

С. С. Старжинский

О ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЕЗЕ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ ПО ДАННЫМ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ

В статье рассматриваются результаты магнитотеллурических зондирований, выполненных в трех пунктах Южного Приморья. В результате интерпретации были выделены проводящие слои в земной коре на глубинах 15 и 30 км и в верхней мантии (140 км).

В 1975—1976 гг. в Приморском крае были выполнены магнитотеллурические зондирования в трех пунктах (пункт 1, с. Благодатное, пункт 2, с. Дмитриевка, пункт 3, с. Серафимовка) вдоль субширотного профиля (рис. 1). Пункты 1 и 2 расположены на Ханкайском массиве, причем пункт 1 находится в центральной части Вознесенской подзоны, а пункт 2 — в пределах Черниговского синклинария у восточной границы Ханкайского массива [1]. Пункт 3 расположен в Прибрежной антиклинальной зоне приблизительно в 20 км от побережья Японского моря.

Для регистрации магнитотеллурического поля использовались магнитовариационные станции ГГ-42. Длина приемных линий для измерений теллурического поля составляла 500 м в пунктах 1 и 2, и 300 м в пункте 3. В пунктах 1 и 2 приемные линии ориентировались по азимуту 0° , а в пункте 3 по азимуту 30° на северо-восток, т. е. параллельно береговой черте.

Для обработки полевых наблюдений была составлена программа для ЭВМ, которая включала в себя следующие операции: устранение ли-

Проводящий слой на глубине около 30 км в западной части Южного Приморья совпадает со слоем низких сейсмических скоростей, находящимся приблизительно на такой же глубине.

нейного тренда из данных, умножение на сглаживающую функцию окна, вычисление спектров Фурье, узкополосную фильтрацию, выбор участков установившихся значений амплитуд отфильтрованных колебаний, расчет параметров поляризации магнитотеллурического поля, расчет компонент тензора импеданса по методу наименьших квадратов для групп из 4—10 колебаний с разной поляризацией магнитного поля. Полученные значения импедансов осреднялись и пересчитывались в кривые кажущегося удельного сопротивления.

Поляризация магнитного поля на всех пунктах менялась в широких пределах от квазилинейной до эллиптической и близкой к круговой. Теллурическое поле в пункте 2 имеет линейную поляризацию в субмеридиональном направлении во всем диапазоне зарегистрированных периодов. В пунктах 1 и 3 теллурическое поле имеет преимущественно эллиптическую поляризацию. Причем в пункте 1 большая ось эллипса поляризации меняет свое направление от меридионального до субширотного, а в пункте 3 она тяготеет к субширотному направлению. Из полученных кривых кажущегося сопротивления (рис. 2) были выделены продольные кривые ρ^{\parallel} , рассчитанные для пункта 3 в направлении, параллельном береговой черте, а для пунктов 1 и 2 — в меридиональном направлении, близком к генеральному простиранию Ханкайского массива. Кривые кажущегося сопротивления, полученные в направлениях, перпендикулярных к выше отмеченным, были отнесены к поперечным кривым ρ^{\perp} . В пользу такого разделения кривых в пунктах 1 и 2 говорит и тот факт, что локальные структуры, выделяемые в районах расположения пунктов 1 и 2 по геологическим и геофизическим данным, тоже имеют субмеридиональное простирание [1, 2, 7]. В пункте 1 не удалось получить устойчивых значений импедансов, необходимых для расчета кривой ρ^{\perp} . Это связано с тем, что широтная компонента теллурического поля искажена помехой, преимущественно поляризованной в этом направлении. В пункте 2 поперечная кривая смещена вниз по отношению к кривой ρ^{\parallel} , а в пункте 3 кривая ρ^{\perp} поднята по оси сопротивлений значительно выше продольной кривой.

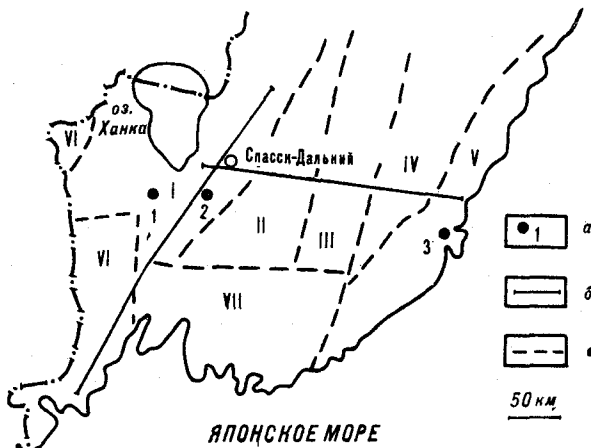


Рис. 1. Расположение пунктов магнитотеллурических зондирований.

а — пункты магнитотеллурических зондирований; б — месторасположение профилей глубинного сейсмического зондирования; в — границы структурно-фациальных зон по [1].
I — Ханкайский массив; II — Даубихинская зона; III — зона Главного антиклинария Сихоте-Алиня; IV — зона Главного синклинария Сихоте-Алиня; V — Прибрежная антиклинальная зона; VI — Западно-Приморская зона; VII — Южно-Приморская зона.

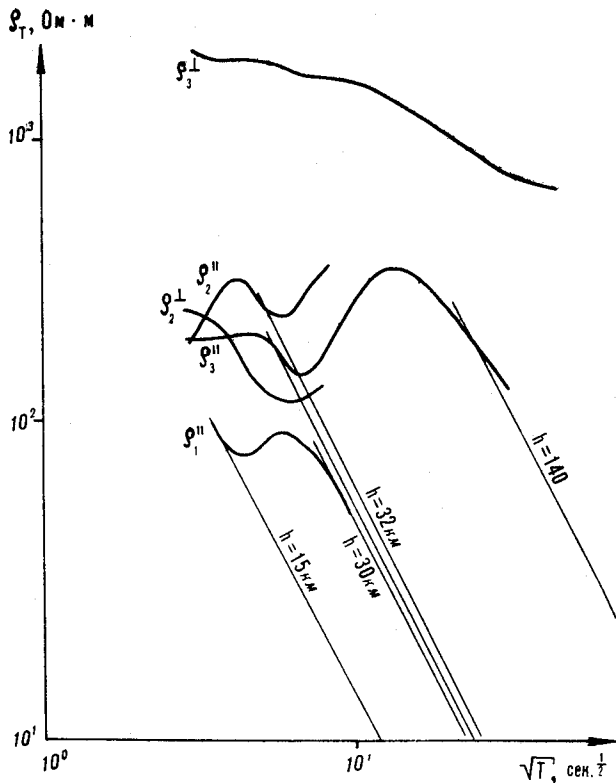


Рис. 2. Продольные (\parallel) и поперечные (\perp) кривые магнитотеллурических зондирований. (Нижний индекс у ρ означает номер пункта.)

Так как пункт 3 располагается вблизи резкой поверхностной геоэлектрической неоднородности, которая представляет собой контакт суши и моря, то для интерпретации мы воспользовались продольной кривой ρ^{\parallel} . Как известно [3], низкочастотные асимптоты продольных кривых не искажаются индукционным эффектом, проявляющимся при зондировании вблизи впадин, заполненных проводящим материалом. Учитывая же наличие поверхностной неоднородности, минимум на кривой ρ^{\parallel} , расположенный левее основного максимума, может быть ложным, обусловленным неоднородностью. Глубина до проводящего слоя в верхней мантии, определенная по нисходящей асимптоте по формуле [8]

$$h \approx 0,356\sqrt{T_h},$$

где $\sqrt{T_h}$ — абсцисса точки пересечения линии h с линией $\rho_T = 1$, составила приблизительно 140 км. Чтобы показать, что минимум на кривой ρ^{\parallel} действительно ложный, необходимо выполнить магнитотеллурическое зондирование в нескольких точках вдоль профиля, перпендикулярного береговой черте. Если при этом будет наблюдаться корреляция между глубиной до проводящего слоя, определяемой по первой нисходящей ветви, и расстоянием до береговой черты, то минимум ложный. В противном слу-

чае он может быть обусловлен присутствием проводящего слоя на глубине ≈ 30 км.

Так как, согласно [2], район расположения пункта 2 характеризуется сложным геологическим строением, то для подтверждения правоты разделения кривых кажущегося сопротивления в этом пункте на продольные и поперечные на основе геологических и геофизических данных рассчитывалась величина

$$S = \frac{|Z_{xx} + Z_{yy}|}{|Z_{xy} + Z_{yx}|}.$$

Согласно [9], величина S для двумерных разрезов принимает значения 0,1—0,2. Если же $0,2 < S < 0,5$, то геоэлектрический разрез близок к двумерному. Для пункта 2 $S \approx 0,4$ в диапазоне периодов, на которых рассчитаны кажущиеся сопротивления. Следовательно, можно считать, что геоэлектрический разрез в районе пункта 2 близок к двумерному, причем направление простирания, определенное по полярным диаграммам главных импедансов Z_{xy} и Z_{yx} , отклоняется от меридионального на 10° . Таким образом, меридиональную кривую ρ_T можно считать продольной кривой ρ^{\parallel} . Кривая ρ^{\parallel} в пункте 2 может быть искажена индукционным эффектом, обусловленным Даубихинским синклинорием, располагающимся восточнее Ханкайского массива. Мощность осадочно-вулканогенного слоя синклинория достигает 8 км [1]. Но присутствие минимумов как на кривой ρ^{\parallel} , так и на кривой ρ^{\perp} , согласно [3], указывает на отсутствие искажений, вызванных индукционным эффектом, и свидетельствует о присутствии проводящего слоя. Глубина до проводящего слоя, определенная по нисходящей ветви кривой ρ^{\parallel} , примерно равна 31 км. Для интерпретации использовалась и кривая эффективного кажущегося сопротивления $\rho_{эф}$, рассчитанная по эффективному импедансу

$$Z_{эф} = \frac{1}{2}(Z_{xy} + Z_{yx}).$$

Глубина до проводящего слоя, определенная по нисходящей ветви этой кривой, составила около 32 км.

Подтверждением наличия проводящего слоя на глубине около 30 км в пункте 2 являются и результаты интерпретации в пункте 1, отстоящем от пункта 2 на расстоянии около 40 км. В пункте 1 на кривой ρ^{\parallel} присутствуют две нисходящие ветви. Определенные по ним глубины до проводящих слоев составили 15 и 30 км. Небольшой объем данных, полученных в пункте 1 с помощью магнитовариационной станции «Измиран-4» и теллурической приставки в области периодов от 10^3 до 10^4 с, позволяет предполагать наличие в этом пункте проводящего слоя на глубине ≈ 140 —170 км. Таким образом, проводящий слой на глубине

≈30 км надежно фиксируется в двух пунктах, расположенных на Ханкайском массиве.

Интересно сопоставить результаты интерпретации кривых ρ^H в пунктах 1 и 2 с результатами глубинного сейсмического зондирования, выполненного вдоль двух профилей на территории Приморья (см. рис. 1). В пределах Ханкайского массива по результатам глубинных сейсмических зондирований удалось выделить слой пониженных сейсмических скоростей, располагающийся в основании земной коры на глубине около 30 км [1]. Мощность этого слоя 2—6 км. На глубинах 15—17 км на этой же площади выделена кровля «базальтового» слоя. Суммарная мощность земной коры не превышает 34 км. Из сопоставления результатов магнитотеллурических зондирований с результатами глубинных сейсмических зондирований следует, что слой пониженного электрического сопротивления, кровля которого находится на глубине ≈30 км, хорошо коррелирует со слоем пониженных сейсмических скоростей, располагающимся в основании земной коры. Первый слой пониженных сопротивлений, выделенный в пункте 1, может быть сопоставлен с кровлей «базальтового» слоя.

Подобная корреляция между слоями с низким электрическим сопротивлением и низкими

сейсмическими скоростями, располагающимися в пределах земной коры, обнаруживается и в других районах. Наиболее ярким примером этого, по-видимому, являются результаты магнитотеллурических зондирований, выполненных в условиях горизонтально-однородного геоэлектрического разреза восточной части плато Колорадо в США [10]. Слой мощностью приблизительно 5 км, характеризующийся пониженным электрическим сопротивлением и пониженной сейсмической скоростью, зафиксирован там на глубине около 20 км.

Ранее выполненные за пределами Ханкайского массива магнитотеллурические зондирования указывают на существование двух проводящих слоев в интервалах глубин 40—60 и 120—140 км [4, 5]. По имеющимся данным трудно сделать какие-либо заключения о рельефе кровли слоя с высокой проводимостью на глубинах 120—170 км. В то же время интересно отметить, что в Хабаровском крае на профиле Советская Гавань — Комсомольск-на-Амуре — Амгунь выявлено погружение кровли проводящего слоя, располагающегося в том же интервале глубин, по мере удаления от берега моря [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аргентов В. В., Гнибиденко Г. С. и др.* Глубинное строение Приморья. М.: Наука, 1976.
2. *Брянский Л. И.* Блоково-слоистая структура земной коры Ханкайского массива.— В кн.: Принципы комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. Владивосток, 1979.
3. *Дмитриев В. И., Бердичевский М. Н., Кокотушкин Г. А.* Альбом палёток для магнитотеллурического зондирования в неоднородных средах. Ч. 4. М.: Изд-во МГУ, 1975.
4. *Копылов В. Р., Старжинский С. С., Баринев Н. Н.* Результаты магнитотеллурических исследований в Приморье.— В кн.: Электромагнитные зондирования. Ч. 2. М.: Изд-во МГУ, 1976.
5. *Копылов В. Р., Шауб Ю. Б.* Некоторые результаты опытных магнитотеллурических зондирований в Приморье.— Геол. и геофиз., 1973, № 1.
6. *Никифорова Н. Н., Ахмадулин В. А. и др.* Глубинные магнитотеллурические исследования в Хабаровском крае.— В кн.: Глубинные электромагнитные зондирования Дальнего Востока. Владивосток, 1980.
7. *Портнягина П. В., Аргентов В. В.* О связи гравитационного поля Ханкайского массива с его глубинным строением (Приморье).— В кн.: Геофизические исследования строения земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского материка к Тихому океану. Южно-Сахалинск, 1970. (Тр. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, вып. 24).
8. *Электроразведка. Справочник геофизика.* М.: Недра, 1980.
9. *Jones A. G., Hutton R.* A multi-station magnetotelluric study in Southern Scotland.— I. Fieldwork, data analysis and results. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 1979, v. 56.
10. *Landisman M., Chairayungpun W.* First results from electrical and seismic studies of low resistivity, low-velocity material beneath Eastern Colorado.— *Geophysics*, 1977, v. 42, N 4.

ТОИ ДВНЦ АН СССР
Владивосток

Поступила в редакцию
12 июля 1982 г.