

А. М. АВETИСЯН

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ  
КООРДИНАТ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Одной из основных задач современной сейсмологии является повышение точности определения положения эпицентра или гипоцентра землетрясений, что имеет большое значение при решении ряда вопросов сейсмологии.

В последнее время, в связи с возрастанием сейсмологической информации и необходимостью повышения точности при ее обработке, задача оптимизации сейсмической сети приобретает большое научное и практическое значение.

Оптимизация сейсмической сети—это сложная физическая задача, требующая составления модели исследуемого явления и разработки алгоритмов оптимизации наблюдений, учитывающих массу влияющих факторов. Условия оптимизации зависят от поставленной задачи и могут различаться и даже противоречить друг другу при проведении различных исследований [3,5].

Настоящая работа посвящена анализу оптимальности сейсмической сети Армянской ССР при решении одной из основных задач сейсмологии, а именно, при определении эпицентрального или гипоцентрального полей очага. Для этого, прежде чем указать пути усовершенствования сейсмической сети, необходимо дать оценку оптимальности существующей сети с учетом региональных особенностей строения земной коры на теоретических моделях [4].

Для сейсмической сети Армянской ССР ранее оценивалась оптимальность сети при определении координат землетрясений различными методами [2].

Задачей настоящей работы является выявление возможности оценки плотности сейсмической сети с помощью теоретического моделирования в случаях, когда очаги находятся в различных зонах рассматриваемого региона, по методике, описанной в работах [1, 2]. По данной методике, определение эпицентрального расстояния при распространении волн в среде с заданным полем скоростей  $V(x)$  сводится к решению системы обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка, которые в среде с постоянным градиентом допускают точное решение [1] и имеют следующий вид:

$$\Delta(t, h) = \frac{b}{a} \sqrt{2 \left(1 + \frac{a}{b} h\right) \operatorname{ch} at - \left(1 + \left(1 + \frac{a}{b} h\right)^2\right)}, \quad (1)$$

где  $h$ —глубина,  $V = b + ah$ .

Как известно, при эпицентральных расстояниях  $\Delta < 200$  км характерной особенностью распространения сейсмических волн землетрясения является высокая интенсивность прямых продольных и поперечных ( $\bar{P}$  и  $\bar{S}$ ) волн, которые на сейсмограммах дают наиболее четкое вступление и наибольшую амплитуду. Исходя из этого, при определении координат землетрясений используются первые вступления  $\bar{P}$  и  $\bar{S}$  волн, использование же первых вступлений других волн дает меньшую точность.

Поэтому при определении координат модельных значений землетрясений был смоделирован процесс распространения прямых волн и по формуле (1) вычислены годографы для различных глубин. Ниже приводятся данные из теоретического годографа (табл. 1 и 2).

Преимуществом данной методики является то, что в нашей модели при построении годографа за скорость распространения волн взяты фактические скорости распространения сейсмических волн. В результате полученный теоретический годограф незначительно отличается от годографов Армянского нагорья, приведенных в работе [4].

Далее, по территории АрмССР равномерно распределяя эпицентры землетрясений, вычисляя эпицентральное расстояние от каждого очага сейсмических станций и подставляя его в формулу:

$$t(\Delta; h) = \frac{1}{a_1} \operatorname{arch} \frac{a_1 \Delta^2 + b_1^2 + (b_1 + a_1 h_1)^2}{2b_1(b_1 + a_1 h_1)},$$

получаем время пробега сейсмических волн от очага до сейсмических станций. Используя годограф для  $h = 15$  км методом засечек, определено положение эпицентра, которое сравнивается с его истинным значением.

Результаты сравнения приводятся на рис. 1.

Далее, реальная сеть АрмССР преобразована следующим образом: исключены из этой системы станции Каджаран, Горис, Кармракар, а вместо них дополнена сеть двумя другими станциями с координатами:

$\varphi = 40,67$

$\lambda = 45,33$

$\varphi = 41,00$

$\lambda = 45,00$

Таблица 1  
Годографы  $P$  волн для глубины  
 $h=0$  км

$T$ (сек)	$\Delta$ (км)	$T$ (сек)	$\Delta$ (км)
1	5.8	22	154.93
2	11.62	23	164.81
3	17.47	24	175.10
4	23.35	25	185.82
5	29.39	26	197.01
6	35.32	27	208.69
7	41.43	28	220.20
8	47.65	29	233.70
9	53.98	30	246.99
10	60.45	31	260.95
11	67.07	32	275.57
12	73.95	33	290.87
13	80.82	34	306.89
14	87.99	35	323.69
15	95.39	36	341.29
16	103.02	37	359.75
17	110.91	38	379.11
18	119.08	39	420.72
19	127.54	40	399.41
20	136.32	41	443.07
21	145.45	42	466.54

