

УДК 550.36

Г. П. ТАМРАЗЯН

ВНУТРИСУТОЧНАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕЙСМОЭНЕРГОТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЗЕМЛИ

Важнейшим показателем динамичности современного тектонического развития Земли является ее сейсмическая активность. Систематические данные по сейсмической активности всей планеты, полученные в XX веке при инструментальных наблюдениях, представляют, пожалуй, почти единственную возможность изучать закономерности современных активных тектонических движений одновременно по всей Земле на основе количественных характеристик, касающихся выхода энергии недр в глобальном масштабе. Изучать такие закономерности тектонических движений в суточном разрезе и тем более по отдельным часам в глобальном масштабе—это ценная роскошь для современной геотектоники, которой, вероятно, импонирует такой неожиданный подход на пути достижения своей цели.

Сейсмоэнергетическая активность Земли связана главным образом с земной корой и ее подложьем. Наибольшее количество сейсмической энергии (80,8%) приходится на нормальные, меньше (16,5%)—на промежуточные и минимальное (2,7%)—на глубокофокусные землетрясения [5]. Тем самым на нормальные землетрясения приходится 80% всей сейсмической энергии Земли и именно они определяют общий сейсмоэнергетический потенциал планеты.

Верхний гипсометрический этаж Земли (высотой около 60 км), отличающийся наибольшей тектонической активностью и охватывающий группу нормальных (неглубоких) землетрясений, отличается максимальной горизонтальной неоднородностью. Именно с этой зоной, в особенности с ее наиболее верхними участками, связано расчленение земной коры на крупнейшие геолого-геофизические структуры (континенты и океаны). Горизонтальное распределение масс вещества в этой верхней зоне очень прихотливое¹.

Поскольку момент количества движения связан с массой вещества, которая оказывается неравномерно распределенной в приповерхностном слое Земли, то в условиях изменяющихся напряжений различного генезиса, которым подвергнута планета, существенное значение для современных (и не только) тектонических движений имеет само распределение масс вещества вблизи земной поверхности. Суша отвечает участкам рез-

¹ Выше океанического уровня плотность вещества изменяется в весьма широких пределах: от ничтожных величин (0,0013 г/см³ у атмосферы) до 2,3—2,8 г/см³ (суша). Ниже океанического уровня плотность вещества изменяется меньше (от 1 в океане до 2,3—2,9 г/см³ в пределах континентов). В то же время глубже литосферы (например, на глубинах 100 км и более) в горизонтальном направлении не происходят столь большие изменения плотности, которые характерны для верхов земной коры.

кого увеличения плотности вещества в горизонтальном направлении и концентрации наибольших моментов количества движения. Одним из наиболее обобщающих показателей распределения суши в условиях вращающейся планеты является положение срединного (медианного) меридиана, по обе стороны от которого ее масса примерно одинакова. Такой медианный меридиан проходит вблизи 45° восточной долготы (табл. 1)¹.

Таблица 1

Распределение массы или приведенного объема континентов относительно медианного меридиана

Группа континентов (суша)	Континенты, их регионы	Площадь, млн. кв. км	Средняя высота, м	Объем, млн. куб. км	Приведенный условный объем (объем каменной части + условный "каменный" объем ледяной части, эквивалентной ей по массе), млн. куб. км
А	Европа	10,52	300	3,16	3,16
	Африка	30,13	750	22,60	22,60
	Северная Америка	24,23	700	16,96	15,16
	Южная Америка	17,76	580	10,30	10,30
	Западная Антарктида	3,53	850	3,03	1,48
	Всего				52,70
Б	Азия	43,48	950	41,30	41,30
	Австралия и Океания	8,97	350	3,14	3,14
	Восточная Антарктида	10,44	2450	25,56	12,79
	Всего				57,23
	Итого				109,93

Территория континентов группы А, расположенная к востоку от 45° восточного меридиана (восточная часть Европы, полуостров Сомали, центральная и восточная части Мадагаскара) и между 135° — 180° западными меридианами (Западная Антарктида, Аляска и прилегающие зоны Западной Канады и Алеут) . . . 2,41

