

Н. В. КОНДОРСКАЯ, А. А. СААКЯН

## ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИПОЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В РЕГИОНАХ С НЕОДНОРОДНО-БЛОКОВЫМ СТРОЕНИЕМ

В регионах с неоднородно-блоковым строением вопрос повышения точности определения координат гипоцентров требует учета особенностей этого строения. Здесь может быть несколько подходов: построение локальных, площадных годографов, подбор параметров среды на основе минимизации ошибок определения основных параметров гипоцентров ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $T_0$ ,  $h$ ), построение оптимального осредненного годографа с введением станционных азимутальных поправок к нему.

Рассмотрим некоторые моменты их особенностей.

При использовании локального годографа необходимо, чтобы и очаг, и станции находились в одном и том же блоке земной коры, причем количество станций должно быть достаточным для обеспечения необходимой точности определения основных параметров гипоцентров.

Очевидно, что это не всегда реализуемо и, как показывает практика, наличие систем локальных годографов в таком сейсмоактивном регионе как Кавказ, не нашло применения. Другим важным недостатком этого подхода является невозможность стандартизации.

Построение площадных годографов требует хорошего знания строения данного региона. Здесь возможны следующие два случая: количество распознанных блоков больше количества станций и наоборот — количество станций больше количества блоков. Очевидно, что информативность в первом случае больше и применение площадного годографа будет эффективным. Во втором случае эффективность применения этого годографа будет ниже, так как особенности регистрации времен первых вступлений на станциях не учитываются полностью. И действительно, станции, находившиеся в одном и том же блоке, могут характеризоваться различными станционными поправками ко временам пробега сейсмических волн [1].

В случае одновременного подбора среды и основных параметров гипоцентров землетрясений модель среды оказывается упрощенной, частично меняющейся от события к событию, иногда противоречивой.

На наш взгляд, более эффективным является подход, позволяющий учитывать латеральные неоднородности с помощью азимутальных станционных поправок. Преимущество этого подхода перед остальными — в универсальности, в возможности стандартизации для всего региона, в научно-практической значимости кинематических параметров распределения невязок с целью их геолого-геофизического истолкования и отбора оптимальных систем наблюдений. Поэтому предлагается методика, которая представляет собой многоэтапный цикл изучения времен пробега продольных сейсмических волн ( $P$ ) и позволяет после каждого итерационного цикла уточнять как параметры гипоцентров, так и особенности строения земной коры исследуемого региона. Основные позиции этой методики заключаются в следующем:

1. Обеспечивается статистическая представительность данных.
2. Проводится анализ всех годографов, построенных для данного региона, и выбирается годограф, который может служить стандартом в первом приближении.
3. В качестве исходных, в первом приближении, используются основные параметры гипоцентров ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $T_0$ ,  $h$ ), рассчитанные по этому годографу. Особое внимание уделяется точности измерения времен первых вступлений  $P$ -волн.

4. Для каждой станции ( $i$ ) и гипоцентра ( $j$ ) производится расчет невязок по классической схеме:  $f_i = t_{pi} - t_{pi, \Delta_{ij}, h_j}^*$ , где  $t_{pi}$  — наблюдаемые на станциях времена пробега Р-волн,  $t_{pi, \Delta_{ij}, h_j}^*$  — рассчитанные по годографу времени пробега Р-волн для соответствующего эпицентрального расстояния ( $\Delta_{ij}$ ) и глубины гипоцентра ( $h_j$ ). Здесь возможны два случая:

а) Глубины гипоцентров известны. Очевидно, что в этом случае  $f_i$  определяются для соответствующих глубин.

б) Глубины гипоцентров не известны. В этом случае мы предлагаем произвести следующую операцию: проводится расчет величин  $f_i$  для глубин очагов с шагом 5 км и выбирается та глубина гипоцентра, для которой среднее абсолютное значение невязок —  $|\bar{f}_i|$  по всем станциям оказывается минимальной. Эту величину мы обозначаем через  $f_i^{\min}$ .

5. Проводится расчет функции плотности распределения невязок  $P(f_i)$  или  $P(f_i^{\min})$  и ее параметров: систематическую (поправка —  $\alpha$ ) и случайные ошибки (дисперсия —  $\sigma$ , частота больших ошибок —  $\mu$ , крутость —  $t$ ). Проводится их анализ.

