

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

---

# ОКЕАНОЛОГИЯ

Том XXXII

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

6

---

МОСКВА · 1987

УДК 551.463.7 : 537.8

С. М. КОРОТАЕВ, С. В. ШАБЕЛЯНСКИЙ, И. Л. ТРОФИМОВ,  
М. С. ЖДАНОВ, А. И. ЛАПИЦКИЙ, С. И. САНИН, В. В. КУТКИНГЛУБИННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Работами экспедиции на крейсерской яхте «Виктория» получены новые данные по глубинному геоэлектрическому строению юго-западной части Черного моря. Эти данные в совокупности с результатами предыдущих исследований и результатами береговых наблюдений позволили изучить геоэлектрический разрез зоны перехода от континента к глубоководной впадине Черного моря. Выполнено сопоставление геоэлектрических разрезов зоны перехода в западной и юго-западной частях Черного моря.

В 1981—1982 гг. в болгарском секторе Черного моря с борта крейсерской яхты «А. Грин» и НИС «Евпатория» был выполнен широкий комплекс электромагнитных исследований. В результате была построена геоэлектрическая модель зоны перехода от континента к глубоководной впадине на основе пяти пунктов зондирования, расположенных по профилю на юго-восток от м. Калиакра [5].

В южной части болгарского шельфа на морском продолжении IX геотраверса Комиссии академий содстран по планетарной геофизике (КАПГ) выполнено зондирование в одной точке (Г), давшее основание предполагать существенное отличие геоэлектрического разреза Западно-Эвксинского геоблока и Мизийской плиты (район м. Калиакра) от Альпийской складчатой области (район IX геотраверса) [6].

В 1984 г. на IX геотраверсе проведены новые исследования, включающие морское магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), магнитогидродинамическое (МГДП) и электровариационное (ЭВП)<sup>1</sup> профилирование на бровке шельфа (точка В) и береговое МТЗ в п. Ливада (точка Л). Точки зондирования расположены вдоль параллели 42°30' с. ш. Профиль нормален простиранию изобат. Глубины моря в точка Г и В соответственно 50 и 93 м.

Морские измерения в точке В выполнялись с борта крейсерской яхты «Виктория» (ИЗМИРАН). Полная длительность наблюдений — 9 сут. Измеряли три компоненты электрического поля:  $E_x$ ,  $E_y$  — по магнитному меридиану и параллели соответственно и  $E_z$  — по вертикали; две компоненты скорости  $V_x$ ,  $V_y$ ; удельное сопротивление воды  $\rho_0$ . Горизонтальные компоненты электрического поля измеряли при помощи донных электрометрических линий с базой 500 м, ориентированных по магнитному меридиану и параллели с точностью до 2°. Электроды — свинцовые — хлор-свинцовые, конструкции ИЗМИРАН. Регистрация велась на борту «Виктории» самопишущими потенциометрами типа «Мишигор». Чувствительность установки — до 0,2 мкВ/м. Более подробно методика этих измерений описана в [7]. Вертикальная компонента электрического поля измерялась при помощи электрометрической линии с базой 35 м, опущенной с борта «Виктории» так, что нижний электрод был заглублен на 66 м. Использовались электроды и бортовая аппаратура МО-67 с регистрацией на самописец «Сервогор». Чувствительность установки — до 0,29 мкВ/м, разрешение по времени 0,5 мин.

Течение и электропроводность воды измерялись прибором АЦИТ на горизонте 30 м с интервалом 5 мин.

<sup>1</sup> Теллурический аналог магнитовариационного профилирования. Обоснование этого метода и пример применения приведены в [6].