Таблица 2  
Годографы  $P$  волн для глубины  
 $h=15$  км

$T$ (сек)	$\Delta$ (км)	$T$ (сек)	$\Delta$ (км)
3	12.61	22	173
4	21.48	23	184.29
5	29.25	24	195.87
6	36.68	25	207.93
7	43.99	26	220.52
8	51.31	27	233.65
9	58.67	28	247.38
10	66.13	29	261.70
11	73.73	30	276.69
12	81.48	31	292.38
13	89.42	32	308.79
14	97.57	33	325.97
15	105.95	34	343.97
16	114.60	35	362.83
17	123.52	36	382.60
18	132.74	37	403.31
19	142.30	38	425.05
20	152.20	39	447.84
21	162.48	40	471.76

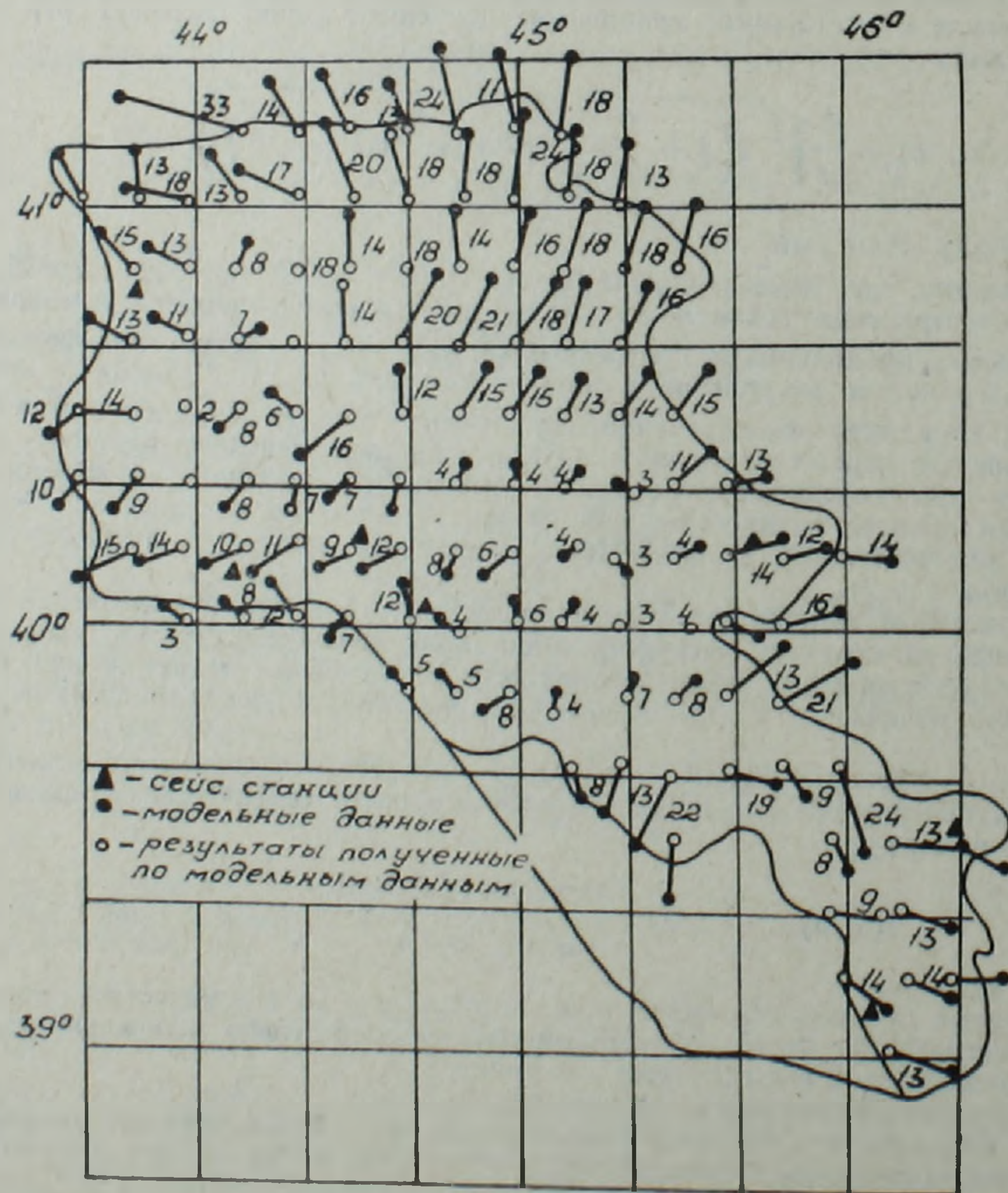


Рис. 1. Карта определения эпицентров методом «засечек» по данным сейсмической сети АрмССР

С помощью новой системы определены координаты очагов как и в первом случае. Карта эпицентров при преобразованной системе сети станций приводится на рис. 2.

