

УДК 550.344.5

ГЕОФИЗИКА

Р. А. Аветисян

О корреляции некоторых геофизических величин

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 17/VII 1973)

В настоящей работе приводятся результаты исследования корреляции между отдельными геофизическими, геодезическими и геоморфологическими полями. Корреляция определяет параллелизм в изменчивости различных полей, поэтому ее анализ дает возможность судить о том, в какой степени на структуру этих полей влияют одни и те же факторы, а также позволяет в некоторых случаях предполагать наличие между рассматриваемыми полями причинно-следственной связи. Например, если какое-то геофизическое поле коррелируется с особенностями структуры среды, то можно ожидать наличия причинной связи между полем и структурой; если обнаруживается корреляция разных геофизических полей, то можно полагать, что их особенности обусловлены одной и той же причиной.

Для оценки коэффициента корреляции между величинами Y_1 и Y_2 , являющимися функциями некоторого вектора x (например, координат точки на сфере), обычно используется выражение

$$r_{1,2} = \frac{\sum_i (Y_1(x_i) - \bar{Y}_1) (Y_2(x_i) - \bar{Y}_2)}{\sqrt{\sum_i (Y_1(x_i) - \bar{Y}_1)^2 \sum_i (Y_2(x_i) - \bar{Y}_2)^2}} \quad (1)$$

где $\bar{Y}_k = \sum_i Y_k(x_i)$ ($k=1,2$), а суммирование проводится по всем точкам, в которых измерены величины Y_1 и Y_2 . Но поскольку практически разные геофизические поля никогда не измеряются в одних и тех же точках, то для оценки коэффициента корреляции оказывается более удобным предварительное представление изучаемых полей в виде разложения по сферическим функциям.

Пусть A_{nm} и B_{nm} — коэффициенты разложения одной величины, а C_{nm} и S_{nm} — соответственно коэффициенты разложения другой вели-

чины. Нетрудно показать, используя свойство ортогональности сферических функций, что коэффициент корреляции этих величин равен

$$r = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (A_{nm} C_{nm} + B_{nm} S_{nm})}{\sqrt{\sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (A_{nm}^2 + B_{nm}^2)} \sqrt{\sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n (C_{nm}^2 + S_{nm}^2)}} \quad (2)$$

Этим способом в работе (1) были вычислены коэффициенты взаимной корреляции между осредненными значениями невязок времен пробега P воли, гравитационным потенциалом, тепловым потоком и превышением рельефа поверхности Земли, а в работе (2) между гравитационным потенциалом, тепловым потоком, рельефом поверхности Земли, вековыми вариациями недипольной части земного магнитного поля, скоростями распространения продольных сейсмических воли по поверхности мантии, невязками времен пробега P воли и мощностью земной коры для всей поверхности земного шара.

В настоящей работе исследуется корреляция локальных групповых скоростей воли Релея с некоторыми геолого-геофизическими величинами, перечисленными в табл. 1. В качестве данных о групповых скоростях использованы результаты работы (3), где произведено разложение величины $\frac{1}{v(\theta, \varphi)}$ (v — групповая скорость) по сферическим гармоникам для трех периодов: $T=30, 45$ и 60 сек. Для $T=30$ сек разложение производилось до $N=4$, а для $T=45$ и 60 сек — до $N=3$. В качестве примера на рис. 1 изображены линии v для $T=30$ сек, построенные по результатам представления $\frac{1}{v}$ по сферическим функциям. С увеличе-