6. Выясняется вопрос зависимости  $\alpha_i$  от эпицентрального расстояния. Если эта зависимость не наблюдается, то исходный годограф хорошо осредняет среду и может быть использован в качестве стандарта для данного региона, а величины  $\alpha_i$  рассматриваются как станционные поправки к этому годографу. Если же  $\alpha_i = F(\Delta)$  наблюдается, то необходимо перейти к следующим этапам.

7. Выявляется зависимость станционных невязок от эпицентрального расстояния. Для этого все поле невязок для всех станций и землетрясений осредняется в зависимости от эпицентрального расстояния. Для оптимального восстановления формы кривой  $f_i = F(\Delta)$  интервалы по  $\Delta$  ( $\delta\Delta$ ) для осреднения выбираются уже, чем наименьший период осцилляций этой кривой. Внутри каждого интервала ( $\delta\Delta$ ) аналитически рассчитываются параметры функции плотности распределения невязок:  $\alpha_{\delta\Delta}$ ,  $\sigma_{\delta\Delta}$ ,  $\mu_{\delta\Delta}$ . В этом случае значения величин  $\alpha_{\delta\Delta}$  являются поправками на интервалах  $\delta\Delta$ .

8. Рассчитанные поправки  $\alpha_{\delta\Delta}$  вводятся в исходный годограф, тем самым получают скорректированные времена пробега ( $t'_{pi}$ ), и на основании величин  $dt'_{pi}/d\Delta$ ,  $d^2t'_{pi}/d\Delta^2$  и в предположении о горизонтальной слоистости земной коры рассчитывается осредненная модель земной коры: мощность слоев и скорость Р-волн в них.

9. Рассчитывается новый осредненный региональный годограф и на его основании производится переопределение координат гипоцентров ( $\varphi'$ ,  $\lambda'$ ,  $T_0'$ ,  $h'$ ).

10. Полученные величины ( $\varphi'$ ,  $\lambda'$ ,  $T_0'$ ,  $h'$ ) принимаются в качестве исходных и весь цикл, приведенный в пунктах 4–9, повторяется. Этот процесс проводится до тех пор, когда рассчитанные после данного цикла ( $n$ ) величины станционных поправок ( $\alpha_{ij}''$ ) не обнаруживают зависимости от эпицентрального расстояния. Полученные на  $n$ -ом этапе величины  $\alpha_{ij}''$  рассматриваются как станционные поправки к уточненному, после  $n$ -ого цикла, осредненному региональному годографу и используются в сейсмологической практике для определения основных параметров гипоцентров землетрясений.

Вышеописанная методика была реализована для землетрясений Армянского нагорья и был рассчитан осредненный региональный годограф Армянского нагорья (ОРГАН) для глубин от 0 до 50 км с шагом 5 км [2, 3, 4]. Расчет станционных поправок к ОРГАНу производился

для выделенных нами четырех эпицентральных зон — Джавахетской, Ардагано-Карсской, Бардог-Котурской и Зангезурской [1].

Точность координат гипоцентров оценивалась нами расчетом радиуса доверительной области ошибок ( $r$ ) для 95% уровня доверия. Оказалось, что для 58%  $r \leq \pm 5$  км, а 93%  $r \leq \pm 10$  км, причем, что особенно ценно, для около 45% землетрясений система наблюдений составляет узкий азимутальный створ ( $\Delta\alpha \sim 180^\circ$ ).

На рис. 1 приведено распределение отношений радиусов доверительных областей ошибок ( $r_{оп}/r_0$ ) определения координат гипоцентров с помощью ОРГАН с применением станционных поправок ( $r_{оп}$ ) и ОРГАН без применения станционных поправок ( $r_0$ ) для около 500 землетрясений. Как видно, это распределение имеет модуль вблизи 0,6, и следовательно, использование станционных поправок позволяет более чем в 1,5 раза в среднем повысить точность определения координат гипоцентров.