Территория континентов группы Б, расположенная к западу от 45° восточного меридиана (Юго-Западная Азия) и между 0 — 45° восточными меридианами (Восточная Антарктида) 4,94

Территория суши, расположенной к западу от 45° восточного меридиана и до 135° западного меридиана 55,3

Территория суши, расположенной к востоку от 45° восточного меридиана и до 135° западного меридиана 54,70

¹ Масса суши (масса материков выше океанического уровня) обычно пропорциональна ее объему. При исчислении положения медианного меридиана можно оперировать цифрами об объемах материков, считая, что сходный результат будет и при использовании данных по их массе. К тому же пока нет точных данных о плотности различных материков, но достаточно уверенно считают, что их плотность примерно сходна. Однако при исчислении положения медианного меридиана на основе данных об объемах суши надо ввести поправку в отношении Антарктиды и Гренландии (Северная Америка), поскольку там, кроме каменной части континента, имеется и их ледяная часть. Для правомерных сопоставлений объемов суши, как эквивалентов их масс, необходимо

К западу и востоку от 45-го восточного меридиана находятся примерно одинаковые суммарно приведенные объемы (и массы) суши: соответственно 55,2 и 54,7 млн. куб. км. Кстати, на меридиане 45° восточной долготы одному градусу по широте отвечает вдоль этого меридиана 0,7 млн. кв. км площади суши и около 0,5 млн. куб. км объемов суши выше океанического уровня¹. Величину медианного меридиана лучше округлить до целого градуса и принять ее равной 45° восточной долготы. Это число, кстати, очень удобно, поскольку, составляя ровно 3 часовых угла (15° в каждом часовом угле), оно отличается от Гринвичского меридиана (времени) на целое число часов и позволяет легко перевести Гринвичское время в медианное (медианное время = Гринвичскому времени — 3 часа). Поэтому если бы положение медианного меридиана отличалось бы от 45° даже на 1—3 градуса, то и в этом случае был бы смысл принять 45-й меридиан за медианный меридиан.

Отсчет времени от медианного меридиана приобретает тем самым физический смысл, тогда как отсчет времени от Гринвичского меридиана является вообще то случайным.

Наибольшее количество всей высвобождающейся сейсмической энергии планеты приходится на сильнейшие землетрясения (фиг. 1). Это позволяет судить об общем сейсмическом облике всей планеты в целом и отдельных ее регионов на основе анализа одних только сильных и сильнейших землетрясений, которые определяются наиболее полно. Многочисленные же мелкие (обычно местные) сейсмические толчки, число которых достигает многих тысяч и десятков тысяч в год и которые трудно поддаются поэтому учету, почти не влияют на общий сейсмический режим Земли.