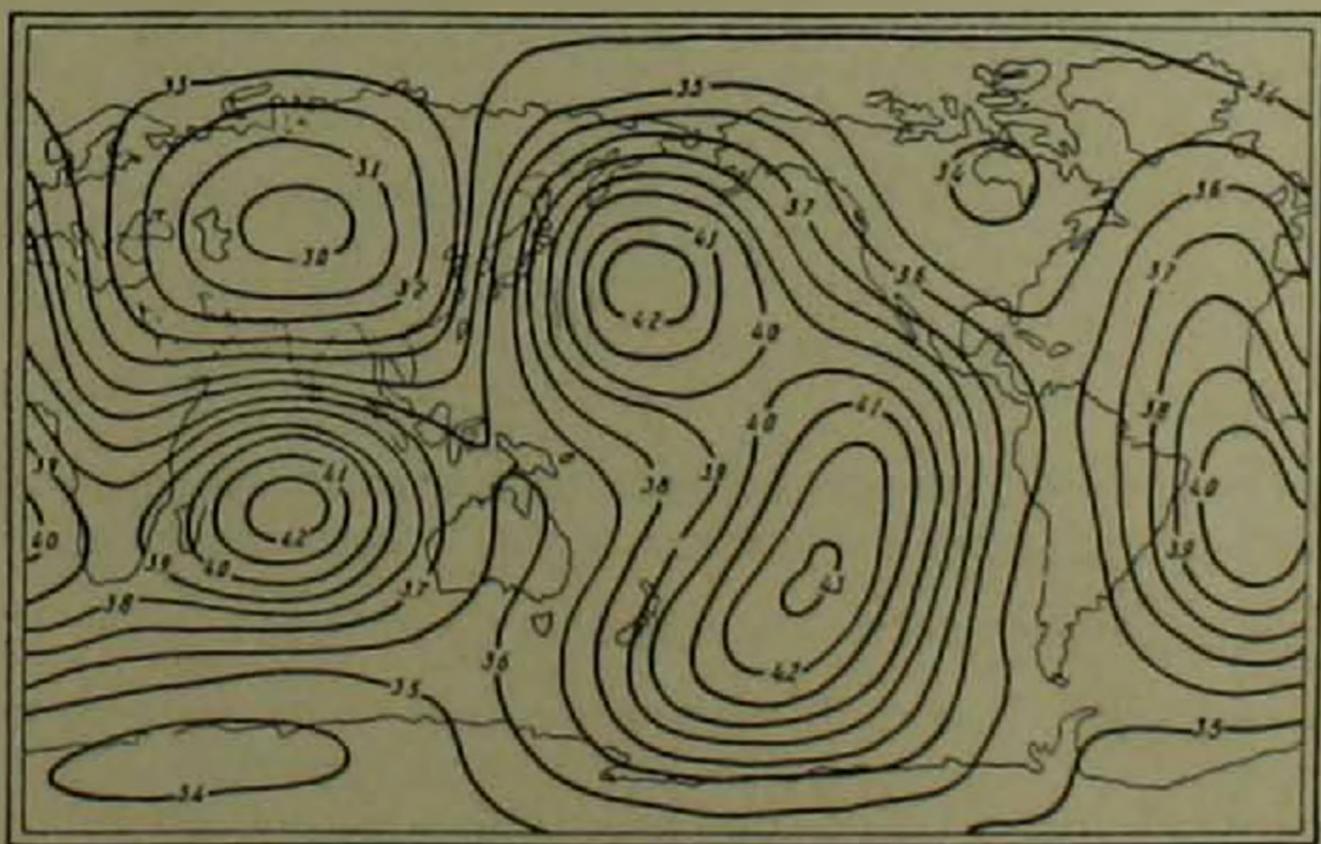


Рис. 1. Изолинии групповых скоростей $\left(\frac{\text{км}}{\text{сек}}\right)$ релеевских воли, соответствующих периоду $T=30$ сек (3)

нием периода T вариации скорости уменьшаются, что объясняется прониканием длиннопериодных волн на большие глубины, где горизонтальная неоднородность среды становится слабее.

Данные о значениях коэффициентов разложения величины, с которыми коррелировались групповые скорости, заимствованы из работ (1, 2, 3). В табл. 1 указано, до какого значения N производилось разложение.

Таблица 1

Величины, с которыми коррелировались групповые скорости релеевских волн

| № п/п | В е л и ч и н а | Источник (ссылка) | До какого $n=N$ производилось разложение |
|-------|---|-------------------|--|
| 1 | Возвышение поверхности Земли | (4) | 4 |
| 2 | Тепловой поток Земли | (1) | 3 |
| 3 | Мощность земной коры | (2) | 6 |
| 4 | Рельеф поверхности Земли | (2) | 6 |
| 5 | Вековые вариации неоднородной части земного магнитного поля | (2) | 5 |
| 6 | Скорость распространения продольных сейсмических волн по поверхности мантии | (2) | 3 |
| 7 | Невязки времен пробега P волн | (2) | 3 |

В табл. 2 приведены вычисленные по формуле (2) коэффициенты корреляции между групповыми скоростями релеевских волн для $T=30, 45$ и 60 сек величинами, указанными в табл. 1.

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции между групповыми скоростями релеевских волн и величинами, перечисленными в табл. 1 в соответствующем порядке

| № п/п | $T=30$ сек ($N=4$) | $T=45$ сек ($N=3$) | $T=60$ сек ($N=3$) |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | +0.804 | +0.792 | +0.544 |
| 2 | -0.021 | +0.122 | +0.133 |
| 3 | +0.617 | +0.604 | +0.417 |
| 4 | +0.563 | +0.595 | +0.427 |
| 5 | -0.212 | -0.200 | -0.238 |
| 6 | -0.368 | -0.321 | -0.239 |
| 7 | -0.094 | +0.016 | -0.208 |

Полученные коэффициенты корреляции оказались довольно низкими, кроме коэффициентов корреляции между возвышением, рельефом поверхности Земли, мощностью земной коры и величиной $\frac{1}{v(\theta, \varphi)}$ для всех трех периодов. При этом, указанные коэффициенты корреляции при увеличении периода, или, что то же самое, эффективной глубины проникновения волны, имеют тенденцию к уменьшению.