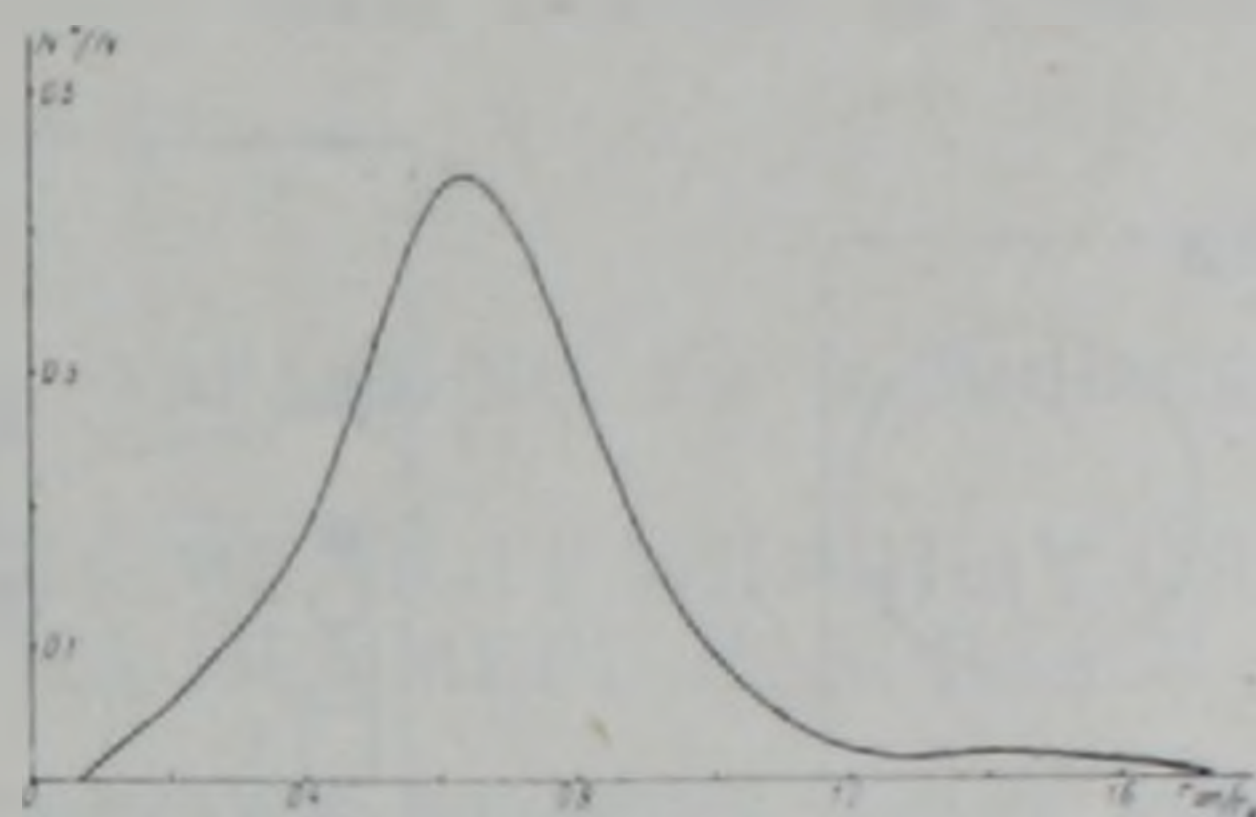


Рис. 1. Распределение отношений радиусов доверительных областей ошибок определения гипоцентров по ОРГАНу с поправками ( $r_{оп}$ ) и без применения поправок ( $r_0$ ).