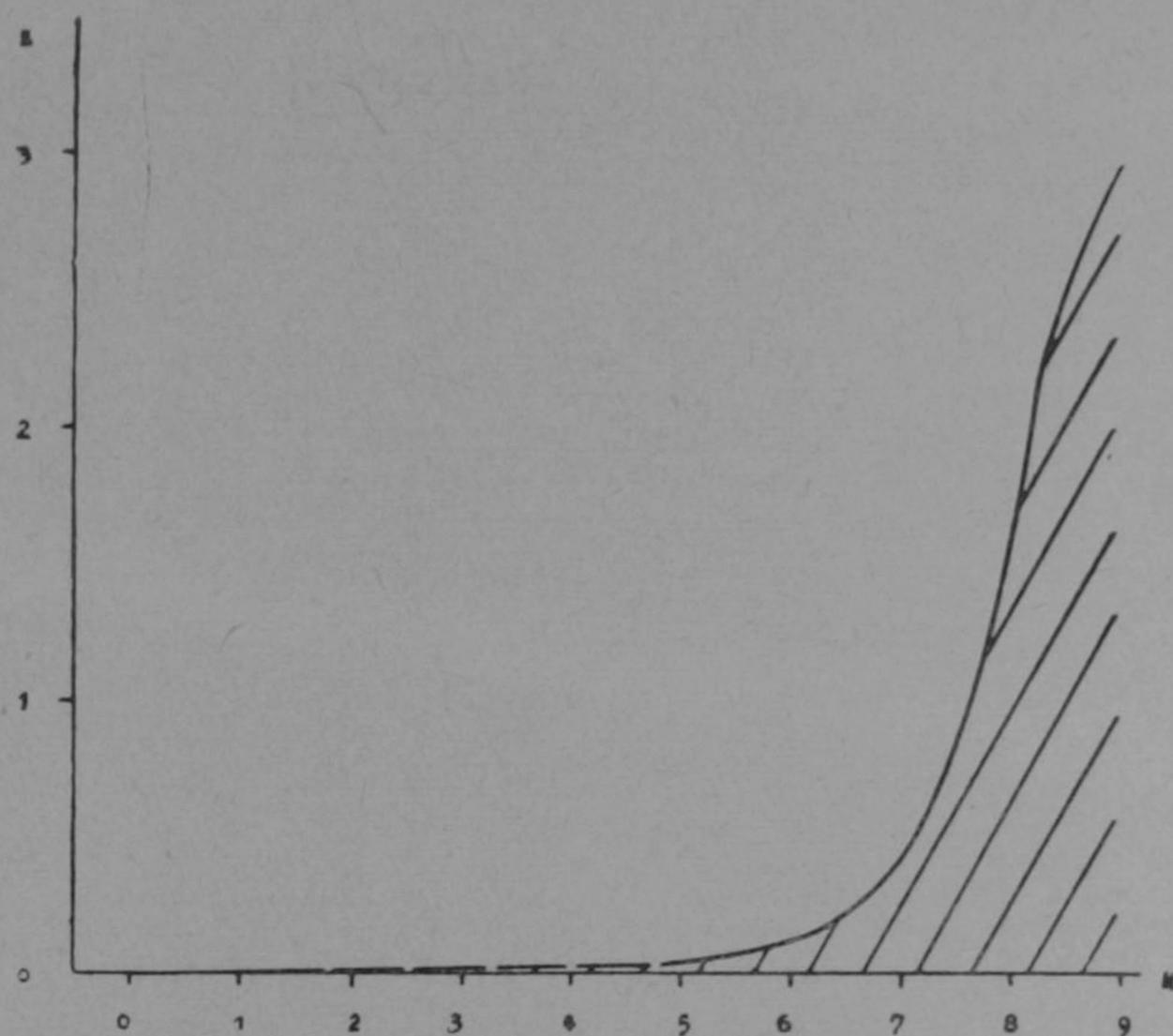
На долю землетрясений с магнитудой $M \geq 8$ приходится 67,3% всей сейсмической энергии планеты (табл. 2). На долю же землетрясений с $M \geq 7$ приходится уже 90% всей сейсмической энергии планеты. Следовательно, анализ землетрясений с магнитудой $M \geq 7$ позволяет охватить исследованием 90% сейсмоэнергетического потенциала Земли и тогда особенности в распределении энергии таких землетрясений тем самым являются глобальными, характеризующими основной сейсмический фон планеты².

Имея в виду вышеупомянутые три обстоятельства (приуроченность 80% сейсмоэнергетического потенциала планеты к ее литосфере, отсчет времени от медиана, имеющего физический смысл, и приуроченность

в этих двух случаях объем ледяной части перевести в приведенный условный «каменный» объем, эквивалентный ему по массе. Имеющиеся данные (плотность льда $0,9 \text{ г/см}^3$, плотность горных пород $2,4—3,0 \text{ г/см}^3$) позволяют упростить этот перевод (для одних и тех же объемов масса материкового льда составляет $1/3$ каменной массы суши).

¹ Медианный меридиан, по обе стороны от которого находится по 55 млн. куб. км приведенного каменного объема суши, проходит вблизи Еревана (долгота $44,5^\circ$), поэтому он назван нами Ереванским.

² Среднее количество выделившейся в течение 70 лет XX века сейсмической энергии составило около $7,4 \times 10^{24} \text{ эрг/год}$ (от года к году количество выделенной энергии меняется, однако, существенно).



Фиг. 1. Среднегодовое количество энергии всех землетрясений планеты по группам магнитуд M (через $0,5M$), по материалам 1897—1970 гг. E —сейсмическая энергия, в 10^{24} эрг (заштриховано).

