет особенные динамические качества. В частности, в ней, в условиях глубокой сепарации, песок мелкоалевритного размера наносится на подводный склон, в то время, как составляющий тяжелую фракцию Фсамитский и крупноалевритный материал остается на берегу. Поэтому, на пляже в направлении от моря постепенно уменьшается характерный размер образующего материала и увеличивается содержание магнетита в песке кристаллы которого имеют диаметр 0.25-0.1 мм. Отметим, что на основе данных аэромагнитной съемки, проведенной в советскую эпоху, предполагается наличие значительной магнитной аномалии в море, на глубине 4-8 км от берега, которую связывают с новозвксинской регрессией [2]. Однако, такое предположение требует дополнительной проверки, для чего необходимо глубинное геофизическое исследование данного района.

**Геофизическая модель.** Известно, что на земной поверхности, точнее, на границе раздела атмосферы и суши, имеет место скачок естественного электрического поля, величина которого зависит от орорафии земной поверхности и характера физических процессов, протекающих в каждой среде. Поэтому, в различных геологических структурах должны иметь различную, по сложности, электромагнитную картину, которая наиболее проста, когда поверхность раздела является эквипотенциальной. Такой идеальный вариант исключает существование поверхностных «блуждающих» токов, т.е. поверхностную неоднородность свободных электрических зарядов, но не поляризационных зарядов и тока смешения. Поэтому, для объяснения электрической аномалии «Имедис калаки» представим, что под слоем песков, в твердом пласте беспорядочно разбросаны магнитные тела различных размеров (магнитные жилы), являющиеся центрами скопления поляризационных зарядов. Такой эффект вполне возможен, если основные породы, вмещающие «магнитные включения», различны по своим физико-химическим качествам. Кроме того, ограничивающие магнитные тела «микротрещины» могут иметь сложный, неоднородный рельеф, что также будет способствовать эффекту поляризации. Таким образом, в центре обсуждаемой магнитной аномалии возможно выполнение условий, необходимых и достаточных для эффективного накопления поляризационных зарядов, плотности которых терпит систематические изменения. Если воспользоваться модельным представлением, то в качестве одного из таких центров накопления поляризационных зарядов может служить, например, пересечение облаков наклонного двойного электрического слоя, возникшего на поверхности микротрещины в намагниченной твердой породе. Очевидно, что край такого слоя можно отождествить с острием, на котором накапливается значительный поляризационный заряд. Из теории известно, что заряженное острие является местом, вокруг которого может образоваться особенная пространственная электромагнитная структура. Ее моделирование, за исключением некоторых простых случаев, относится к классу сложных задач математической физики. Притом, в случае изменения плотности поляризационных зарядов не только в пространстве, но и во времени, математическая задача еще более осложняется из-за излучения электромагнитных волн. Отдельное острие, более или менее корректно, можно отождествлять с местом расположения точечного электрического заряда. Поэтому, можно представить, что имеется глубинная структура, вмещающая подобные заряженные острия. В таком случае потенциал глубинного поляризационного заряда на земной поверхности зависит лишь от расстояния, т.е. в равноудаленных точках неравнозначные искажения фоновых значений естественной разности электрических потенциалов должны отсутствовать. Следовательно, согласно нашей модели, существенные помехи при электрометрических измерениях могут возникать лишь в случае хаотического расположения поляризационных центров. Это неизбежно должно

привести к суперпозиции их возмущений и появлению нерегулярного электромагнитного фона, вызывающего аномалию геоэлектрического поля, качественно подобную аномалии, наблюдаемой в «Имедис калаки». Таким образом, перманентный характер нестационарных возмущений, будет связан с поверхностными и глубинными «блуждающими» токами, а также с электромагнитными волнами, источниками которых являются особые места, вроде заряженных островов. Именно существование таких возмущений может быть причиной, осложняющей электрометрические измерения в «Имедис калаки», где возникает проблема компенсации естественной разности потенциалов.