Интересно отметить то, что скорости поверхностных волн гораздо лучше коррелируются с мощностью коры и рельефом (т. е. чисто геометрическими характеристиками коры), чем со скоростями распространения продольных волн (и что то же самое, с невязками P волн).

Практическое отсутствие корреляции с тепловым потоком и вариациями магнитного поля говорит о том, что особенности этих полей связаны не с вариациями мощности коры, а какими-то другими причинами, по-видимому, глубинного характера.

Сравним карту изолиний групповой скорости волны Релея (рис. 1) с картой мощностей земной коры для всего земного шара (рис. 2), приведенной в (2).

1. Видно, что локальным максимумам толщины земной коры соответствуют локальные минимумы групповой скорости. Это объясняется тем, что с увеличением толщины земной коры скорость поверхностных волн убывает.

2. Наиболее отчетливо сходство общего характера изолиний в

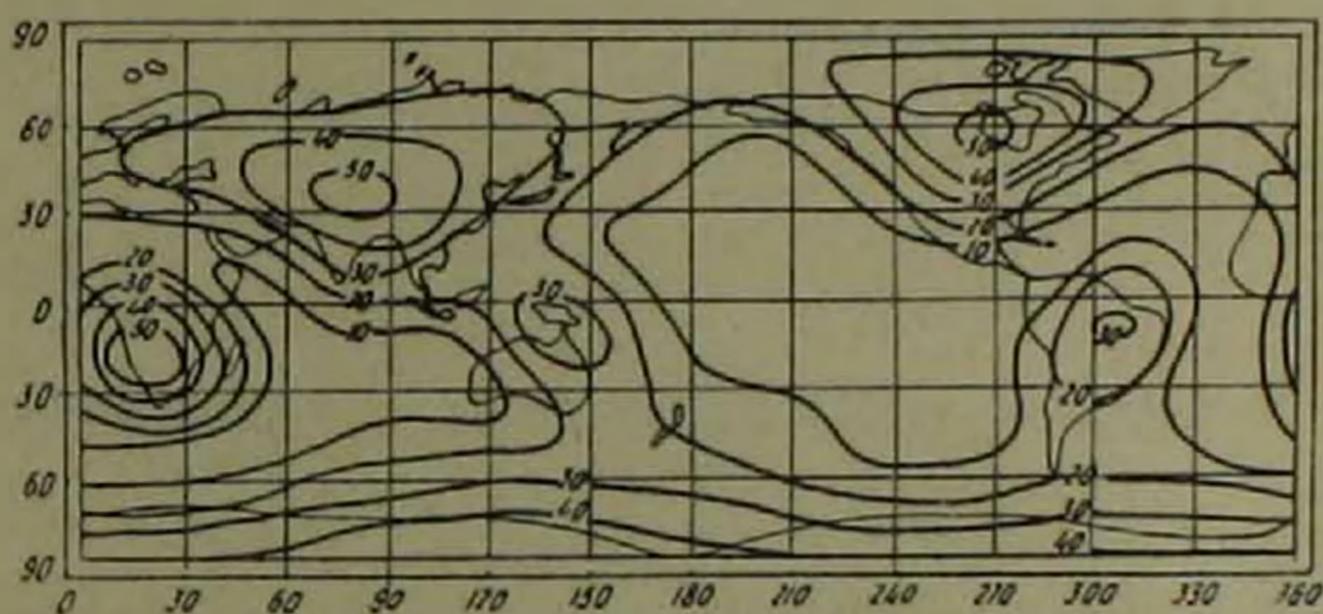


Рис. 2. Изолинии мощностей (км) земной коры (2)

Евразии, в Северной Америке и в Тихом океане.

Из сравнения карты изолиний групповой скорости волны Релея с картой глубины в Тихом океане (рис. 3) следует, что:

1. Общий характер поведения изолиний одинаков.
2. Имеется удовлетворительное согласие с очертанием береговой