Таблица 2

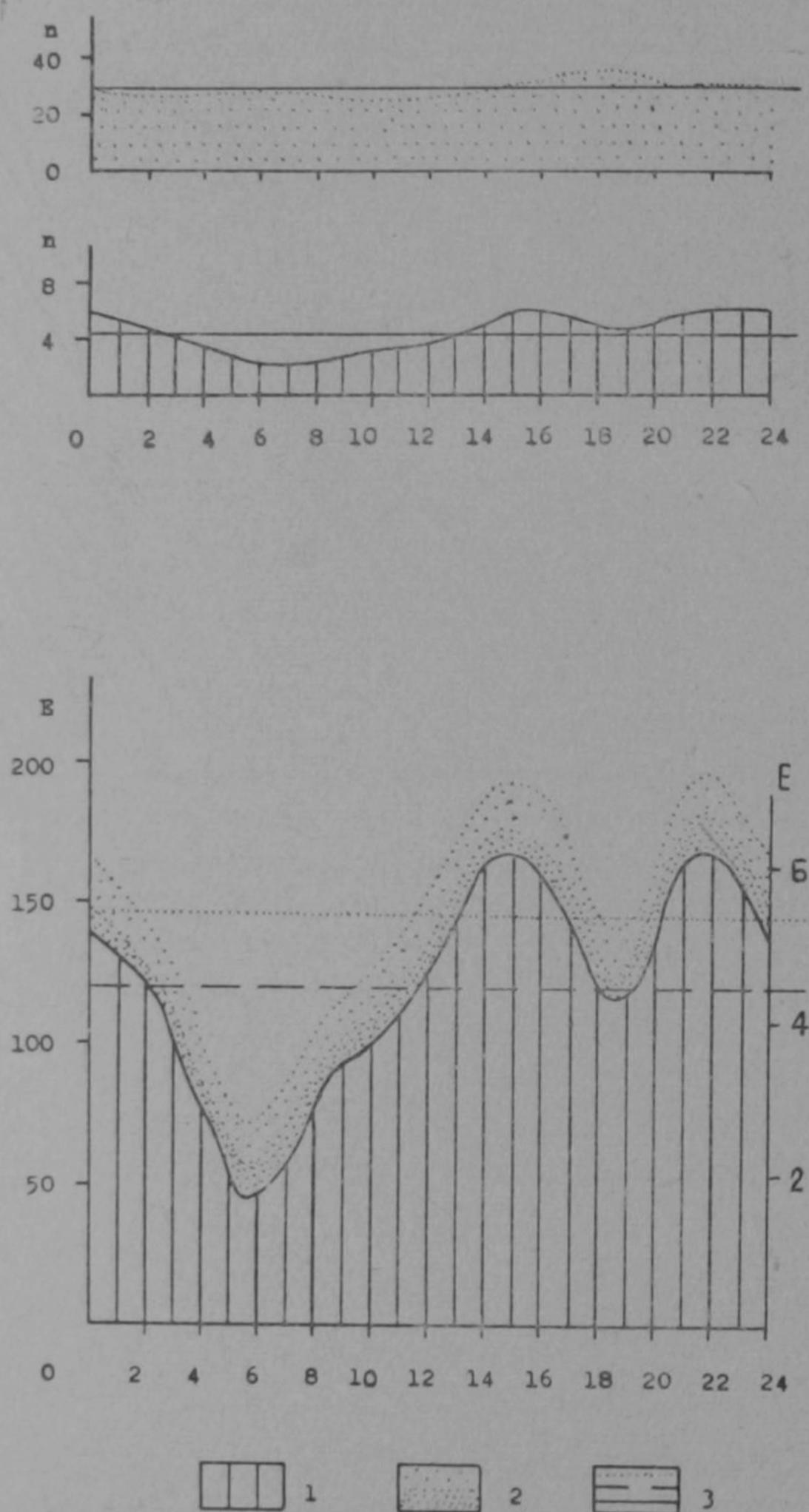
Распределение всей сейсмической энергии Земли по отдельным группам магнитуд (1897—1970 гг.)

