

тельствует о непостоянном во времени положении отдельных максимумов. В частности, симуширский максимум на кривой 1963 г. соответствует минимуму на средней кривой за 1911—1962 гг. Это заставляет думать, что понижение уровня сейсмической активности в центре Курильской дуги по сравнению с ее краями не является столь значительным, как это представлялось ранее [4, 10].

Высокий уровень сейсмической активности в 1963 г. хорошо иллюстрируется графиком повторяемости землетрясений (фиг. 4). На фиг. 4 активности, выраженные в  $A_m=4$ , за периоды 1963 г., 1952—1963 гг. и 1911—1962 гг. соответственно равны 5,3; 3,4 и 1,6. Все графики повторяемости, как и в статье [10], отнесены к одному году, площади  $10^4 \text{ км}^2$  и интервалу магнитуды  $1/4$ .

### Урульское землетрясение 13 октября

Землетрясению, по-видимому, предшествовали значительные вертикальные перемещения верхних слоев Земли вблизи намечавшейся области очага. Об этом свидетельствует, например, такой факт: на станции «Курильск» за 7—10 дней до землетрясения исчезла вода в колодце, чего никогда ранее в это время года не наблюдалось.

Кроме того, землетрясение предвзрелось сильным толчком, имевшим место 12 октября, который ощущался на центральных и южных островах Курильской дуги с силой до 5—6 баллов.

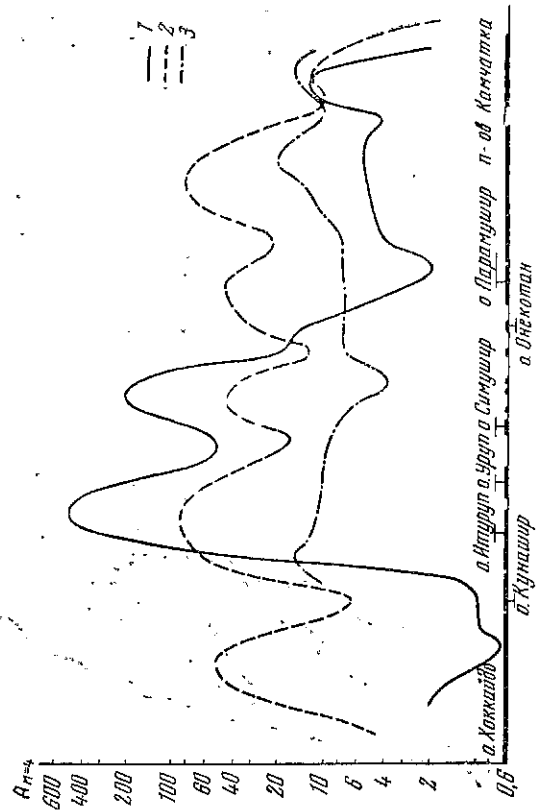
Толчок 12 октября, по-видимому, вызвал слабую волну цунами. Так, мареограф в Курильске отметил очень слабые колебания уровня моря (амплитудой 3 см) через 50 мин после начала землетрясения, т. е. примерно спустя то время, которое требуется цунами для пробега от эпицентра землетрясения до мареографа в соответствии с формулой Лагранжа.

После землетрясения 12 октября наблюдалось большое число слабых повторных толчков, а через 18 час разразилось основное землетрясение, которое с наибольшей силой ощущалось на о-вах Уруп и Симушир (фиг. 5). О близости этих островов к очагу землетрясения свидетельствует также и то, что здесь землетрясение сопровождалось или предвзрелось довольно мощным подземным гулом.

Землетрясение носило в основном характер очень быстро нарастающих по амплитуде длиннопериодных колебаний, что было вызвано, очевидно, перемещением больших масс в очаге. Такой характер колебаний, описываемый очевидцами, отчасти подтверждается и видом записей

Таблица 2  
Величина смещения почвы на некоторых дальневосточных станциях во время землетрясения 13 октября

Станция	Курильск	Южно-Сахалинск	Петропавловск-Камчатский		
	СМР-3	УБОП-2	УБОП-2		
Р	смещение, мм	1,7	2,5	0,02	
	период колебаний, сек	5	18	4	
S	смещение, мм	8	3	0,8	
	период колебаний, сек	7	16	4	
T	смещение, мм	50	35	—	
	период колебаний, сек	9	18	—	
Расстояние от эпицентра, км			160	570	1150



Фиг. 3. Кривые изменения сейсмической активности вдоль Курило-Камчатской дуги  
1 — за 1963 г.; 2 — среднегодовой за период 1952—1963 гг.; 3 — среднегодовой за период 1911—1962 гг.

