

В. А. КАЗИНСКИЙ

**О РЕАЛИЗАЦИИ ГРАВИТЕКТОНИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАВИСТОЧНИКОВ, МИГРИРУЮЩИХ
В НЕДРАХ ЗЕМЛИ И НА ПОВЕРХНОСТИ ЕЕ РЕГИОНОВ**

(Представлено академиком А. Н. Тихоновым 26 II 1974)

Основная цель статьи — построение метода исследования миграции грависточников в недрах Земли и на поверхности ее регионов. Если внутри региона Земли и на его поверхности происходит движение грависточника, то одновременно деформируется уровенная поверхность геопотенциала, которая может быть изучена по данным измерений, полученных гравитационным вариометром.

Такая формулировка проблемы имеет обобщенный характер, но она может быть отнесена и к решению ряда других задач сейсмологии, вулканологии, метеорологии, гидротехники и т. д.; при этом изменится лишь наименование грависточника. Поэтому построенный метод для решения сформулированной выше задачи следует считать методом, применяемым при решении многих гравитектонических задач физики Земли.

Метод основан на векторных свойствах вариаций вторых производных геопотенциала, являющихся количественной мерой деформации уровенной поверхности геопотенциала. Так, обращаясь к формулам пересчета вариаций, употребляемым при переходе от одной системы координат к другой, напишем

$$\begin{aligned} T_{\Delta}(\alpha_{\Delta}) &= T_{\Delta}(0) \cos 2\alpha_{\Delta} - 2T_{xy}(0) \sin 2\alpha_{\Delta}, \\ 2T_{xy}(\alpha_{xy}) &= T_{\Delta}(0) \sin 2\alpha_{xy} + 2T_{xy}(0) \cos 2\alpha_{xy}, \\ T_{yz}(\alpha_{yz}) &= T_{yz}(0) \cos \alpha_{yz} - T_{xz}(0) \sin \alpha_{yz}, \\ T_{xz}(\alpha_{xz}) &= T_{yz}(0) \sin \alpha_{xz} + T_{xz}(0) \cos \alpha_{xz}. \end{aligned} \quad (1)$$

Приравняв левые части (1) нулю и решая полученные уравнения относительно тангенсов углов α , получим

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2\alpha_{\Delta} &= \frac{2T_{\Delta}(0)}{2T_{xy}(0)}, & \operatorname{tg} 2\alpha_{xy} &= -\frac{2T_{xy}(0)}{T_{\Delta}(0)}, \\ \operatorname{tg} \alpha_{yz} &= \frac{T_{yz}(0)}{T_{xz}(0)}, & \operatorname{tg} \alpha_{xz} &= -\frac{T_{xz}(0)}{T_{yz}(0)}. \end{aligned} \quad (2)$$

По наблюдаемым вариациям $T(0)$ определим углы α , при которых левые части (1) обращаются в нуль. И, наконец, по вычисленным углам α найдем азимуты на эпицентр грависточника вариаций. Так, для $\Delta\sigma > 0$ будем иметь

	A_{xy}	A_{Δ}
1C	$+ \alpha_{xy}$	$45 - \alpha_{\Delta}$
2C	$90 - \alpha_{xy}$	$45 + \alpha_{\Delta}$
3C	$90 + \alpha_{xy}$	$135 - \alpha_{\Delta}$
4C	$180 - \alpha_{xy}$	$135 + \alpha_{\Delta}$
5C	$180 + \alpha_{xy}$	$225 - \alpha_{\Delta}$
6C	$270 - \alpha_{xy}$	$225 + \alpha_{\Delta}$
7C	$270 + \alpha_{xy}$	$315 - \alpha_{\Delta}$
8C	$360 - \alpha_{xy}$	$315 + \alpha_{\Delta}$

(3)

Если сектор C , в котором залегает эпицентр, известен из каких-либо данных, то уточненный A будет вычислен безошибочно. Иначе отыскание азимута будет связано неопределенностью, которая может быть раскрыта с помощью стационарных наблюдений с вариометром на двух или более пунктах. В этом случае номер сектора определится методом засечек и, таким образом, будет определена нужная формула для вычислений A_{xy} и A_{Δ} .

Но имеется другая возможность для определения номера сектора. Если измерены все четыре вариации $T(0)$, то по их знакам можно указать номер сектора, пользуясь при этом только табл. 1, которая составлена для $\Delta\sigma > 0$.

Таблица 1

Номер сектора	Наблюдаемые знаки вариаций				Номер сектора	Наблюдаемые знаки вариаций			
	$T_{\Delta}(0)$	$2T_{xy}(0)$	$T_{yz}(0)$	$T_{xz}(0)$		$T_{\Delta}(0)$	$2T_{xy}(0)$	$T_{yz}(0)$	$T_{xz}(0)$
1C	-	+	+	+	5C	-	-	+	-
2C	+	+	+	+	6C	+	+	-	-
3C	+	-	+	-	7C	+	-	-	+
4C	-	-	+	-	8C	-	-	-	+

Ни одна из строчек табл. 1 не имеет одинакового построчного распределения знаков вариаций. Поэтому та неопределенность, о которой говорилось выше, не будет встречаться, потому что при этом она раскрывается без применения наблюдений на двух и более пунктах. Этим принципом мы пользовались при определении азимута на эпицентр на п. Гярд, где в течение 4—5 дней, предшествующих землетрясению, для результатов наблюдений были справедливы равенства

$$T_{\Delta}(0) \gg 0, \quad 2T_{xy}(0) \ll 0, \quad T_{yz}(0) > 0, \quad T_{xz}(0) < 0, \quad (4)$$

по которым были подобраны нужные формулы для определения A_{xy} и A_{Δ} , а затем определен знак плотности вещества очага землетрясения.