Магнитуды	Энергия землетрясений, %
8,0—8,9	67,23
7,0—7,9	22,63
6,0—6,9	6,91
<6	3,11
Всего	100,00

главенствующей части сейсмической энергии планеты к землетрясениям с наибольшей магнитудой), можно перейти к обоснованию важнейшей внутрисуточной закономерности глобальной сейсмоэнергетической активности Земли.

Интенсивность глобальной сейсмоэнергетической активности Земли в суточном диапазоне не равномерна, она имеет обобщенный ярко выраженный минимум и четкий максимум, выход сейсмической энергии¹ в

¹ Энергия землетрясений подсчитывалась по формуле Б. Гутенберга и Ч. Рихтера [1], полученной для всего земного шара ($E=11,8+1,5M$, где E —энергия в эргах, M —магнитуда).



Фиг. 2. Изменение глобальной сейсмоактивности Земли в течение медианных суток (1897—1970 гг.). По горизонтали отложены часы медианных суток; по вертикали: внизу—а) почасовое количество энергии ($E \times 10^{23}$ эрг/час), просуммированное за 74 года (шкала слева); б) среднечасовой выход энергии ($E \times 10^{20}$ эрг/час), сглаженный по дважды скользящим трехчасовкам (шкала справа); вверху—количество землетрясений (n). 1—сильнейшие землетрясения с магнитудой $M \geq 8$ (1897—1970 гг.), 2—сильные землетрясения с $M = 7,0-7,9$ (для $M = 7,9$ с 1897 по 1970 гг. (точки нанесены чаще), для $M = 7,0-7,8$ с 1918 по 1970 гг.), — среднечасовое количество энергии (пунктир—для землетрясений с $M \geq 8$, точки—для землетрясений с $M = 7,0-8,9$); среднечасовое количество землетрясений—сплошные линии вверху чертежа.

глобальном масштабе осуществляется строго периодически (фиг. 2). Это явление наиболее четко выступает при исчислении единого времени от медианного меридиана. При исчислении медианного времени от момента прохождения Солнца в нижней кульминации через медианный меридиан

Таблица 3

Распределение суммарной энергии нормальных землетрясений (с магнитудой $M \geq 8$) мира внутри медианных суток (1897—1970 гг.)

Время медианных суток (часы)	Энергия землетрясения, E	
	А	Б
0—1	121,2	4,97
1—2	96,3	4,60
2—3	193,5	4,24
3—4	44,5	3,15
4—5	49,2	2,40
5—6	51,8	1,68
6—7	50,2	1,98
7—8	8,9	2,47
8—9	159,4	3,34
9—10	103,5	3,62
10—11	60,7	3,86
11—12	121,4	4,22
12—13	150,2	5,05
13—14	136,1	5,69
14—15	203,6	6,26
15—16	146,4	6,12
16—17	196,4	5,08
17—18	113,7	4,77
18—19	100,9	4,31
19—20	76,8	4,55
20—21	167,1	5,58
21—22	228,1	6,34
22—23	144,7	6,14
23—24	157,2	5,46
Всего	2881,8	4,44

Примечание: А—постоянное количество энергии ($E \times 10^{23}$ эрг/час), просуммированное за 74 года наблюдений, Б—среднечасовой выход энергии ($E \times 10^{20}$ эрг/час), сглаженный по дважды скользящим трехчасовкам.

в той его части, к которой подтягивается основная масса суши (с центром у 45° восточной долготы), обобщенный ярко выраженный минимум выделения сейсмической энергии приходится на первую половину (2—12 часов) таким образом исчисленных медианных суток, тогда как максимум (в виде двух соподчиненных максимумов) приходится на вторую половину тех же суток (12—24—2 часа).

Во время наиболее глубокого минимума (4—8 часов) выделение глобальной сейсмической энергии (40×10^{23} эрг/час)¹ было в 4,3 раза

¹ В тексте приводятся относительные данные об энергии в эрг/час, просуммированные за все 74 года наблюдений (1897—1970 гг.). Для получения абсолютных величин

меньше, чем во время его максимума (13—17 и 20—24 часов), когда оно составляло 172×10^{23} эрг/час. Это изменение сейсмоактивности в течение медианных суток составляет, таким образом, несколько сотен процентов (до 400% и более) и тем самым является однозначным доказательством достоверности рассматриваемого явления, закономерно изменяющегося в течение суток.