Анализ результатов показывает, что при определении координат землетрясений важное значение имеет оптимальность сети. Для такого утверждения дает основание сравнение результатов, полученных на разных частях рассматриваемой зоны.

При рассмотрении средних смещений (рис. 1) эпицентров в различных областях выясняется, что для районов по широте от  $39^{\circ}50'$  до  $40^{\circ}20'$  и по долготе от  $43^{\circ}40'$  до  $46^{\circ}$  смещение не превышает в среднем 6—7 км, а невязка в среднем 1,1 сек. Для районов по широте  $40^{\circ}20'—41^{\circ}40'$  и по долготе  $43^{\circ}40'—46^{\circ}$  средние смещения составляют 15—16 км, а по времени примерно 3 сек.

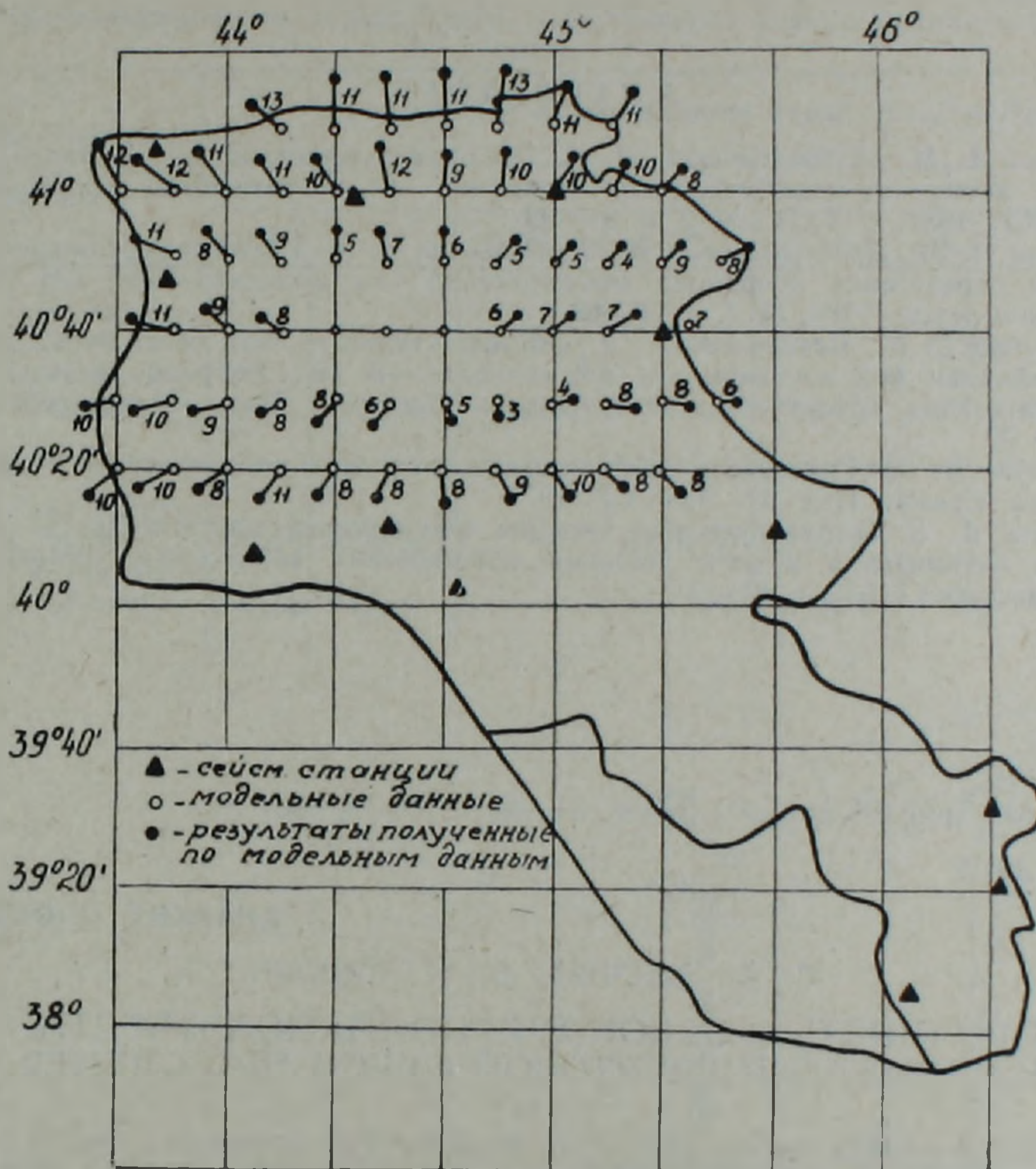


Рис. 2. Карта результатов определения эпицентров с помощью оптимальной сети АрмССР.