При использовании формул (3) необходимо иметь в виду следующее свойство углов α_{xy} и α_{Δ} : азимуты A_{xy} определяются относительно осей координат, а азимуты A_{Δ} — относительно биссектрис, число которых в прямоугольной системе координат равно четырем, что, в свою очередь, порождает неопределенность при определении азимута на эпицентр источника вариаций.

Кроме того следует отметить некоторые частные положения эпицентра. Например, если измеренные вариации оказались $T_{\Delta}(0) = 0$ и $2T_{xy}(0) \neq 0$, то эпицентр расположен на биссектрисе, но на какой из них — сказать нельзя. Поэтому случай $T_{\Delta}(0) = 0$ и $2T_{xy} \neq 0$ указывает, что эпицентр лежит на какой-либо биссектрисе и только. Но все же этот расчет будет полезен в процессе истолкования вариаций, измеряемых гравитационным вариометром.

В случае $T_{\Delta}(0) = 2T_{xy} = 0$ можно утверждать, что пункт наблюдений совпадает с омбилической точкой, а сам источник имеет форму шара или близкую к нему поверхность. При этом следует иметь в виду случай, когда источника нет совсем.

Необходимо рассмотреть также положение эпицентра на осях координат. В этом случае вариация $T_{\Delta}(0)$ будет функцией x^2 и y^2 . Но при этом неизвестно, на какой полуоси расположен эпицентр.

Рассмотренные частные положения эпицентра могут оказаться полезными при истолковании наблюдаемых вариаций. Некоторые из них можно проследить при помощи искусственного примера (табл. 2, $\Delta\sigma > 0$) для шарового тела и его 4 элементов поля.

Таблица 2

Номер сектора	Наблюдаемые вариации				Азимуты			
	$T_{\Delta}(0)$	$2T_{xy}(0)$	$T_{yz}(0)$	$T_{xz}(0)$	A_{Δ}	A_{xy}	A_{xz}	A_{yz}
1C	-a	+a	+b	+b	22°,5	22°,5	45°	45°
2C	+a	+a	+b	+b	67,5	67,5	45	45
3C	+a	-a	+b	-b	112,5	112,5	135	135
4C	-a	-a	+b	-b	157,5	157,5	135	135
5C	-a	+a	-b	-b	202,5	202,5	225	225
6C	+a	+a	-b	-b	247,5	247,5	225	225
7C	+a	-a	-b	+b	292,5	292,5	315	315
8C	-a	-b	-b	+b	337,5	337,5	315	315

Данные табл. 2 представляют интерес во многих отношениях, несмотря на то что в ней приводятся элементы поля шаровой модели. Укажем на некоторые из них. Из табл. 2 следует, что в природе не может быть источников, для которых все четыре вариации равны. Однако попарно равенство может иметь место. Поэтому азимуты в каждой паре равны, но между парами T они получились разными.

С помощью той же табл. 2 подтверждается, что $|\alpha_{xy}| + |\alpha_{\Delta}| = 45^\circ$.

К сожалению, у нас не было возможности выполнять специальные исследования для практического испытания построенных формул, и поэтому в этом отношении метод следует считать грядущим. Однако на основании наших наблюдений в Армении, Казахстане и Азербайджане можно говорить о новом приложении вариаций вторых производных геопотенциала к изучению мигрирующих гравиточников в недрах Земли и на поверхности ее регионов по стационарным вариометрическим измерениям, весьма просто организуемым. Но степень актуальности метода определяется не только простотой его реализации, а и тем богатым перечнем геофизических задач, которые будут решаться с помощью измеренных вариаций вторых производных геопотенциала.

Стоит также отметить, что применение формул (2) связано с предварительным устранением из измеренных $T(0)$ случайных и полусистематических погрешностей. В математике разработана для этих целей методика устранения (фильтрация), позволяющая удалять случайные погрешности. Но мы пользовались приближенным методом, обычно именуемым «на глаз», и получили достаточно достоверные кривые, представляющие вариации источника гравитектонического процесса.

Полусистематические погрешности могут возникать при изучении гравитектонических режимов регионов с крупными водоохранилищами ГЭС. Эти погрешности возникают при заполнении водой котлованов, но величину этой погрешности всегда можно подсчитать по квадратической формуле⁽¹⁾, при этом можно учесть и погрешность, возникающую из-за изменения во времени объема воды в водохранилище.

Лишь после устранения такого рода погрешностей из измеренных вариаций $T(0)$ их следует применять в формулах (3).

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
1 II 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. А. Казинский, Вопросы гравиметрии и методы ее применения в горном деле, «Наука», 1969.