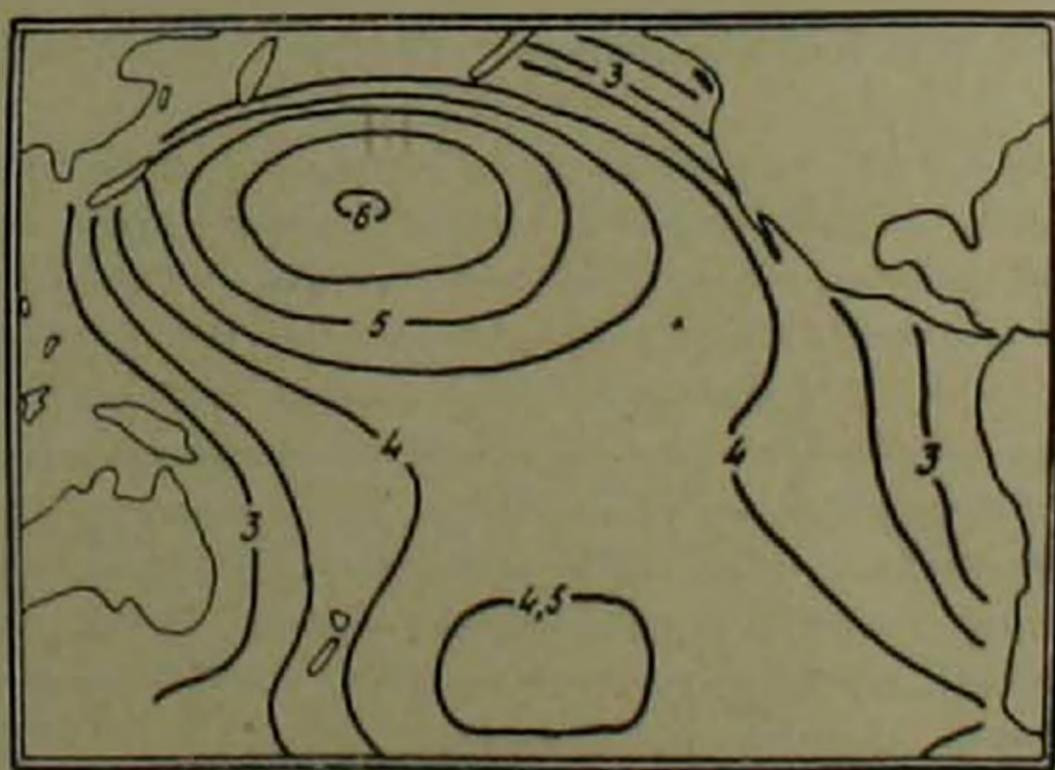


Рис. 3. Изолинии глубины воды (км) в Тихом океане (3)

линни.

3. Как скорость волн Релея, так и глубина воды имеют в Тихом океане по два максимума. Чем больше глубина океана, тем тоньше (более океанична) кора Земли, а чем тоньше кора Земли, тем больше групповая скорость волн Релея (при прочих равных условиях). Все это и объясняет найденную нами сильную корреляцию. Правда, для волн Релея южный максимум по величине больше северного, а для глубины воды — наоборот.

В заключение выражаю признательность Т. Б. Яновской за обсуждение этой работы и ценные замечания.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
Академии наук Армянской ССР

Ի. Ն. ԱՂԵՏԻՈՅԱՆ

Գեոֆիզիկական մի Բանի մեծությունների կոռելյացիայի մասին

Սույն աշխատանքում հեղինակը փորձում է նախկինում ուսումնասիրած $1/\nu$ մեծությունը (ν -ն Ռելեյի ալիքի խմբային արագությունն է) համեմատել այդ գեոֆիզիկական մեծությունների հետ, բացահայտել դրանց ընդհանրությունները և կոռելյացիոն կապերը: Հաշվումներից պարզվել է, որ $1/\nu$ և այլ գեոֆիզիկական մեծությունների միջև եղած կոռելյացիայի գործակիցները ընդհանուր առմամբ բավական փոքր են բացի Նրկրի մակերևույթի ուլտրա-Նրկրի կեղևի հաստության և $1/\nu$ մեծության միջև կոռելյացիայի գործակիցներից՝ բոլոր նրեք պարբերությունների համար (է 30,45 և 60 վրկ.): Հնդ որում նշված գործակիցները հակված են փոքրանալու ալիքի պարբերության, կամ որ նույնն է՝ նրա փոխանցելիության էֆեկտիվ խորության մեծացման հետ:

Հետաքրքիր է նշել, որ մակերևութային ալիքների արագությունները համեմատաբար լավ են կոռելյացված երկրակեղևի հաստության և ուլտրա-Նրկրի հետ, այսինքն կեղևի զուտ երկրաչափական բնութագիրների հետ), քան երկայնական ալիքների տարածման արագությունների հետ: Նրկրի ջերմային հոսքի, մագնիսական դաշտի փոփոխման և Ռելեյի ալիքի խմբային արագության միջև կոռելյացիայի բացակայությունը վկայում է այն մասին, որ այդ դաշտերի առանձնահատկությունները կապված են ոչ թե երկրակեղևի հատկության փոփոխման, այլ ուրիշ, բոտ երևույթին ազելի խոր բնույթի պատճառների հետ:

Ռելեյի ալիքի խմբային արագության, Նրկրի կեղևի հատկության և հաղաղ օվկիանոսի ջրի խորության թարտեզների համեմատությունից բացահայտվել է դրանց նկատելի նմանությունը:

