

УДК 550.34

ФЕДОТОВ С. А.

## К 25-ЛЕТИЮ ДЕТАЛЬНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАМЧАТКЕ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВАХ, XI.1961—X.1986: ИСТОРИЯ, РАЗВИТИЕ И ЗАДАЧИ

A REVIEW OF TWENTY-FIVE YEARS OF DETAILED SEISMIC STUDIES OF KAMCHATKA AND COMMANDER ISLANDS, NOVEMBER 1961—OCTOBER 1986: HISTORY, DEVELOPMENT AND TASKS, by Fedotov S. A. Kamchatka earthquakes have been studied for 250 years since October 1737. In 1737—1899 (the period covering 66% of time) macroseismic observations were carried out. In 1899—1961 (24% of time) studies were conducted predominantly at remote seismic stations. The Kamchatka regional network of seismic stations was set up on November 1, 1961 and detailed seismic studies were conducted in 1961—1987 (10% of time). The data available have been mostly obtained in the last period. The paper describes the detailed seismic studies in Kamchatka, their tasks and stages of their development. Are listed also results of fundamental and applied scientific investigations are listed also and their prospects are discussed. The main results include: detailed information on the location of the Kamchatka earthquake foci and the junction zone between Kuril-Kamchatka and Aleutian Island Arcs; a uniform catalogue of 40 000 earthquakes has been compiled for this region covering the period of 1961—1986 (one third of all USSR earthquakes occur in this area); the procedure of long-term seismic prediction and others.

(Received June 18, 1987)

*Institute of Volcanology, Far East Scientific Center, USSR Academy of Sciences,  
Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006, USSR*

1 ноября 1986 г. исполнилось 25 лет детальным сейсмологическим исследованиям на Камчатке и Командорских островах, проводившимся Институтом вулканологии Дальневосточного научного центра АН СССР (ИВ) и Институтом физики Земли АН СССР (ИФЗ АН). Этому событию были посвящены выездная сессия Межведомственного совета по сейсмологии и сейсмостойкому строительству при президиуме АН СССР (МCCCC) и его Дальневосточной секции, которые проходили в г. Петропавловске-Камчатском и пос. Термальный, в 60 км от него, 17—21.XI. 1986 г. [1]. Часть докладов этого совещания печатается в данном специальном выпуске журнала «Вулканология и сейсмология». Подборка статей освещает многие стороны и результаты проводившихся больших и длительных исследований, не претендуя на их исчерпывающий охват. Предпошлем статьям краткий очерк истории и задач детальных сейсмологических исследований на Камчатке и Командорских островах.

Камчатка является северным звеном Курило-Камчатской дуги, где сейсмичность достигает почти наивысшего на Земле уровня и происходит около 1/3 землетрясений СССР. Здесь находится один из крупных тектонических узлов мира — пересечение Курило-Камчатской, Алеутской островных дуг и сейсмического пояса, протягивающегося сюда через Якутию из Северного Ледовитого океана, — и один из наиболее мощных магматических центров мира — Ключевская группа вулканов. Здесь велика опасность всех главных стихийных бедствий, вызванных подземными си-

лами,— землетрясений, цунами, извержений вулканов. В прогнозе этих явлений ведущая роль принадлежит сейсмологическим наблюдениям. При столь высокой сейсмичности совершенно необходимы научно-прикладные исследования по сейсмическому районированию, сейсмическому микрорайонированию, изучению силы и спектра колебаний при больших землетрясениях, сейсмическому прогнозу. На Камчатке могут решаться ключевые проблемы сейсмологии, геодинамики, вулканологии, важные задачи оценки сейсмической опасности и сейсмостойкого строительства. По всем этим причинам Камчатка и Командорские острова были, есть и будут одним из главных мест сейсмологических исследований в СССР.

У детальных сейсмологических исследований на Камчатке была большая и славная предыстория. Наблюдения за камчатскими землетрясениями начались с первых лет становления отечественной науки.

Начало изучению землетрясений и вулканов Камчатки было положено ее знаменитым исследователем, впоследствии членом Петербургской академии С. П. Крашенинниковым (1711—1755). Примечательно, что он был ровесником и соратником гения отечественной науки М. В. Ломоносова (1711—1765). Торжественно отмечая в 1986 г. 275-летие со дня рождения М. В. Ломоносова, научная общественность, особенно Дальнего Востока, Камчатки, не забыла о таком же юбилее его самоотверженного сподвижника.

С. П. Крашенинников был участником второй Камчатской экспедиции (1733—1743), которой командовал В. Беринг. Экспедиция, называемая также Великой северной экспедицией, относится к числу самых выдающихся предприятий во всей истории географических исследований и открытий. С. П. Крашенинников, входивший в академический отряд, высадился на Камчатке в октябре 1737 г., когда здесь происходила мощная сейсмическая деятельность. 17 октября 1737 г. в Тихом океане у берегов Камчатки произошло гигантское землетрясение, которое сопровождалось цунами высотой до 60 м, изменившим вид побережья. Магнитуда землетрясения оценивается величиной 8,5 м и более. Землетрясение, последовавшие за ним огромные морские волны и новые сильные толчки описаны С. П. Крашенинниковым в его знаменитой книге «Описание земли Камчатки» [8]. Это были первые точные сведения о землетрясениях Камчатки, и таким образом, в октябре 1987 г. исполнилось 250 лет с начала наблюдений за ними.

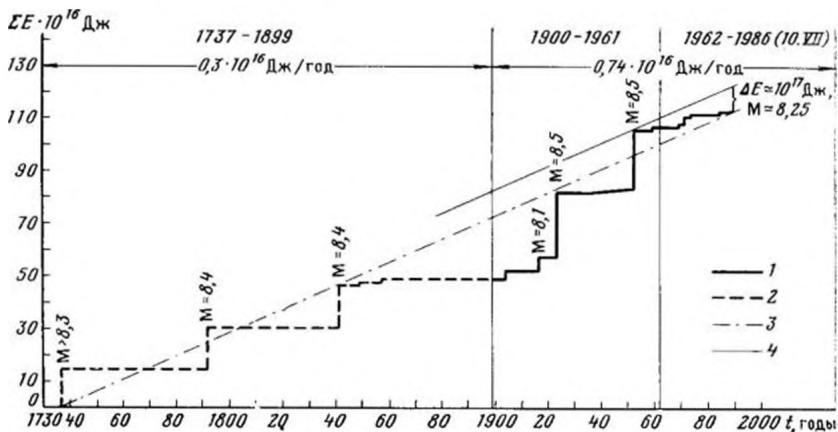
История сейсмологических наблюдений и исследований на Камчатке делится на несколько больших этапов.

С 1737 до 1899 г. длился период макросейсмических наблюдений, за который имеются достоверные сведения о 30 сильных ощущимых землетрясениях. Самые крупные из них, которые имели магнитуду  $M \approx 8,4$ , произошли 17.X.1737, 22.VIII.1792 и 17.V.1841 гг. [7] (рисунок). По имеющимся приближенным и неполным данным, в этот период на Камчатке в среднем в год высвобождалась сейсмическая энергия  $\sim 0,3 \cdot 10^{18}$  Дж/год, что равно энергии землетрясения с  $M \approx 7\frac{1}{4}$ .

С 1899 г. начался период инструментальных наблюдений за землетрясениями Камчатки. До 1947 г. они велись лишь удаленными станциями. В 1915 г. в Петропавловске-Камчатском была открыта хорошо освещенная для своего времени сейсмостанция, входившая в сеть сейсмических станций России, создававшуюся Б. Б. Голицыным. Станция, к сожалению, вела непрерывную регистрацию лишь до 1918 г. Опорная сейсмическая станция ИФЗ АН — Петропавловск — была открыта вновь только в 1951 г. [2, 19]. Возле Ключевской группы вулканов появились три станции Лаборатории вулканологии АН СССР: Ключи (1947), Козыревск (1958), Апафонич (1960), предназначенные для изучения сейсмической деятельности этих вулканов. Комплексная геолого-геофизическая обсерватория СО АН СССР (КГГО) поставила на юге Камчатки станцию Паужетка (1959), которая должна была наблюдать за районом гео-

термального месторождения. Однако все эти станции работали изолированно, и к 1960 г. камчатской региональной сети сейсмостанций еще не существовало [19].

В 1899—1960 гг. постепенно нарастало число регистрируемых камчатских землетрясений: 2—3 землетрясения в год в 1911—1923 гг., 4—5 в 1924—1950, 70—75 в 1951—1960, включая большое число афтершоков камчатского землетрясения 4(5).XI.1952 г. Был выполнен ряд важных исследований, среди которых отметим изучение последствий землетрясения и катастрофического цунами 4(5).XI.1952 [9], а также наблюдения за сейсмической деятельностью, сопровождавшей пробуждение и направленный взрыв вулкана Безымянного в 1955—1956 гг. [13] и др. Однако



Кумулятивный график сейсмической энергии  $\Sigma E(t) \cdot 10^{16}$  Дж, высвободившейся в очагах камчатских землетрясений с  $M \geq 7$  и глубиной очага 0—100 км за 1737—1986 гг.; 1 — график для периода инструментальных наблюдений; 2 — график времен макросейсмических наблюдений; 3 — средний график  $\Sigma E(t)$ ; 4 — приближенная оценка верхнего предела  $\Sigma E(t)$

в целом к 1960 г. ни уровень регистрации, ни в особенности низкая точность определения координат эпицентров и глубин не удовлетворяли требованиям времени. Задача резкого улучшения наблюдений за землетрясениями Камчатки и Командорских островов, создания региональной сети сейсмостанций была решена в 1960—1961 гг. с началом детальных сейсмологических исследований в этой части Курило-Камчатской дуги.

Организация детальных сейсмологических исследований на Камчатке была тем событием, в котором сочетались насущные практические потребности общества, ход развития науки и стечание обстоятельств.

4(5).V.1959 г. в Петропавловске-Камчатском было землетрясение, имевшее здесь в среднем силу 7—8 баллов. Балл землетрясения очень зависел от грунтово-геологических условий. Сейсмологам, архитекторам и проектировщикам, Камчатскому облисполку стало ясно, что необходимо ставить работы, которые дали бы карту сейсмического микрорайонирования города и уточнили сейсмическое районирование.

В 1957 г., после создания Сибирского отделения АН СССР (СО АН), началось ускоренное развитие науки на Дальнем Востоке, в том числе на Камчатке. Открылась Камчатская геолого-геофизическая обсерватория СО АН, в которой стали получать поддержку сейсмологические исследования.

В 1956—1958 гг. на Дальнем Востоке СССР проводились большие комплексные работы по программе Международного геофизического года (МГГ). Они дали начало многим направлениям геофизических исследований на Дальнем Востоке, в том числе детальным сейсмологическим исследованиям [14].

Детальные сейсмологические исследования в Курило-Камчатской области, наиболее сейсмичном регионе СССР, начались в 1957 г. на Южных Курильских островах. В программу входило изучение сейсмичности островной дуги, ее глубинного строения, свойств земной коры и верхней мантии, механизма глубинных процессов. Южнокурильская сеть станций была организована Тихоокеанской сейсмической экспедицией (ТСЭ) Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР совместно с Лабораторией сейсмологии Сахалинского КНИИ (СахКНИИ) СО АН СССР. 1 января 1958 г. пять короткопериодных станций начали регистрацию на о-ве Итуруп, а летом 1958 г. на островах Шикотан и Кунашир. Совместные наблюдения ТСЭ и СахКНИИ продолжались в 1958—1963 гг. Руководили работами начальник ТСЭ С. А. Федотов и сотрудник СахКНИИ Р. З. Тараканов. Главными результатами были разработка методики детальных сейсмологических наблюдений и первые точные данные о размещении гипоцентров Курило-Камчатской островной дуги, обнаружение области пониженных скоростей в мантии под ней, подробные данные о форшоках и мощном рое афтершоков Итурупского землетрясения 6(7) ноября 1958 г. с  $M=8,2$  (С. А. Федотов, А. М. Багдасарова, И. П. Кузин, Р. З. Тараканов) [18].

В 1959 г. стало ясно, что для получения более подробных сведений о глубинных процессах в области Курило-Камчатской дуги необходимы аналогичные исследования в ее северном звене — на Камчатке. В 1960 г. начальник ТСЭ С. А. Федотов и директор Камчатской геолого-геофизической обсерватории (КГГО) СО АН СССР Б. И. Пийп договорились об организации детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке. Программа работ была расширена — в нее добавились сейсмическое районирование Камчатки, сейсмическое районирование г. Петропавловска-Камчатского и изучение связи сейсмичности с вулканизмом.

Летом — осенью 1961 г. ТСЭ и КГГО поставили на Камчатке четыре новые региональные сейсмостанции, переоборудовали станцию на Паужетке и 1.XI.1961 г. сеть из пяти региональных сейсмостанций ТСЭ и КГГО — станции Паужетка, Усть-Большерецк, Тополово, Петропавловск, Семячик начали свои непрерывные наблюдения по методике ТСЭ. Тем самым было положено начало детальным сейсмологическим исследованиям Камчатки и Командорских островов, которые делятся с тех пор уже четверть века.

Летом — осенью 1962 г. были пущены региональные станции в Мильково и важные по своему расположению станция Шипунский, находящаяся над тихоокеанской фокальной зоной, и станция Беринг в с. Никольском на Командорских островах. В конце 1962 г., после образования Института вулканологии (ИВ) СО АН СССР, в сеть вошли также станции Ключи, Козыревск и Апахончич прежней Лаборатории вулканологии АН СССР. Тем самым завершилось создание основы камчатской региональной сети. В конце 1962 г. в сети было десять сейсмостанций, восемь из них ведут непрерывные наблюдения с тех пор.

Совместные наблюдения ТСЭ и ИВ продолжались 11 лет до 1972 г. Это был плодотворный период, в который были получены первые точные данные о размещении гипоцентров землетрясений Камчатки и Командорских островов, разработана их энергетическая классификация (С. А. Федотов) [17], изучались закономерности, свойства мантии, связь сейсмичности с вулканизмом, существенно уточнено сейсмическое районирование Камчатки, выполнено первое сейсмическое микрорайонирование г. Петропавловска-Камчатского, изучены Озерновское землетрясение 22(23).XI.1969 г.,  $M=7,7$ ,  $I=8$  баллов; Петропавловское землетрясение 24(25).XI.1971 г.,  $M=7,2$ ,  $I=8$  баллов; Усть-Камчатское землетрясение 15.XII.1971 г.,  $M=7,8$ ,  $I=7$  баллов, найдены закономерности размещения очагов сильнейших землетрясений («сейсмические бреши»), определены свойства сейсмического цикла и на их основе успешно применена мето-

дика долгосрочного сейсмического прогноза и др. Научные итоги исследований периода 1961—1972 гг. изложены в книге «Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии...» [10].

Второй период детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке, охватывающий 1972—1978 гг., начался в 1972 г., после образования Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) АН СССР и укрепления научных учреждений на Дальнем Востоке. В 1972 г. сейсмостанции и большинство сотрудников ТСЭ перешли в Институт вулканологии ДВНЦ. Работы расширились. В 1972—1974 гг. их стали вести три лаборатории ИВ и одна лаборатория ИФЗ АН СССР, продолжавшая изучение закономерностей сейсмичности и задач сейсмического прогноза. В эти годы помимо продолжения прежних исследований повысился уровень их сейсмометрического обеспечения (В. Д. Феофилактов), началась разработка телеметрической сейсмической аппаратуры (В. А. Гаврилов), расширились работы по изучению механизма землетрясений (И. Г. Симбирева) и другие. Камчатская региональная сеть сейсмостанций все более полно регистрировала землетрясения в районе всех действующих вулканов Камчатки [13], что позволило, в частности, успешно предсказать место и время Большого трещинного Толбачинского извержения 1975—1976 гг. (П. И. Токарев) и получить ключевые данные о его механизме (С. А. Федотов, В. И. Горельчик) [1].

В 1972—1974 гг. велся пробный краткосрочный прогноз камчатских землетрясений на неделю вперед (С. А. Федотов, А. А. Гусев, Г. А. Соболев, Л. Б. Славина). Исследовались текущие данные о сейсмичности,  $V_p/V_s$ , электротеллурических аномалиях. Результаты были обнадеживающими.

Третий период детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке, продолжающийся с 1978 г. до настоящего времени, наступил после того, как в 1978 г. вышли постановления об усилении работ по прогнозу землетрясений и вулканических извержений. Была организована опытно-методическая сейсмологическая партия (ОМСП) Института вулканологии ДВНЦ (начальник Е. И. Гордеев). Вновь произошли рост и усиление детальных сейсмологических исследований.

К 1986 г. улучшились оборудование и обслуживание Камчатской региональной сети сейсмостанций, были укреплены аппаратурные группы телеметрии (В. А. Гаврилов), автоматических сейсмических станций (В. Н. Чебров), автоматизации, производства и обработки наблюдений. Окончательно вошло в рутину определение гипоцентров на ЭВМ (А. А. Гусев). Стали использоваться ЭВМ ЕС-1033, СМ-3, СМ-4 и другая вычислительная техника. Кроме ОМСП была создана Лаборатория вычислительной техники и автоматизации с ВЦ (М. Н. Никольский) и Лаборатория сейсмического прогноза (А. А. Гусев). Работы по наблюдениям с донными сейсмографами, столь необходимые на Камчатке из-за одностороннего расположения сейсмостанций по отношению к тихоокеанской фокальной зоне, ведутся в Лаборатории сейсмики морского дна (В. Д. Феофилактов). Следением за вулканическими землетрясениями и предсказанием извержений продолжает заниматься Лаборатория прогноза и механизма извержений (П. И. Токарев). Свои совместные работы с ИВ продолжала преемница ТСЭ — Лаборатория 701 ИФЗ АН СССР, которая вела изучение закономерностей сейсмичности, разработку долгосрочного сейсмического прогноза и уточнение сейсмического районирования Камчатки (С. А. Федотов, Л. С. Шумилина).

В 1986 г. в Камчатской региональной сети работали, включая телеметрические пункты, 24 станции. Число сотрудников, участвующих в проведении детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке, увеличилось с 50 в 1962 г. до 140 в 1986 г.

В 1979—1986 гг. шире развернулись также другие виды наблюдений за землетрясениями и сопутствующими им явлениями. Важные наблю-

дения за деформациями на тихоокеанском побережье Камчатки продолжали Геодезическая лаборатория ИВ (М. А. Магусыкун), Лаборатория геодезии ИФЗ АН СССР (В. Б. Эиман) и Хабаровское предприятие Главного управления геодезии и картографии — ГУГК (Ю. П. Никитенко). Лаборатория гидрогеологии и геотермии ИВ (В. М. Сугробов) наблюдала за гидрологическими и гидрохимическими явлениями, которые сопровождали сейсмическую деятельность. Геофизическая экспедиция ПГО «Камчатгеология» ведет работы по сейсмическому просвечиванию, наблюдения за вариациями магнитного поля, повторные наблюдения методом МТЗ, изучает сейсмичность района г. Петропавловска-Камчатского (А. П. Нетесов и др.).

В 1979—1986 гг. в ходе детальных сейсмологических исследований было выполнено много успешных работ.

Проведены полевые сейсмологические и точные геодезические исследования в эпицентralной области землетрясений 17.VIII.1983 г.,  $M=6,9$  и 28.XII.1984 г.,  $M=7,5$ , произошедших в районе Камчатского залива (Е. И. Гордеев, А. П. Кириенко, Н. А. Жаринов и др.). Наблюдения проводились до и после главных толчков. Это оказалось возможным благодаря тому, что имелись верные долгосрочный и среднесрочный прогнозы.

На основе данных детальных наблюдений 1962—1981 гг. исследованы геометрия тихоокеанской сейсмофокальной зоны Камчатки, размещение гипоцентров в ней и ее связь с вулканизмом (С. А. Федотов, А. А. Гусев, Г. В. Чернышева, Л. С. Шумилина).

Точно предсказан побочный прорыв Ключевского вулкана в 1983 г. (П. И. Токарев).

Разрабатывалась методика сейсмического прогноза, сочетающая долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный прогнозы (С. А. Федотов, А. А. Гусев и др.).

Быстрое развитие детальных сейсмологических наблюдений и региональной сейсмологии на Камчатке в 1979—1985 гг. было несколько не равномерным. Внушительный технический рост не сопровождался соответствующим продвижением исследований по всем главным направлениям, как это было в 1961—1972 гг. В частности, почти прекратились работы по изучению глубинного строения сейсмологическими методами. Такое положение несложно поправить в близком будущем, используя новые возможности объединенных наблюдений постоянных, телеметрических и автоматических станций.

Данные о землетрясениях всех 25 лет детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке и Командорских островах хранятся в полном архиве сейсмограмм и имеются в сводном каталоге землетрясений Камчатки 1961—1986 гг. Каталог содержит основные данные более чем о 40 000 землетрясениях с определенными гипоцентрами. Все годы сохранялись частотная характеристика аппаратуры, положение основных станций, методика обработки, так что каталог всех 25 лет достаточно однороден. Каталог содержит сведения примерно о трети землетрясений СССР, которые происходят на Камчатке и Командорских островах, пре-восходит по полноте каталог землетрясений Японии за те же 1961—1986 гг. и является одним из фундаментальных результатов детальных сейсмологических исследований на Камчатке. В разные годы текущей обработкой данных наблюдений и составлением каталога руководили И. П. Кузин, А. М. Багдасарова, А. М. Кондратенко, А. А. Годзиковская, В. М. Зобин и др. Каталог готовится к печати.

С. А. Федотову довелось быть организатором детальных сейсмологических исследований на Камчатке и их научным руководителем на протяжении всех прошедших 25 лет. Хотелось бы с благодарностью отметить по крайней мере десятки имен среди сотен тех сотрудников — наблюдателей, инженеров, технических работников и научных сотрудников, которые участвовали в исследованиях в 1961—1986 гг. Достижения

этих лет являются плодом очень большого общего труда. В этом очерке ограничимся тем, что назовем некоторых наиболее заслуженных участников работ. Это П. И. Токарев, И. П. Кузин, А. М. Багдасарова, Т. С. Лепская, В. М. Зобин, А. А. Гусев, Е. И. Гордеев.

Многие итоги детальных сейсмологических исследований на Камчатке, Курильских и Командорских островах приведены в монографиях и сборниках статей [10—12; 17; 18], а также в ежегодных статьях в сборниках «Землетрясения в СССР» за 1962—1986 гг. [6].

Отметим ряд наиболее крупных научно-прикладных работ 1961—1986 гг.

В 1961—1963 гг. была усовершенствована методика сейсмического микрорайонирования и на ее основе составлена первая карта сейсмического микрорайонирования г. Петропавловска-Камчатского [5].

В 1963—1965 гг. была разработана методика долгосрочного сейсмического прогноза [15, 16].

Дважды уточнялось сейсмическое районирование Камчатки [3, 4].

В 1975—1977 гг. были проведены изыскания и даны заключения, которые предотвратили рискованное сооружение атомной электростанции на Камчатке. Площадка АЭС была выбрана неудачным образом и оказалась на плохих грунтах, где сила землетрясения могла достигать десяти и более баллов.

В 1985—1986 гг. были подготовлены предложения о необходимости укрепления зданий в районе Петропавловска-Камчатского, прочность которых ниже той, которая требуется для Камчатки по современным строительным нормам и правилам. Предложения были приняты. Появилась возможность заблаговременно предотвратить или уменьшить ущерб от сильных землетрясений, которые со временем неизбежно произойдут на Камчатке. Заканчивая очерк, остановимся на перспективах и задачах дальнейших исследований.

Как наглядно показывает рисунок, из 250 лет наблюдений за землетрясениями Камчатки, 66% времени приходится на первый, доинструментальный период 1737—1899 гг., 24% времени на период 1899—1961 гг., когда инструментальные наблюдения велись главным образом удаленными станциями, и 10% времени на детальные сейсмологические исследования на Камчатке с XI.1961 до 1987 г. К нашим дням период детальных исследований стал значительным даже по своей продолжительности. В этот последний период количество собранных данных наблюдений и исследований во много десятков раз превысило то, что было сделано за все предшествующие годы. Создание камчатской региональной сети сейсмостанций и начало детальных сейсмологических исследований оказались вехой в развитии сейсмологии на Камчатке и Дальнем Востоке СССР. Есть основания ожидать, что детальные сейсмологические исследования на Камчатке и Командорских островах будут так же быстро развиваться в последующие годы, как в свои первые 25 лет.

Общей особенностью работ грядущих лет может быть то, что в значительно большей мере придется заниматься изучением сильных землетрясений. Ход суммарного графика высвободившейся сейсмической энергии (см. рисунок) показывает, что 1961—1986 гг. были временем относительно спокойным, когда выделение сейсмической энергии было ниже среднего. К 1987 г. могла накопиться энергия, которая достаточна для землетрясения с  $M \geq 8,25$  или нескольких землетрясений с  $M \approx 8$ . Они могут сменить спокойный период.

Перечислим ряд задач дальнейших работ.

Продолжение 25-летнего однородного ряда наблюдений по той же методике, ценность которых будет возрастать со временем.

Развитие сети и техники наблюдений, включая телеметрию, автоматические и донные станции и обработку данных всех станций в реальном времени.

Изучение строения и свойств среды, связей сейсмичности с геодинамикой и вулканизмом, природы глубинных процессов в области островных дуг.

Изучение закономерностей сейсмичности, механизма землетрясений; оценка сейсмической опасности, включая долгосрочный, средне- и краткосрочный прогнозы сильных землетрясений, и предсказание вулканических извержений.

Большинство этих задач не решается с нужной детальностью и точностью без данных наблюдений региональной сети сейсмостанций. Планируемые глобальные сети сейсмических наблюдений не заменят детальных сейсмологических исследований, но их сочетание способно открыть новые перспективы.

Итак, детальные сейсмологические наблюдения на Камчатке вступили в свое второе двадцатипятилетие. Хочется пожелать больших достижений тем сотрудникам, которые будут продолжать эти исследования в конце нашего века и в уже не таком далеком следующем веке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка, 1975—1976. М.: Наука, 1984. 637 с.
2. Викушин А. В., Синельникова Л. Г. Начало сейсмологических наблюдений на Камчатке (к 70-летию сейсмостанции «Петропавловск») // Вулканология и сейсмология. 1985. № 6. С. 102—106.
3. Горячев А. В., Кириллов Ф. А., Кондорская И. В., Ландырева Н. С., Федотов С. А. Камчатка и Командорские острова // Сейсмическое районирование СССР. Гл. 17. М.: Наука, 1968. С. 408—433.
4. Гусев А. А., Кондратенко А. М., Потапова О. В., Федотов С. А., Шумилина Л. С. Камчатка и Командорские острова // Сейсмическое районирование территории СССР. Гл. 31. М.: Наука, 1980. С. 269—283.
5. Ерошев И. А., Медведев С. В., Федотов С. А., Штейнберг В. В. Сейсмическое микрорайонирование г. Петропавловска-Камчатского // Тр. Ин-та физики Земли АН СССР. М.: Наука, 1965. № 36 (203). С. 3—33.
6. Землетрясения в СССР (ежегодники за 1962—1986 гг.). М.: Наука.
7. Кондратенко А. М., Потапова О. В., Федотов С. А., Шумилина Л. С. Камчатка // Новый каталог землетрясений в СССР с древнейших времен до 1975 г. Гл. X. М.: Наука, 1977. С. 426—447.
8. Крашенинников С. П. Описание Земли Камчатки. Изд. 4-е с приложением рапортов, дописаний, других неопубликованных материалов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 251 с.
9. Саваренский Е. Ф., Тищенко В. Г., Святловский А. Е., Доброловский А. Д., Жигаго А. В. Цунами 4—5 ноября 1952 г. // Бюл. Совета по сейсмологии. 1958. № 4.
10. Сейсмичность и сейсмический прогноз, свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке / Отв. ред. Федотов С. А. Новосибирск: Наука, 1974. 220 с.
11. Сейсмичность и сейсмический прогноз на Дальнем Востоке. Тезисы докладов выездной сессии МСССС и VI научной сессии Дальневосточной секции МСССС // Петропавловск-Камчатский: Изд-во МСССС и Ин-та вулканологии ДВНИЦ. 1986. 254 с.
12. Сильные камчатские землетрясения 1971 года / Отв. ред. Федотов С. А. Владивосток: Изд-во Ин-та вулканологии ДВНИЦ АН СССР, 1975. 159 с.
13. Токарев П. И. Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука, 1981. 164 с.
14. Федотов С. А. Сейсмологические исследования Тихоокеанской экспедиции Института физики Земли АН СССР в 1957—1963 гг. // Тр. Ин-та физики Земли АН СССР. М.: Наука, 1965. № 26 (203). С. 61—65.
15. Федотов С. А. Закономерности распределения сильных землетрясений Камчатки, Курильских островов и Северо-Восточной Японии // Тр. Ин-та физики Земли. М.: Наука, 1965. № 36 (203). С. 66—93.
16. Федотов С. А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. Гл. 8. М.: Наука, 1968. С. 121—150.
17. Федотов С. А. Энергетическая классификация курило-камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 116 с.
18. Федотов С. А., Багдасарова А. М., Кузин И. П., Тараканов Р. З. Землетрясения и глубинное строение юга Курильской островной дуги. М.: Наука, 1968. 212 с. (Переведено на английский яз. за границей).
19. Федотов С. А., Шумилина Л. С. Развитие сейсмологических наблюдений на Камчатке // Проблемы современной сейсмологии. Голицынские чтения 1981. М.: Наука, 1985. С. 71—86.