Согласно нашей гипотезе, качественная модель генезиса магнитно-электрической аномалии, подобной локальной геомагнитной аномалии Цкалцинда-Уреки, справедлива лишь в случае существования микротрещин в твердом пласте под поверхностным слоем песчаных наносов. Отметим, что давно существует интересная теоретическая геологическая модель заполнения микротрещин высокотемпературными, связанными с интрузиями, активными эманациями, построенная Л. Берсудским [3]. В свое время эта модель была использована для объяснения генезиса локальных магнитных аномалий, обнаруженных в восточной Сибири, точнее, в Ангара-Илимском бассейне. Они имеют особые, отличающиеся от всех ранее известных аномалий, крайне нерегулярные магнитные характеристики. Модель Берсудского опиралась на геологическую теорию, согласно которой, возникновению богатых рудой мест должна была предшествовать сильная метаморфизация вмещающей среды (песчанники, мергели, глины), сопровождаемая мощным примешиванием магнетита. Берсудский предположил, что этот эффект мог быть особенно сильным вблизи микротрещин, выполнявших функцию своеобразных каналов в твердой породе, по которым текли эманации. В процессе охлаждения среды обогащенные магнетитом метаморфизированные породы проходили через точку Кюри, в которой магнитная восприимчивость минералов достигает максимальной величины. Из-за значительной величины коэрцитивной силы, что характерно для большинства горных пород, застывшие в трещинах эманации, которые справедливо можно называть магнитными жилами, сохранили высокую степень намагниченности. В Ангара-Илимском случае она значительно превосходит намагниченность, возникающую естественным путем, т.е. вызванную в охлажденных породах геомагнитным полем. После этого явления возможно также дополнительное обогащение микротрещин магнетитом, выкристаллизованным из движущихся по трещинам гидротерм. Таким образом, согласно модели Берсудского, жилородные образования с высокой концентрацией магнетита могут намагничиваться в полях двух различных магнитных источников: в главном геомагнитном поле, а также в антипараллельном к нему собственном магнитном поле метаморфизированных пород. При этом, поле «магнитных» жил, в случае интенсивного остаточного намагничивания, может даже превосходить внешнее поле, ввиду чего, возможен эффект обратной полярности. Отметим, что в то время, когда была создана эта модель, мировая практика знала лишь единичные случаи обратного намагничивания пород относительно геомагнитного поля, которые объяснялись тектоническими причинами. К такому случаю можно отнести и обсуждаемую нами аномалию. Поэтому, модель Берсудского, допускающая существование близлежащих магнетитовых жил противоположной полярности, может быть пригодна и для менее интенсивной, чем Ангара-Илимская, локальной геомагнитной аномалии «Имедис калаки». Кроме того, в известной степени, такая модель принципиально не противоречит гипотезе, предполагающей наличие мультиполярного намагниченного пласта под слоем песка.

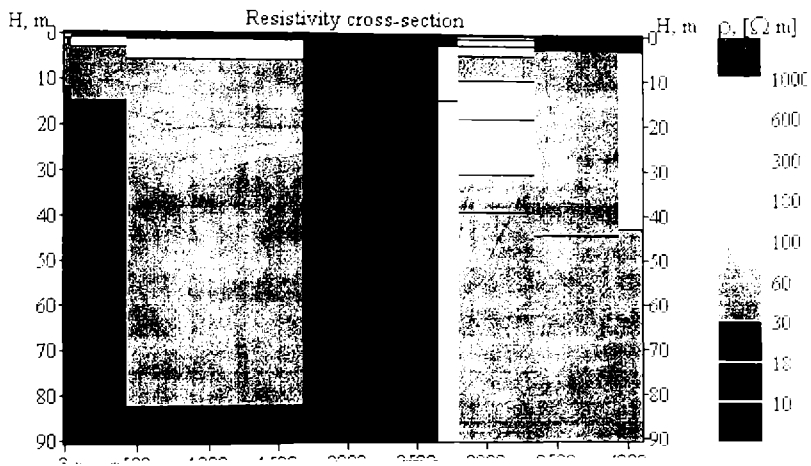
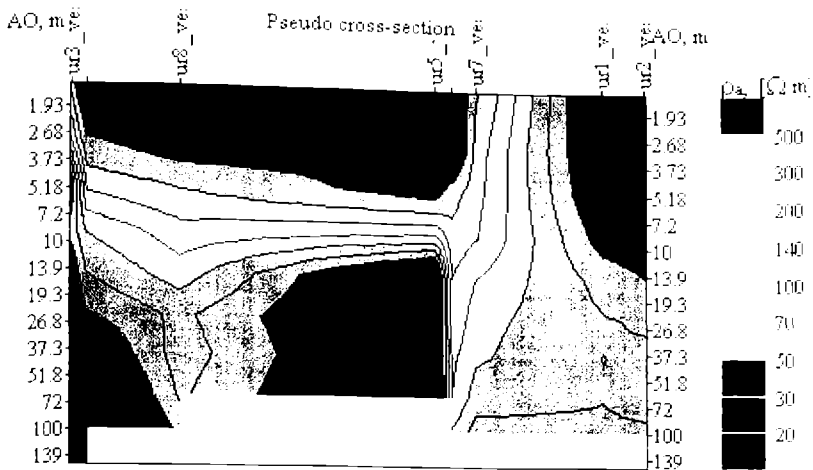