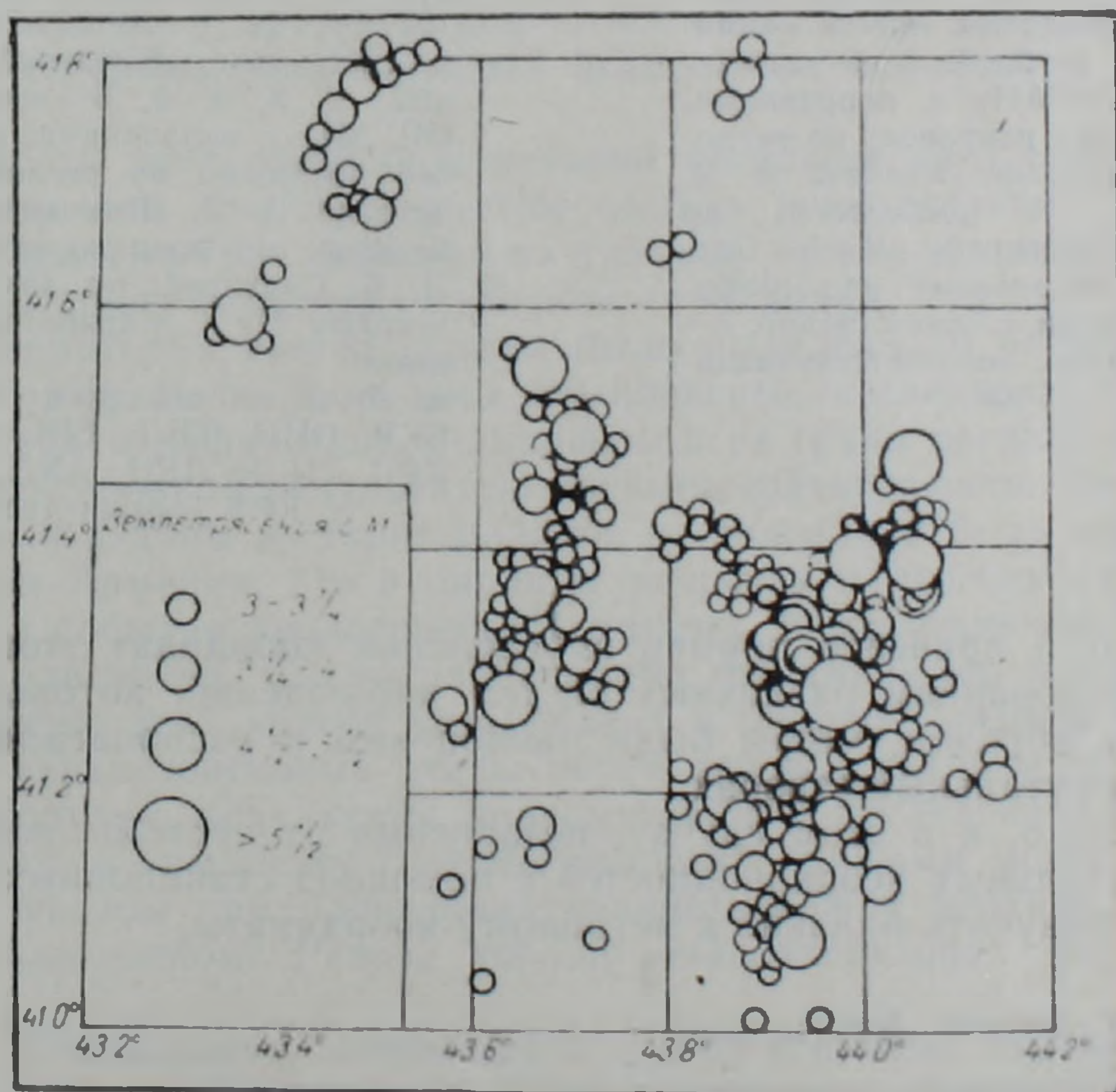


Рис. 2. Уточненная карта эпицентров для Джавахетской зоны за 1968—1973 гг.

Интересно отметить, что после уточнения распределение эпицентров землетрясений становится близкостроенным, подчеркивая разломно-блоковое строение земной коры (рис. 2).

На рис. 3 показан пример определения координат мощного взрыва, произведенного недалеко от г. Кировакана. Этот взрыв был зарегистрирован большинством сейсмических станций Кавказа как землетрясение с  $K \sim 9$ , однако четкие первые вступления оказались для 13 станций; азимутальный створ порядка  $300^\circ$ . Использовались как локальный, региональный, площадной годографы, так и построенный нами ОРГАН без применения станционных поправок и с их применением. Как видно, все координаты располагаются восточнее от истинного взрыва, что объясняется структурно-скоростными особенностями среды в направлении запад-восток от взрыва. Применение же станционных поправок к оптимальному осредненному годографу позволяет получить координаты с большой степенью точностью. Худшие результаты получаются по локальному годографу.

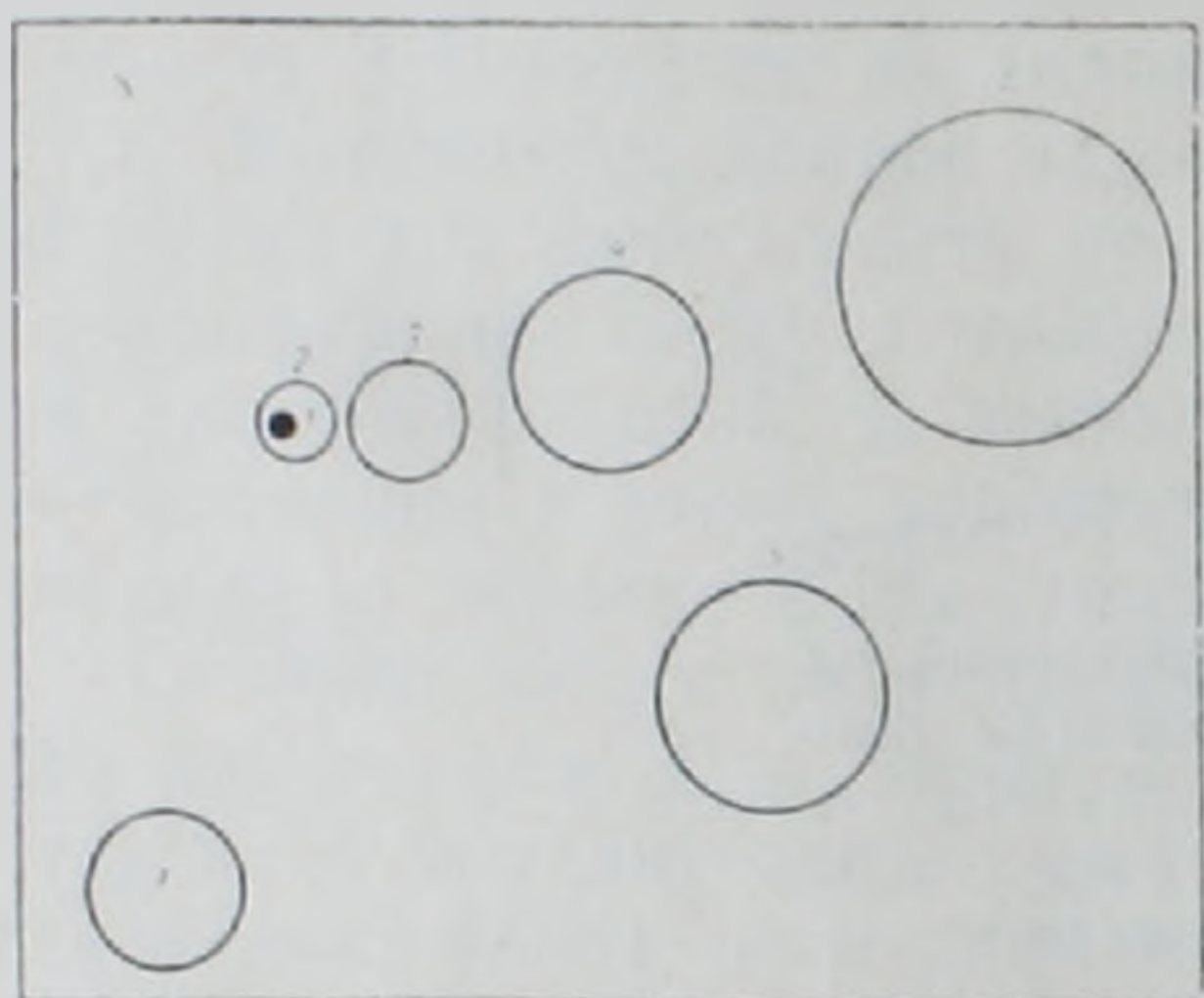


Рис. 3. Эпицентры взрыва 17.07. 1977 г. по различным определениям. 1—истинный, 2, 3, 4, 5, 6—рассчитанные по ОРГАНу с поправками; по ОРГАНу без поправок; по региональному годографу Кавказа А. Я. Левицкой, Т. М. Лебедевой; по площадному годографу Л. Б. Славинной; по локальному годографу Н. К. Карапетян соответственно; 7—радиус ошибки, соответствующий 5 км.

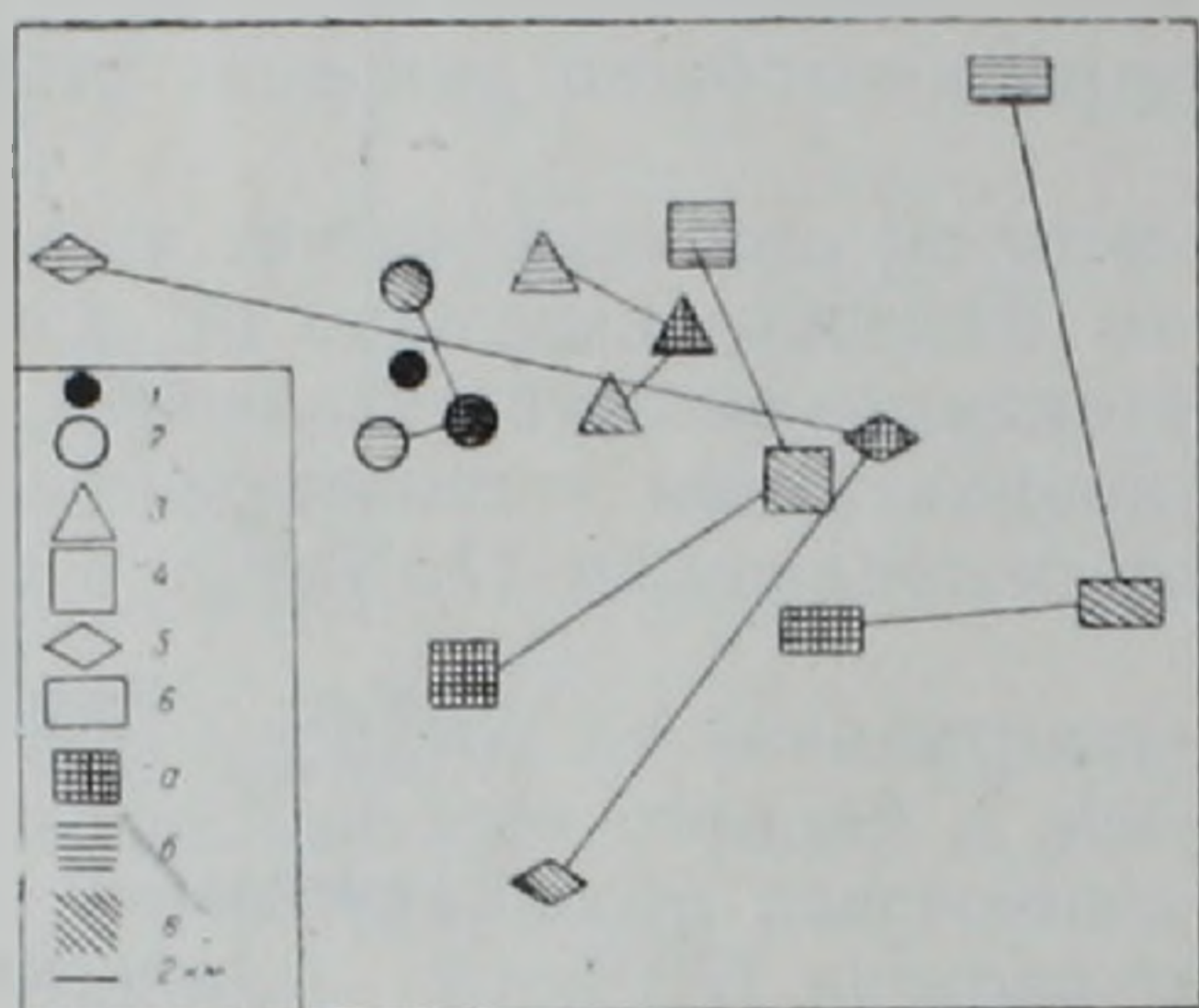


Рис. 4. Координаты взрыва 17.07. 1977 г. по различным годографам и системам наблюдений. 1—истинный; 2, 3, 4, 5, 6—эпицентры по ОРГАНу с поправками; по ОРГАНу без поправок; по региональному годографу А. Я. Левицкой, Т. М. Лебедевой; по площадному годографу Л. Б. Славинной; по локальному годографу Н. К. Карапетян соответственно  
а, б, в—по станциям СТЕ, АХЛ, БКР, ОНИ, ТБЛ; ЕРЕ, ВРД, ГРС, КРБ, ЛГД; ЛЕН, АХЛ, БКР, ТБЛ, КРБ соответственно.

На рис. 4 приведен пример определения координат этого взрыва, но с использованием различных систем наблюдений, которые отбирались таким образом, чтобы были равноценны и располагались в различных азимутальных створах.

Как видно, и в этом случае, независимо от системы наблюдений, учет азимутальных неоднородностей с помощью станционных поправок позволяет получить близкие к истинному координаты.

Институт физики Земли  
АН СССР,  
Институт геофизики и инженерной  
сейсмологии АН Арм.ССР

Поступила 8.X 1987.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондорская Н. В., Саакян А. А. Кинематические особенности Р-волн для землетрясений Армянского нагорья.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1984, № 8, с. 67—71.
2. Саакян А. А. Эпицентральные поправки к стандартному годографу Джеффриса-Буллена для Армянского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 5, с. 75—81.
3. Саакян А. А. Станционные аномалии времени пробега Р-волн от землетрясений Армянского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 1, с. 62—69.
4. Саакян А. А., Гедакян Э. Г., Саргсян Г. В. Результаты применения осредненного регионального годографа Армянского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, № 6, с. 80—85.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1988, XLI, № 5, 74—78

УДК 550.384.33:551.781 (479.25)

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. К. КАРАХАНИЯН, ДЖ. О. МИНАСЯН