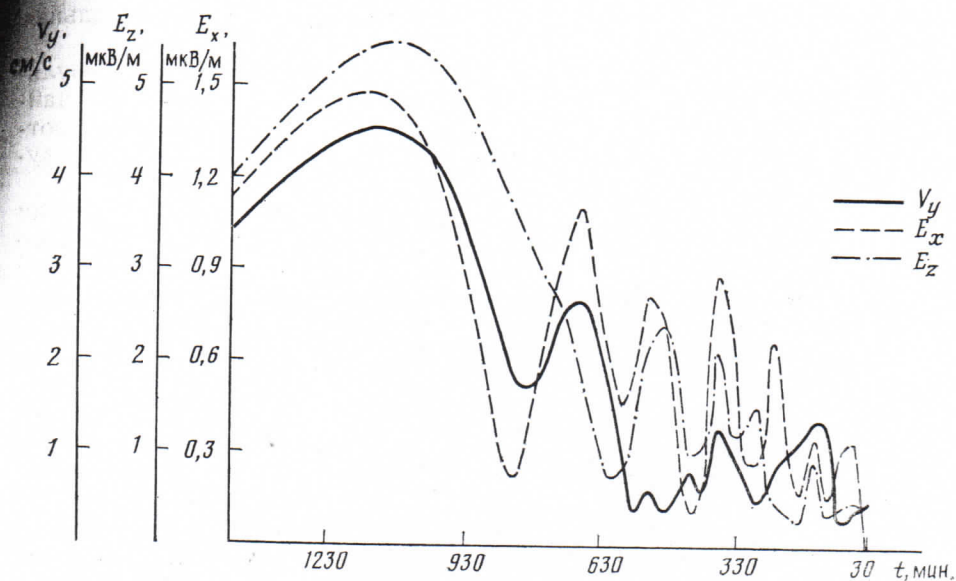


Рис. 1. Амплитудные спектры  $V_y$ ,  $E_x$ ,  $E_z$

Синхронизация измерений по всем каналам проводилась с точностью до 1 мин.

Компоненты магнитного поля  $H_x$  и  $H_y$  на период наблюдений взяты с обсерватории Панагюриште, что правомерно ввиду установленного ранее факта отсутствия берегового эффекта в районе от п. Ливада до бровки шельфа [1] и однородности магнитного поля между Ливадой и Панагюриште с точностью 10%. Полученные данные позволяют реализовать в точке В методы МТЗ, МГДП и ЭВП.

Обратимся к анализу наблюдений. Прежде всего установлено, что теллурическое поле поляризовано квазилинейно по азимуту  $90^\circ$  и коррелирует практически только с компонентой магнитного поля  $H_x$ . Это согласуется с результатами [5, 6] и подтверждает сделанный в [6] вывод о существовании геоэлектрической неоднородности, контролирующей поляризацию теллурического поля на шельфе болгарского сектора Черного моря.

Метод ЭВП обнаружил, что гальванический вектор, найденный способом Визе на периодах  $\sim 5-15$  мин, не превышает по модулю 0,2 и направлен по азимуту  $270^\circ$ . Это свидетельствует о том, что теллурическая составляющая  $E_z$  вызвана лишь морфометрическим эффектом материкового склона.

Анализ длиннопериодных вариаций обнаружил, что все компоненты электрического поля достигают максимальной амплитуды на периоде инерционного течения. Следует отметить, что именно в данном районе ранее зарегистрирована наибольшая амплитуда магнитного поля инерционного течения [6]. На рис. 1 показан пример амплитудных спектров широтной компоненты скорости  $V_y$  и связанных с ней компонент электрического поля  $E_x$  и  $E_z$ . Период главного максимума на рис. 1 равен теоретическому периоду инерционного течения на данной широте 1080 мин [8].

Метод МГДП позволяет при описанном наборе данных оценивать суммарную продольную проводимость осадочного чехла  $S_1$  по горизонтальному электрическому полю и средней по вертикали скорости течения. Средняя скорость в данном конкретном случае может быть заменена вертикальной компонентой электрического поля [4] согласно вы-

$$\text{ражению } E_z = \frac{\Delta U}{z_2 - z_1} = \frac{B_x}{z_2 - z_1} \int_{z_1}^{z_2} V_y dz, \text{ где } \Delta U \text{ — разность потенциалов}$$

на электродах, расположенных на глубинах  $z_1$  и  $z_2$ ;  $B_x$  — горизонтальная компонента индукции магнитного поля Земли.

Обработка данных выполнена во временной области [7]. В результате по компонентам  $E_x$  и  $E_z$  получено  $S_1=3300$  См. Ранее в точке  $\Gamma$  найдено  $S_1=2300$  См [6], и полученная теперь в точке  $B$  величина соответствует ожидаемому росту мощности осадочного чехла в сторону глубоководной котловины [2].