рис.2а.6

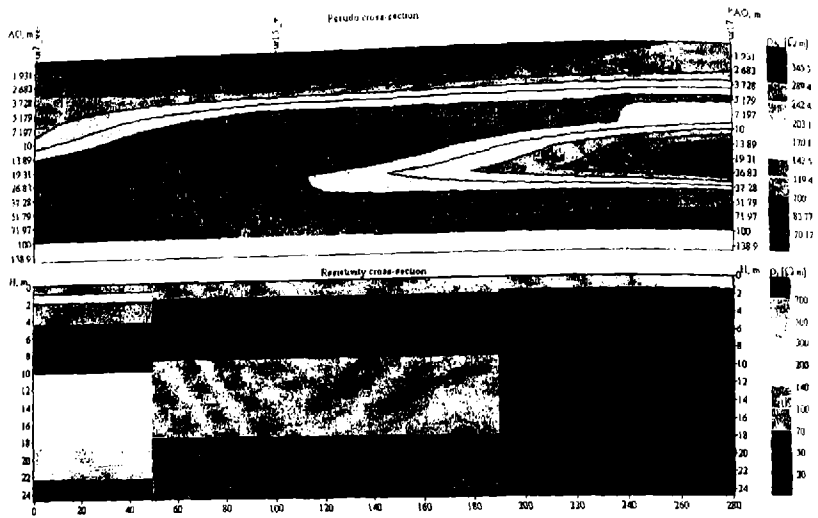


рис.3а,б.

**Электрометрическая картина.** После многократной геомагнитной съемки на побережье курорта Уреки и территории села Цкалцинда были проведены исследования с целью измерения электрических характеристик центра локальной геомагнитной аномалии, а также представления глубинной картины распространения берегообразующих материалов и определения их физических параметров. Задача состояла в литологической дифференциации и определении мощности распространённых в исследуемом районе материалов, для чего был использован метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Исследуемая территория орографически довольно простая, т.к. разность гипсометрических уровней на участке геофизических работ длиной 3 км. составляла всего 8м. Данные полевых работ были проинтерпретированы программным обеспечением ipi2win и были построены трёхслойные кривые ВЭЗ ( в основном Q , Н и К типов). В частности, были получены трёхслойные кривые типа Q, где мощность первого слоя (удельное электрическое сопротивление  $\rho=1000-2000$  Ом·м) указывает на преимущественное распространение теригенного материала в северном направлении. По полученным данным, вдоль профиля параллельно береговой линии, были составлены разрез кажущегося сопротивления и геоэлектрический разрез (рис.2а,б). Перпендикулярному разрезу соответствует рис.3а,б. Кроме этого, оказалось, что достаточно однородный геоэлектрический разрез с удельным сопротивлением 200-300 Ом·м распространяется по всему горизонту измерений со средней мощностью 20м. и, по нашей интерпретации, составлен сухими песками.

**Выводы.** Электрометрическими измерениями установлено, что дифференциация составных пород в районе локальной магнитной аномалии Цкалцинда-Уреки, по удельному электрическому сопротивлению, достаточно контрастная, что подтверждает эффективность геофизических исследований; река Супса, по всей видимости, в палеопоиме которой производились основные измерения, характеризуется глубокой сепарацией выносного материала; в соответствие с конкретными изыскательскими задачами, был установлен литологический состав распределённых в исследуемой зоне материалов; было проведено оконтуривание выявленного аномального объекта в одномерном представлении; на исследуемой территории находится геологическое тело с высоким сопротивлением- 1000-2000 Ом·м, и приблизительно с такими пространственными размерами: длина- 2500м.

1. Хведелидзе Н.С., Керселидзе З.А., Беришвили Г.Г., Гиоргадзе М.Г. Особенности локальной магнитной аномалии Цкалцминда-Уреки. Труды Ин-та геофизики. 2008. Т.60. С.98-105.
2. Твалчрелидзе М.Т., Лебанидзе З.М., Джаошвили Г.Ш.. Условия формирования современных осадков центральной и юго-восточной части грузинского сектора Черного моря. Труды ГИН АН Грузии. Нов. сер. 2002. Вып 117. С.238-244.
3. Логачев А.А. Курс магниторазведки. Гос. изд. геологической лит. 1951. 305 с.

## **წყალწმინდა-ურეკის ლოკალური გეომაგნიტური ანომალიის მოდელი**

კერესელიძე ზ., ოდილადაძე დ., გელაძე გ., სადრაძე ნ., თვაური გ.

### **რეზიუმე**

მოცემულია წყალწმინდა-ურეკის საკურორტო ზონაში ნატარებელი მაგნიტომეტრიული და ელექტრომეტრიული გაზომვების გეოფიზიკური ინტერპრეტაციის შედეგები, რომელთა საფუძველზეც ნატარებელია ამ ლოკალური მაგნიტური ანომალიის თვისობრივი ანალიზი. აღმოჩნდა, რომ გამოკვლეული არის სიღრმეში იკვეთება ანომალიის გასიშვვევი სხეული, რომელიც საყარაულოდ შედგება ქაოტურად მიმოფანტული ურაკტენტებიდან. შედეგების გეოფიზიკური ინტერპრეტაციისათვის გამოყენებულია ბერსლესკის გეოლოგიური მოდელი, რომლის თანახმად უკუღამაგნიტების ეფექტი გეომაგნიტურ კვლში გამოაწვეულია მეტამორფიზირებული ქანების საკუთარი მაგნიტური კვლით.

## **МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕОМАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ЦКАЛЦМИНДА-УРЕКИ**

**Керселидзе З.А., Одиладвадзе Д.Т., Геладзе Г.Г., Садрадзе Н.П., Тваური Г.А.**

### **Реферат**

Даны результаты геофизической интерпретации магнитометрических электрометрических измерений, проведенных в курортной зоне Цкалцминда-Уреки, на основании которой проведен качественный анализ данной локальной магнитной аномалии. Оказалось, что в глубине исследованной области вырисовывается тело, вызывающее аномалию, которое, по всей вероятности, состоит из хаотически разбросанных отдельных фрагментов.

Для геофизической интерпретации использована геологическая модель Берсудского, согласно которой эффект обратного намагничения в геомагнитном поле вызван собственным магнитным полем метаморфизированных пород.

## **MODEL OF TSKALTSMINDA-UREKI LOKAL GEOMAGNETIC ANOMALY**

**Kereselidze Z., Odilavadze D., Geladze G., Sudradze N., Twauri G.**

### **Abstract**

The work presents the results of geophysical interpretation of magnetometric and electrometric measurements taken throughout Ureki-Tskaltsminda resort area. The results have served as a base for quality analysis of the local magnetic anomaly. A body conditioning the anomaly has been revealed in depth of the studied area. It presumably consists of chaotically scattered fragments. The Geological model by bersudski has been applied for geophysical interpretation of the results, according to which, the reverse effect in geomagnetic field is caused by proper magnetic field of metamorphised rocks.