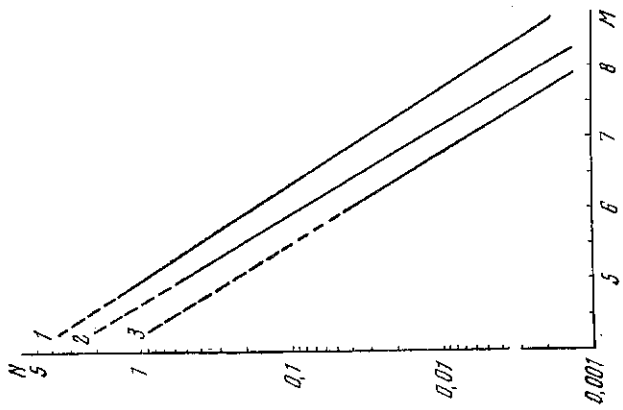
землетрясений и главным образом после Урульского землетрясения начался новый период повышенной сейсмической активности в южной половине Курило-Камчатской дуги. Подробные сведения о землетрясении 13 октября даются далее в специальном разделе.

На карте эпицентров землетрясений (см. фиг. 1) основная часть области очага Урульского землетрясения хорошо обрисовывается скоплением эпицентров к юго-востоку от о-ва Уруп и северной части о-ва Итуруп. Еще лучше эта область выражена на карте сейсмической активности (см. фиг. 2).

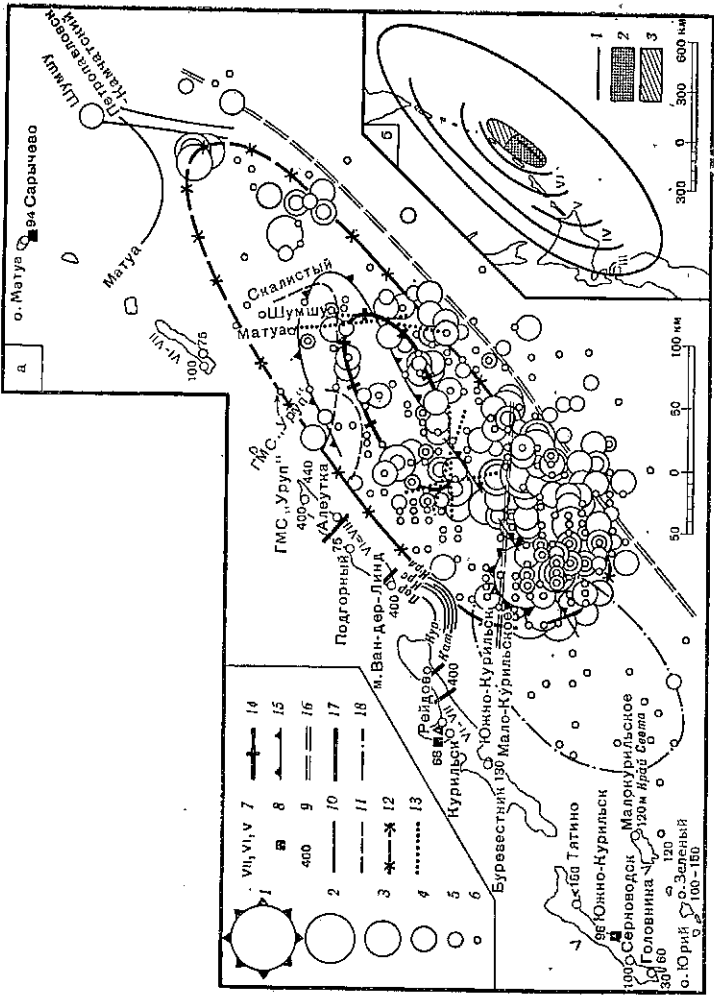
Второе «пятно» повышенной активности на карте эпицентров соответствует Симуширским землетрясениям 16 марта и 28 июня и их афтершокам.