Во вторую половину медианных суток увеличивается не только количество выделяющейся сейсмической энергии, но и количество (до 3 раз) самых сильнейших землетрясений с $M \geq 8$ (фиг. 2, сверху второй чертеж).

Установленная выше картина внутрисуточного избирательного распределения сейсмической энергии касается сильнейших землетрясений с $M \geq 8,0$. Менее сильные, но все еще достаточно энергичные землетрясения с $M = 7—7,9$ такую особенность уже не выявляют. Это касается количества и энергии землетрясений (фиг. 2). Но поскольку подавляющая часть сейсмической энергии приходится на сильнейшие землетрясения, то в целом выявленная картина резкого ослабления глобальной сейсмоактивности в первую половину и значительного ее усиления во вторую половину медианных суток сохраняется, приобретая характер важнейшей закономерности внутрисуточной сейсмоэнергетической активности Земли. Данные на фиг. 2 охватывают 90% всей сейсмической энергии земной коры и ее подложья, а оставшиеся 10% энергии, которые приходятся на тысячи и десятки тысяч мелких, часто локальных землетрясений всего мира, уже не могут ничего изменить в этой непоколебимо следуемой закономерности и они скорее всего (по аналогии с землетрясениями с $M = 7—7,8$) распределяются внутри медианных суток почти равномерно, лишь немного наращивая всюду ординату¹ (фиг. 2).

Достоверность выявленной внутрисуточной глобальной сейсмоэнергетической активности Земли основана на анализе фактического материала и является следствием такого анализа. Установленная закономерность указывает на четкую направленность обобщенного внутрисуточного высвобождения сейсмической энергии, на выдающую роль медианного меридиана в современной сейсмоэнергетической активности Земли, на строгую направленность в этом распределении, связанную с положением центра масс суши (континентов). Это обусловлено пространственно-временным положением осей деформации Земли.

Поступила 30.VIII.1972.

энергии в эрг/час необходимо соответствующие данные разделить на количество дней за эти 74 года (на 27028 дней). На фиг. 2 приведены шкалы относительных (слева) и абсолютных (справа) величин выхода энергии. Относительное количество выделенной сейсмической энергии, просуммированное за 74 года, составило в среднем 120×10^{23} эрг/час, тогда как абсолютная осредненная величина выхода энергии составляет $4,44 \times 10^{20}$ эрг/час.

¹ Общая энергия всех землетрясений с магнитудой $M < 7$ составляет 10% и она, будучи вдвое меньше, чем суммарная энергия землетрясений с $M = 7—7,9$ (22,6%), отразится на фиг. 2 (нижний чертеж) вдвое меньшей площадью, чем та, которая обозначена на нем точками.

Գ. Պ. ՔԱՄՐԱԶՅԱՆ

ԵՐԿՐԱԳՆԳԻ ԳԼՈՐԱԼ ԱՅՅՍՄՈՒՆԵՐԳՈՏԵԿՏՆԻԿ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ

ՆԵՐՕՐՅԱ ՕՐԻՆԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում քննարկված է Երկրագնդի վրա սեյսմիկ էներգիայի միջին ժամային զուամրային քանակի կախման հարցը օրվա ժամերից: Գնահատված է Երկրագնդի վրա տեղի ունեցող երկրաշարժերի էներգիան և տրված է նրա տեղաբաշխումն ըստ երկրաշարժերի ուժգնության:

Բերված փաստացի նյութն իրենից որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում երկրաշարժերի կանխատեսման խնդրի լուծման հարցում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Gutenberg B., Richter C. F. Magnitude and energy of earthquakes. Ann. di Geofisika, 9, № 1, 1956.
2. Regional Catalogue of Earthquakes. 1964—1970.
3. Richter C. F. Elementary Seismology, 1958.
4. Suetova I. A. Basic morphometric characteristics of Antarctica, 1968.
5. Tamrazyan G. P. The tide-generating forces and the distribution of the intermediate and deep-foci earthquakes. „Gerlands Beiträge zur Geophysik“, 77, Heft 3, 1968 (215—220).