Кривая МТЗ, так же как в [5, 6], построена только в направлении восток — запад, что вызвано линейной поляризацией теллурического поля. Определенная по этой кривой величина  $S_1=3300$  См (с учетом суммарной продольной проводимости водного слоя  $S_0=200$  См) совпадает с величиной, найденной по методу

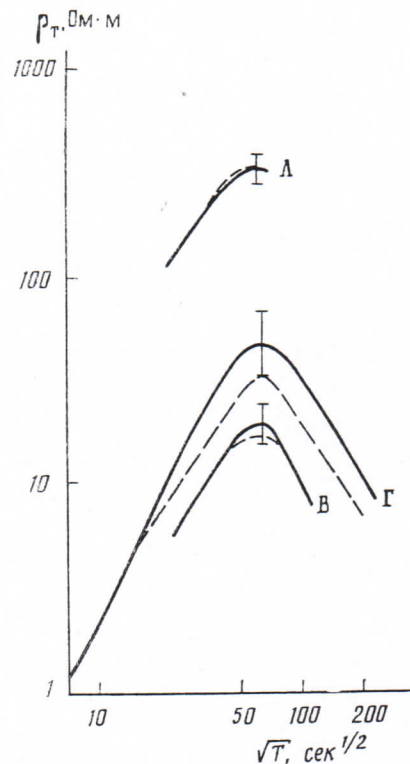


Рис. 2. Кривые МТЗ в точках  $L, \Gamma, B$ .  
Сплошная линия — натурные, пунктир — модельные

комплекс, соответствует данным сейсмометрии (по внутренней части шельфа) и магнитометрии [2]. Важно отметить, что ввиду трудных условий реализации сейсмических методов в данном районе во внешней части шельфа (район точки  $B$ ) полученная здесь глубина поверхности фундамента представляет самостоятельный геологический интерес. В целом можно констатировать, что чехол плиоцен-четвертичных осадков в юго-западной части моря более рыхлый и более мощный, чем в западной [5].

Для получения информации о глубинном разрезе данные интерпретировались на основе подбора двумерной модели, аналогично [5]. На рис. 3 показана оптимальная редакция модели, на рис. 2 сопоставлены натурные и модельные кривые МТЗ.

Важнейшими чертами геоэлектрической модели следует считать подъем проводящего основания под глубоководной котловиной при пониженном сопротивлении фундамента. Другой особенностью, отличающей разрез Альпийской складчатой области от разреза Западно-Эвксинского геоблока и Мизийской плиты, изученного ранее, является выкли-

вает с величиной, найденной по методу МГДП. Аналогичное практическое совпадение величин  $S_1$ , найденных по кривой МТЗ и по методу МГДП, имело место в точке  $\Gamma$ . Это свидетельствует о том, что восходящие ветви кривых МТЗ не искажены. На рис. 2 приведены все три кривые МТЗ восток — запад в точках  $B, \Gamma, L$ . В точке  $L$  кривая МТЗ дает  $S_1=390$  См. Глубины проводящего основания, рассчитанные по положению максимумов кривых, оказались обратно пропорциональны величинам  $S_1$ , т. е. обнаружен четкий  $S$ -эффект. Из этих фактов следует, что все три кривые соответствуют  $H$ -поляризации. Приняв по результатам [6] удельное сопротивление осадков  $\rho_1=1$  Ом·м, получаем мощность слоя осадков  $h_1=3300$  м.

Величины  $S_1$  в точках  $\Gamma$  и  $B$  примерно вдвое превышают ранее найденные в их окрестности методом ЗСМ [3], но в пересчете на мощность данные практически совпадают.

Таким образом, главной особенностью верхней части разреза является монотонное нарастание мощности осадков в сторону глубоководной котловины. Глубина до поверхности фундамента, кровлей которого, очевидно, является ларамийский вулканогенный