Два умеренных максимума активности соответствуют районам возникновения упоминавшихся выше землетрясений: Матуанского — 22 мая и Кроноцкого — 24 мая.

Более наглядно распределение активности вдоль Курило-Камчатской дуги показано на фиг. 3. Область, охарактеризованная на фиг. 3. Область, охарактеризованная на фиг. 3. Область, охарактеризованная на фиг. 3. Область, охарактеризованная на фиг. 3.



Фиг. 4. Графики повторяемости землетрясений Курило-Камчатской зоны  
1 — за 1963 г.; 2 — среднегодовой за период 1952—1963 гг.; 3 — среднегодовой за период 1911—1962 гг.



Фиг. 5. Карта Урупских землетрясений и цунами 13 и 20 октября 1963 г. Составил С. Л. Соловьев

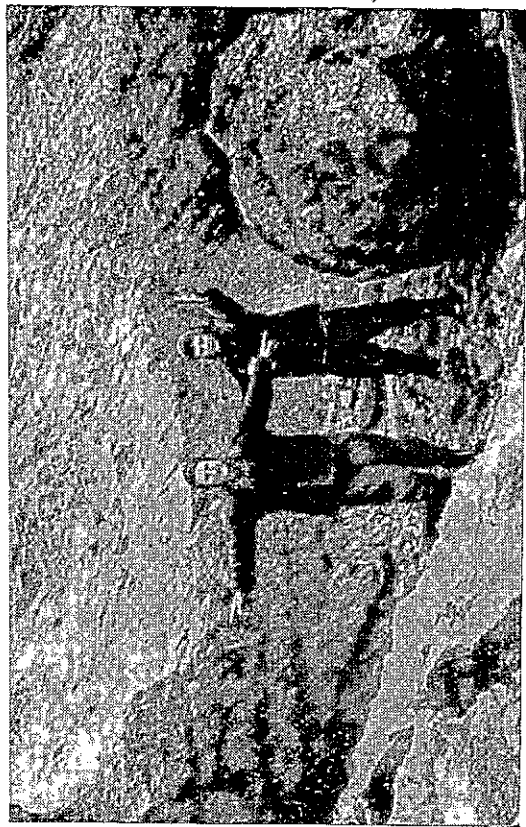
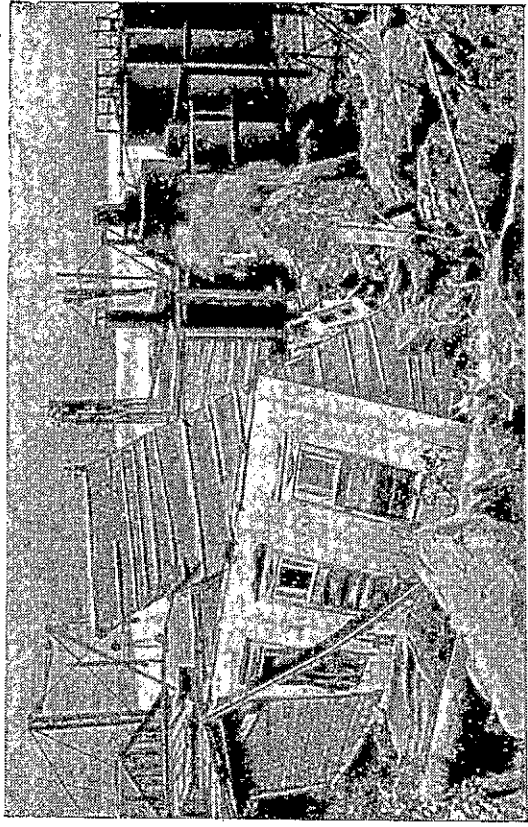
а — область очагов землетрясений и цунами; 1 — эпицентр землетрясения 13 октября; 2 — эпицентры землетрясений 12 и 20 октября; 3-6 — эпицентры афтершоков землетрясения 13 октября с магнитудой: 3 —  $M = 6-6 \frac{1}{4}$ ; 4 —  $M = 5-5 \frac{1}{4}$ ; 5 —  $M = 4-4 \frac{1}{4}$ ; 6 —  $M < 4$  (1-6 — даны по данным О. Н. Соловьевой, Л. Н. Полявской, Л. Ф. Волковой, А. Н. Глебовой, Ф. Д. Жуки, В. Н. Якушевой и др.); 7 — сила землетрясения 13 октября в баллах; 8 — мареографы; 9 — высота цунами 13 октября в сантиметрах; 10 — изолинии времени пробега цунами до различных пунктов, причем сокращенно обозначены: Пор — Порожайск, Кур — Курильск, Крс — Корсаков, Кат — Кагангли; Крс — Крильон, 11 — то же неуверенно; 12 — контур области очага землетрясения 13 октября, уверенно и предположительно; 13 — изохроны цунами 13 октября; 14 — контур источника цунами 20 октября; 15 — подножье хр. Витязя; 16 — ось глубоководной Курило-Камчатской впадины; 17 — некоторые поперечные разломы на Курильских о-вах; 18 — область очага Итурупского землетрясения 1958 г.; б — схема изосейст землетрясения 13 октября; 1 — эпицентр и основной разлом землетрясения; 2, 3 — область очага землетрясения; 2 — уверенно; 3 — предположительно; римские цифры означают силу землетрясения в баллах

приборов. Установленные на станциях «Южно-Сахалинск» и «Петропавловск-Камчатский» сейсмографы малого увеличения (до 50—60), с полной пропускания периодов сейсмических колебаний преимущественно от 1 до 10 сек, записали в волнах  $P$  не только колебания, соответствующие этой полосе, но и длинные волны с периодом до 18 сек (табл. 2).

Всюду на центральных и южных островах Курильской дуги наблюдалось раскачивание деревьев, столбов, шестов, антенных мачт, железных труб, кустарника, травы, висячих электроламп и других предметов; перемещались взад и вперед стоявшие на морозах автомашины.

На отмеченные сравнительно плавные колебания накладывались более жесткие короткопериодные вертикальные толчки, которые, по-видимому, послужили причиной многочисленных камнепадов и осшей, особенно сильных на островах Симушир и Уруп (фиг. 6).

Под действием ударов всюду волизи очага, а частично и в удаленной от него, наблюдалось опрокидывание неустойчивых предметов, перемещение мебели и т. д.



Фиг. 6. Последствия землетрясения 13 октября  
а — каменная глыба, упавшая на территории киткомбината «Скалистый» на о-ве Симушир (фото Писарева); б — обвал берегового утеса вблизи пос. Подгорного на о-ве Уруп (фото А. Н. Пустовитенко)

На островах Уруп и Симушир передвигаться во время землетрясения было затруднительно. Голова кружилась. Животные (коровы, свиньи, собаки, кошки) были перепуганы и проявляли большое беспокойство.

Материальный ущерб от землетрясения в целом был незначительным. Ниже приведены результаты воздействия землетрясения на строения в различных населенных пунктах Курильских островов.

На о-ве Уруп, на мысе Ван-дер-Линда повреждения зданий были относительно большими: пластины отвалились наружная и внутренняя штукатурка отдельных зданий, в ряде стен, сложенных из местного плитняка, образовались трещины. В пос. Подгорном здания почти не пострадали. На гидрометеостанции «Уруп» из некоторых печных труб вывалились кирпичи, кое-где потрескались печи. На мысе Кастрикум в зданиях осыпалась штукатурка, в потолке и стенах образовались небольшие трещины.

На о-ве Симушир, в пос. Скалистом повреждений от землетрясения здания почти не получили (за исключением осыпи побелки с потолка и образования волосяных трещин в отделенных печах). В то же время в пос. Косточко в домах покорило стены, порвало все обои, во многих печах появились трещины, развалилась одна кирпичная труба. Такое различие поверхностного эффекта землетрясения в двух соседних пунктах объясняется качеством грунтов: пос. Скалистый, как показывает само его название, расположен на коренных скальных грунтах, а пос. Косточко выстроен на береговой террасе, сложенной рыхлыми морскими отложениями.

На о-ве Итуруп, в г. Курильске, в поселках Ясный, Буревестник, Сентябрьский в единичных случаях отмечались трещины в печах и дымоходах, разрушение дымовых труб, осыпание штукатурки, разрывы бумажной оклейки потолка и стен. То же самое, но в несколько более сильной форме, наблюдалось в поселках Рейдово и Горячие Ключи; усиление здесь сейсмических колебаний естественно объяснять менее устойчивыми по сравнению с другими населенными пунктами острова грунтами.

На островах Кунашир и Шикотан строения не были повреждены.

На о-ве Матуа лишь кое-где наблюдалось осыпание штукатурки со стен и потолков.

На более северных островах Курильской гряды землетрясение ощущалось слабо.

На Сахалине и Камчатке землетрясение совсем не ощущалось, хотя один из китобойцев, находившийся вблизи Петропавловска, сообщил о слабых подводных толчках.

В Японии землетрясение захватило о-в Хоккайдо и область Тохоку на о-ве Хонсю; наиболее сильные толчки наблюдались на востоке о-ва Хоккайдо (в г. Обихоро и других пунктах)<sup>1</sup>.

Составленная на основе собранных макросейсмических материалов схема изосейст землетрясения изображена на фиг. 5. По-видимому, нигде на островах максимальная сила землетрясения не превышала 7 баллов. Изосейсты — насколько об этом можно судить в условиях Курильских островов, когда подавляющая часть потрясенной области приходилась на акваторию Тихого океана и Охотского моря, — вытягивались вдоль островной дуги. Общая потрясенная площадь оценивается в  $1,4 \cdot 10^6$  км<sup>2</sup>. Средние радиусы изосейст следующие:

Балл	VII	VI	V	IV	III
Радиус изосейсты, км	115	245	390	530	670

Пользуясь этими данными и применяя номограммы С. В. Медведова [5] и Н. В. Шебалина [17], получаем наилучшее согласие макросейсмических и инструментальных данных об интенсивности землетрясения при глубине очага 70 км. Это согласуется с глубиной гипоцентра 60 км, найденной при обработке инструментальных наблюдений.

Заметим, что на деятельности курильских вулканов землетрясение 13 октября сколько-нибудь существенно не отразилось.

За Урупским землетрясением последовало множество афтершоков. Подавляющая часть их эпицентров располагается внутри полосы, вытянутой вдоль тихоокеанского побережья Курильских островов на 300 км и достигающей в поперечнике 140 км (фиг. 5). Наибольшей плотности поле эпицентров достигает вблизи своей юго-западной границы, которая, кстати, выражена очень четко и предположительно совпадает с подводным продолжением либо одного из крупных поперечных разломов, расходящихся о-в Итуруп, либо разлома, ограничивающего с юго-запада

пролив Фриза. Северо-западная граница поля эпицентров проходит примерно по обращенному к Большой Курильской гряде подножью подводящего хребта Витязя, юго-восточная — по оси глубоководной Курило-Камчатской впадины. Наконец северо-восточная граница примерно совпадает с желобом пролива Буссоль.

Однако две группы эпицентров располагаются и за этим желобом, к юго-востоку от островов Симушир и Матуа. Если эти толчки также считать за афтершоки Урупского землетрясения, то определяемая расположением эпицентров афтершоков область очага землетрясения будет иметь вид, схематически показанный на фиг. 5, достигающая в длину 450—500 км.

Выванные Урупским землетрясением цунами в той или иной форме наблюдались по всему тихоокеанскому побережью Курильских островов. Кроме того, они были записаны мареографами на Сахалине, в Японии, Калифорнии, на Гавайских островах.

Максимальная высота цунами на побережье была сравнительно невелика — 4—5 м, однако она выдерживалась на довольно значительном расстоянии — по крайней мере от пос. Сентябрьского (о-в Итуруп) до мыса Кастрикум (о-в Уруп), т. е. на протяжении 200 км<sup>1</sup>.

Севернее о-ва Уруп высота цунами спадала до 1 м на о-вах Симушир и Матуа и до 20 см на о-ве Шумшу, где волна визуальное уже почти не подавалась наблюдению. В южной части Курильской дуги, а также на о-ве Хоккайдо цунами имело высоту до 1—1,5 м и отчетливо проявилось по всему тихоокеанскому побережью. Дифрагированная в Охотское море волна визуально была замечена только на побережье островов Уруп и Итуруп.

Для очерчивания источника цунами С. Л. Соловьевым были построены, по формуле Лагранжа, изохроны времени пробега цунами до различных пунктов. Результаты расчетов изображены на фиг. 5. Как видно из этой фигуры, изохроны отбивают юго-западный и северо-восточный концы области возникновения цунами. Она оказывается как бы вложенной внутрь области очага Урупского землетрясения, если при очерчивании последнего учитывать эпицентры толчков в районе о-ва Симушир.

Сильнейший афтершок Урупского землетрясения имел место 20 октября. Эпицентр толчка был расположен в центральной части области очага Урупского землетрясения и аналогично эпицентрам землетрясений 12 и 13 октября приурочен к внешнему, тихоокеанскому подножью хр. Витязя.

Землетрясение слабо ощущалось в районе пролива Фриза. Так, на гидрометеостанции «Ван-дер-Линд» его заметили лишь немногие лица, находившиеся в сидячем или лежащем положении. Из сотрудииков станции, работавших на улице, никто не ощущал землетрясения. В пос. Сентябрьском колебания были также едва заметны; однако один из жителей, бывший в это время на болотистом участке местности, почувствовал сильные подземные толчки и, чтобы не упасть, был вынужден схватиться за дерево. По не вполне надежным данным землетрясение очень слабо проявилось в Курильске. На северной оконечности о-ва Уруп оно, по-видимому, не ощущалось. Во всяком случае о-в Симушир, несомненно, находился вне области осязаемости данным землетрясением.

Таким образом, в Урупской серии землетрясений 1963 г. наблюдалось следующее любопытное явление. В то время как оцениваемая по амплитудам сейсмических волн магнитуда землетрясения 12 октября была настолько меньше магнитуды землетрясения 20 октября, осязаемость первого была неизмеримо выше (примерно на 3 балла), чем второго.

<sup>1</sup> В предварительном сообщении о цунами, опубликованном в газете «Советский Сахалин», № 246 за 16 октября 1963 г. и перепечатанном другими газетами, высота 4—5 м ошибочно указывается также для островов Симушир и Матуа.

Установить область очага землетрясений 20 октября по расположению эпицентров его последующих толчков, очевидно, нельзя, так как собственные афтершоки этого землетрясения не отделимы от афтершоков землетрясения 13 октября. Однако область источника цунами, очерчиваемая изохронами времен пробега, имеет вид овала, расположенного вдоль внешней подножья хр. Витязя, причем, как и в случае землетрясения 13 октября, эта область несколько смвинута на северо-восток относительно эпицентра землетрясения. Длина ее равна 160 км, ширина — 80 км.

Как уже говорилось, землетрясение 20 октября сопровождалось волнами цунами. Вдали от источника высота цунами 20 октября составляла в среднем 0,4 от высоты цунами 13 октября, что хорошо согласуется со среднестатистическими зависимостями между магнитудами землетрясений и цунами.

Однако вблизи очага высота цунами 20 октября была аномально большой. Так, на м. Ван-дер-Линда высота максимального подъема воды колебалась от 10 до 15 м в зависимости от прибрежного рельефа. В пос. Сентябрьском, на о-ве Итуруп, подъем воды имел высоту до 7—8 м, хотя в близко расположенном пос. Буревестнике колебания уровня моря не превышали полуметра. Аналогичное явление наблюдалось и к северо-востоку от мыса Ван-дер-Линда. В то время как в пос. Адеутка высота подъема воды была около 5—6 м, на северной оконечности о-ва Уруп волна практически не наблюдалась.

Неожиданно большую высоту цунами вблизи источника, не согласующуюся с ее малой интенсивностью на больших расстояниях, можно пытаться объяснить тем, что землетрясением 20 октября был вызван грандиозный подводный обвал или оползень, который и послужил причиной колоссального местного всплеска. Этот обвал мог быть подготовлен еще землетрясением 13 октября.

Записи цунами 20 октября, как и 13 октября, практически на всех имеющихся мареограммах начинается с прилива.

Вернемся к землетрясению 13 октября. Как нам кажется, изложенный выше материал в целом позволяет предполагать, что основной разлом землетрясения был приурочен к юго-восточному подножью хр. Витязя. Подвижки начались в районе эпицентра и распространялись в северо-восточном направлении до поперечного грабца пролива Буссоля. Если бы расположенные северо-восточнее структуры не были захвачены сейсмическими дислокациями в мае-июне 1963 г., подвижки 13 октября, по-видимому, были бы полностью оборваны крупной поперечной депрессией пролива Буссоля. Однако наличие свежих, еще не затертых разломов и, следовательно, очень мобильных блоков непосредственно у северо-восточной границы желоба привело к тому, что крупные тектонические смещения к юго-востоку от о-ва Уруп сопровождалась частичным, фрагментарным смещением блоков также к юго-востоку от о-ва Симушир.

Очевидно, что 13 октября наряду с главным образовалось или обновило много второстепенных разломов. Увереннее всего можно говорить о подвижке вдоль упоминавшегося поперечного разлома, ограничивающего область очага Урупского землетрясения с юго-запада. Таким образом, создается впечатление, что основная система разломов 13 октября имела форму буквы «Г» или буквы «Г».

С. Л. Соловьевым была сделана попытка определить механизм очага землетрясений 12, 13 и 20 октября по пространственному распределению знаков первого смещения в их продольных волнах. Для этого были изучены записи дальневосточных станций, а также использованы сведения о знаках, содержащиеся в «Оперативном сейсмологическом бюллетене» (для советских станций), в Предварительном сейсмологическом

бюллетене станции «Пекин» (для китайских станций), а также сообщениями доктором Т. Хироно для ряда станций Японии и секретарем Международной сейсмологической ассоциации проф. Ж.-П. Ротэ для некоторых других районов мира. Определения проводились в случае землетрясений 12 и 13 октября для глубины очага 60 км, а в случае землетрясения 20 октября — 20 км. Собранных знаков вообще говоря недостаточно для надежного определения механизма очага как из-за того, что в просторстве станции располагаются относительно очага неравномерно, так и потому, что плюсы и минусы плохо разделяются друг от друга.

В рамках имеющейся информации наиболее правдоподобен вывод о том, что во всех трех случаях основным перемещением происходило по крутым, практически вертикальным разломам, ориентированным вдоль дуги «Океанические» крылья смещались вверх и несколько к северо-востоку, а «континентальные» вниз и несколько к юго-западу, как это видно из приводимых ниже цифр:

Землетрясение . . . . .	12 октября	13 октября	13 октября
Азимут падения nodальной плоскости, отожествляемой со сместителем разлома . . . . .	323°	323°	324°
Угол падения этой плоскости . . . . .	90°	90°	90°
Направление относительного смещения «континентального» крыла (угол отсчитывается в плоскости разлома от направления вверх, по часовой стрелке, если смотреть со стороны «океанического» крыла) . . . . .	188°	188°	190°

Этот вывод противоречит найденным свойствам источника цунами, получившегося совпадающим с северо-западным крылом разлома и характеризующимся преобладанием восходящих движений, т. е. поднятый дна океана. Таким образом, вполне уверенных заключений о направлении смещения крыльев основного разлома 13 октября в настоящее время сделать нельзя, однако все же более правдоподобен вывод о смещении вверх юго-восточного, а не северо-западного (хр. Витязя) крыла.

Урупское землетрясение, возможно, имело определенную генетическую связь с предшествовавшими ему катастрофическими землетрясениями и прежде всего с Итурупским землетрясением 6 ноября 1958 г.

Взаимное расположение очагов землетрясений 6 ноября 1958 г. и 13 октября 1963 г. таково, что второй примыкает к первому с северо-востока и, если пользоваться результатами определений В. Н. Аверьяновой [15], лежит примерно в направлении вектора подвижки 6 ноября 1958 г.

Если рассмотреть основные подземные толчки, происшедшие в промежуток времени между землетрясениями 1958 г. и 1963 г. в области очага последнего и вблизи от него (табл. 3), то окажется, что в течение

Таблица 3

Наиболее сильные землетрясения, происшедшие в области очага Урупского землетрясения за период ноябрь 1958 г. — октябрь 1963 г. (по Р. З. Тарakanову)

№	Год	Месяц	Число	Момент возникновения, ч. м. с.	Координаты эпицентра		Глубина очага, км	M
					φ°N	λ°E		
1	1961	II	12	21 53 46	43,8	147,8	30	7
2	1961	IV	23	09 01 42	44,9	150,6	20	6 1/2
3	1963	III	16	08 44 50	46,6	154,7	10	6 3/4
4	1963	VI	28	21 55 38	46,3	153,9	40	6 1/4

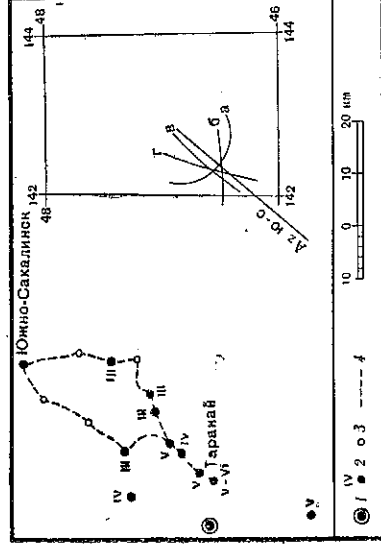
1958—1963 гг. имела место как бы постепенная миграция сейсмической активности с юго-запада на северо-восток вдоль будущей области очага Итурупского землетрясения. Предпоследними событиями цели были Симушские землетрясения 16 марта и 29 июня 1963 г.

Таким образом, юго-западная граница блока, пришедшего в движение 13 октября, примерно определялась положением области очага Итурупского землетрясения, где избыточные тектонические напряжения были сняты в 1958 г. Нарушение же сплошности среды и частичное снятие напряжений в районе о-ва Симушир в марте—июне 1963 г. способствовало окончательному оформлению блока, размеры которого от вечали накопленному запасу энергии, определив положение северо-восточной его границы. Следующую крупную подвижку на юге Курильских о-вов, по-видимому, следует ожидать у юго-западной оконечности очага Итурупского землетрясения, т. е. в районе о-ва Шикотан.

### Землетрясения на Сахалине

В 1963 г. крупных землетрясений на Сахалине не было. Наиболее сильные имели магнитуду, равную  $4-4\frac{1}{2}$ . К ним относятся толчки 6 июня, 23 июля и 7 августа. Относительно землетрясения 23 июня известно лишь то, что оно ощущалось в пос. Кировское. После двух других землетрясений были проведены специальные работы по сбору макросейсмических данных.

Таранайское землетрясение 6 июня. Это землетрясение произошло по местному времени в ночь с 6-го на 7-ое июня и ощущалось во многих населенных пунктах Анивского района Сахалинской области. Разрушений, даже слабых, не наблюдалось. Наибольшей силы — 5—6 баллов — землетрясение достигло в пос. Таранай.



Фиг. 7. Карта Таранайского землетрясения 6/7 июня. Составили М. Д. Ферчев и Ф. Д. Жук

1 — эпицентр землетрясения, определенный по инструментальным данным; 2 — населенные пункты, в которых ощущалось землетрясение и его интенсивность в баллах; 3 — пункты, в которых землетрясение не ощущалось; 4 — маршрут обследования. На врезке показано определение эпицентра методом засечек по данным станции Южно-Сахалинск (а), Углегорск (б), Рейдово (в), Шикотан (г)

11 июня Ф. Д. Жук и М. Д. Ферчев совершили однодневную поездку, маршрут которой изображен на фиг. 7, для сбора макросейсмических сведений. Установленная путем опроса жителей интенсивность сотрясения в различных населенных пунктах указывается на фигуре.

Например, в районном центре Анива землетрясение ощущалось по-давляющим большинством жителей. Этот поселок расположен на берегу