Особенно систематическое смещение обнаруживается для краевых частей рассматриваемой зоны, когда расположение сейсмических станций становится односторонним. Поэтому и полученные погрешности в этих областях достигают больших значений и смещение в среднем в 2,5 раза больше, чем в центральной части. Из этого следует, что только при оптимальном расположении сейсмических станций значения координат эпицентра, определенные графическим способом, могут обеспечивать класс точности «б», т. е. не превышать 10 км.

Утверждение того факта, что при определении координат важное значение имеет оптимальность сейсмической сети можно установить и сравнением рис. 1 и рис. 2, т. е. при разных системах расположения станций. На рис. 2 эти же землетрясения, находящиеся в области  $\varphi=40^{\circ}20'$ ,  $\varphi=41^{\circ}20'$ ,  $\lambda=43^{\circ}40'$  и  $\lambda=45^{\circ}40'$ , обрабатывались с помощью «новой» системы, число станций которой меньше на единицу.

В результате обработки 65 землетрясений с помощью вышензложенного способа получено, что смещение эпицентров уменьшается в среднем в два раза, а ошибка времени в очаге на 1,1 сек. Среднее смещение эпицентров в этом случае получаем 7—8 км.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) Хаотичное увеличение числа сейсмических станций не является достаточным условием повышения точности.

2) Рассматриваемая методика дает возможность выбора эффективной системы сейсмических станций.

3) Можно оценить влияние каждой станции на окончательный результат.

4) В конкретных случаях при определении параметров очага можно ориентироваться при выборе оптимальной сети.

Выражаю признательность докт. ф.-м. наук Кондорской Н. В. и Добровольскому И. П. за обсуждение различных аспектов данной работы, а также младшему научному сотруднику Н. В. Оганесян за помощь при обработке результатов.

Институт геофизики и инженерной  
сейсмологии АН АрмССР  
АрмССР

Поступила 19.III.1986.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисян А. М., Добровольский И. П. Об оценке эффективности методов определения координат эпицентров землетрясений на теоретических моделях.—ДАН АрмССР, 1982, т. XXIV, № 2, с. 91—93.
2. Аветисян А. М., Добровольский И. П., Оганесян Н. В. Применение конкретных методов определения координат землетрясений на моделях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 4, с. 66—69.
3. Голеницкий С. И., Перевалова Г. И. Об эффективности сети сейсмических станций Прибайкалья при изучении его сейсмичности.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 59—70.
4. Карапетян Н. К. Годографы сейсмических волн для землетрясений Армянского нагорья. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1977.
5. Николаев А. В. О планировании системы сейсмических наблюдений.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 81—92.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 76—78, 1987

УДК: 624.131.5

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. МЕСЧЯН, С. Г. АЙРОЯН

### ПРОЧНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОЛЗУЧЕСТИ НАБУХАЮЩЕЙ ГРУНТОВОЙ СМЕСИ ПРИ СДВИГЕ

В работе рассматриваются результаты исследования прочности и ползучести при сдвиге набухающей бентонито-песчаной смеси из бентонитового порошка Саригюхского месторождения Армянской ССР и кварцевого песка. Содержание бентонитового порошка в смеси (по массе) 60%, а кварцевого песка—40%. Работа выполнена с целью установления возможности распространения на набухающие грунты закона сдвиговой ползучести  $\dot{\gamma}_t = f(\tau/\tau_{f,st}, t)$ , установленного для обыкновенных глинистых грунтов одним из авторов статьи [1]:

$$\dot{\gamma}_t = \omega(t) \cdot F(\tau/\tau_{f,st}), \quad (1)$$

где  $\omega(t)$ —мера ползучести,  $\tau$ —касательное напряжение,  $\tau_{f,st}$ —стандартное сопротивление сдвигу.

Бентонито-песчаная смесь испытана на сопротивление сдвигу и сдвиговую ползучесть на приборах кручения сплошных образцов М—5 [2] при двух значениях начальной влажности  $w_0 = 0,15$  и  $0,315$  (табл. 1)—при соблюдении условия  $w_0 \approx w_p$  ( $w_p$ —влажность грунта на пределе раскатывания).

Таблица 1

Показатели основных физических свойств и давления свободного набухания  
испытанных образцов-близнецов

$w_0$	$\rho_0, \text{г/см}^3$	$\rho_s, \text{г/см}^3$	$w_L$	$w_p$	$J_p$	$\sigma_{s,0} \text{ МПа}$
0,150	1,825	2,68	0,859	0,260	0,690	0,3625
0,315	1,844	2,68	0,859	0,260	0,690	0,157