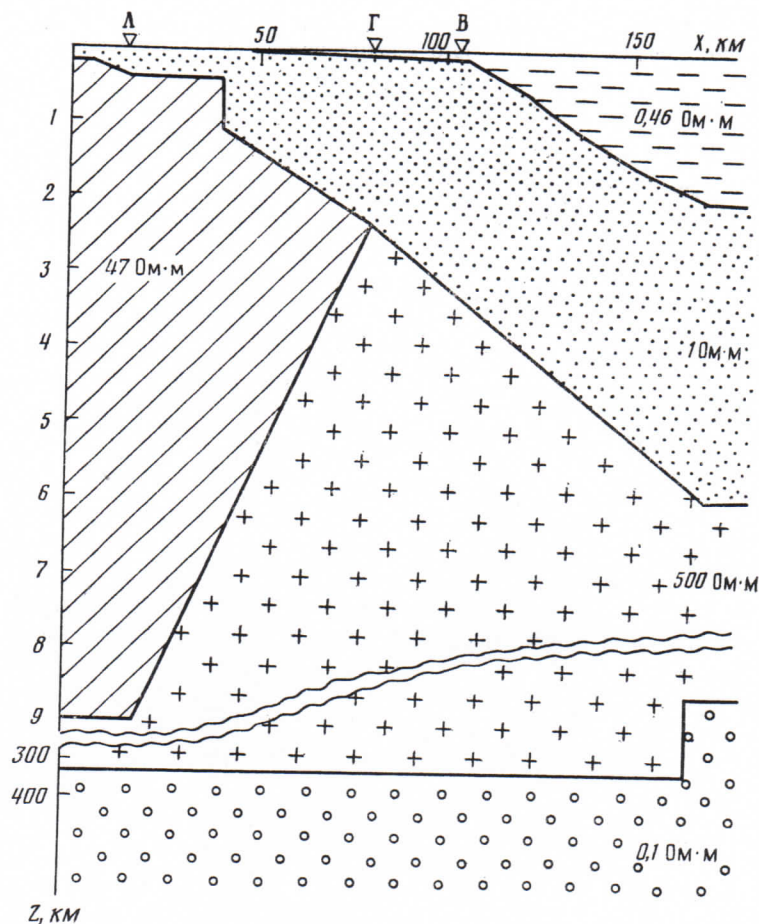


Рис. 3. Геоэлектрическая модель зоны перехода от континента к глубоководной впадине в юго-западной части Черного моря

нивание слоя  $\rho_2=47$  Ом·м, отождествляемого с консолидированными осадками [5], во внутренней части шельфа.

Эти результаты дают основание считать, что геоэлектрические свойства литосферы глубоководной части моря приближаются к океаническим. Для повышения достоверности этого вывода необходимо продолжение зондирований на мористом продолжении IX геотраверса.

Авторы благодарят капитана крейсерской яхты «Виктория» О. А. Коваленко за активное участие в проведении эксперимента, Н. Н. Бондаренко и Е. Р. Мартанус — за помощь в обработке данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамова Л. М., Абрамов Ю. М., Александров А. В. и др. Результаты магнитовариационного профилирования и магнитотеллурического зондирования в прибрежной зоне НРБ//Бълг. геоф. списание. 1986, № 1. С. 104—110.
2. Геология и гидрология западной части Черного моря. София: Изд-во Болг. АН, 1979. 292 с.
3. Кондрашева Н. В. Продольная проводимость осадочного чехла и водной оболочки акваторий Черного и Азовского морей//Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии на акваториях морей и океанов электромагнитными методами. М.: ИЗМИРАН, 1981. С. 138—146.
4. Коротаев С. М., Подгорных Л. В. Результаты наблюдений вертикальной составляющей электрического поля течений на кромке шельфа Западной Африки//Исследования геомагнитного поля на акваториях морей и океанов. М.: ИЗМИРАН, 1978. С. 164—172.
5. Коротаев С. М., Трофимов И. Л., Жданов М. С. и др. Результаты электромагнитных исследований в западной части Черного моря//Бълг. геоф. списание. 1986, № 1. С. 94—103.

6. *Корогаев С. М., Трофимов И. Л., Жданов М. С. и др.* Электромагнитные исследования в юго-западной части Черного моря//Геомagnetизм и аэрономия. 1985. Т. 25. № 2. С. 278—283.
7. *Корогаев С. М., Шабелянский С. В., Трофимов И. Л. и др.* Электромагнитное поле течений и его использование для оценки суммарной проводимости осадочных отложений в западной части Черного моря//Физика Земли. 1984. № 6. С. 86—94.
8. *Фомин Л. М., Титов В. Б.* Об инерционных движениях в океане//Гидрологические и геологические исследования Средиземного и Черного морей. М.: ИОАН, 1975. С. 38—55.

Институт земного магнетизма,  
ионосферы и распространения  
радиоволн  
АН СССР, Троицк

Поступила в редакцию  
9.X.1986  
После доработки  
8.V.1987

S. M. KOROTAEV, S. V. SHABELIANSKY, I. L. TROFIMOV, M. S. ZHDANOV,  
A. I. LAPITSKY, S. I. SANIN, V. V. KUTKIN

DEEP ELECTROMAGNETIC STUDIES IN THE SOUTH-WESTERN PART  
OF THE BLACK SEA

As a result of expedition on cruise yacht Victoria new data about deep geoelectrical structure of the south-western part of the Black Sea were obtained by applying different methods of natural electromagnetic field. These data in total with results of preceding investigations and ones of shope measurements allowed to study geoelectrical cross-section of the transition zone of the continent to the deep hollow of the Black Sea. Comparison of geoelectrical cross-sections of the transition zone in the western and south-western parts of the Black Sea were carried out.