### О ПАЛЕОМАГНЕТИЗМЕ ПОГРАНИЧНЫХ СЛОЕВ ЭОЦЕНА И ОЛИГОЦЕНА НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА у с. ЛАНДЖАР

В истории геологического развития Земли известны этапы, являющиеся переломными, когда происходили геологические события глобального масштаба—преобразовывалась земная кора, происходили значительные изменения в составе биот, тектонические и палеогеографические перестройки, менялся климат и характер осадконакопления. Одним из таких переломных моментов является граница эоцена и олигоцена. Исследование геологических событий на границе эоцена и олигоцена важно и в практическом отношении для оценки перспектив поисков месторождений полезных ископаемых осадочного происхождения.

Важность этих событий в истории геологического развития столь значительна, что стало предметом особых исследований по проекту № 174 «Геологические события на границе эоцена и олигоцена» Международной программы геологической корреляции.

На территории нашей страны было выделено 20 регионов, в пределах которых были проведены комплексные исследования, в первую очередь, стратиграфические, с анализом всех групп органических остатков, корректировкой результатов магнитостратиграфическими и другими данными. Одним из таких районов исследований была выбрана также Южная Армения, где в опорных разрезах палеогена зафиксированы многие события геологической истории, происходившие на рубеже эоцена и олигоцена. Смена планктонных фораминифер и нанопланктона на рубеже этих ярусов установлена в опорном разрезе у с. Ланджар, где верхнеэоценовые глины переходят в песчаники нижнего олигоцена. Поэтому, результаты палеоманитных исследований разреза у с. Ланджар, в комплексе с геологическими данными могут послужить весомым фактом при проведении границы между верхним эоценом и нижним олигоценом. Разрез хорошо охарактеризован фаунистически [1, 2, 3].

Для исследования магнитных и палеомагнитных характеристик отложений эоцена-олигоцена из этого разреза по двум параллельным «профилям» А и Б было отобрано более 70 образцов. Отбор образцов был произведен в произвольной системе координат, т. е. маркировка образцов производилась на произвольных плоскостях штуфа. В процессе дальнейших работ это даст возможность с учетом элементов за-