

А.И. Кожурин¹, Ким Чун Ун²

АКТИВНЫЕ РАЗЛОМЫ О. САХАЛИНА, ОЦЕНКА МАГНИТУДЫ И ПОВТОРЯЕМОСТИ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

¹ *Геологический институт РАН, г. Москва*

² *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

Последние 10–15 лет наряду с детальным изучением сейсмических процессов в очаговых зонах о. Сахалин большое внимание уделялось изучению палеосейсмодислокаций – нарушений поверхности, связанных с сильными древними, доисторическими землетрясениями в одном и том же сейсмическом очаге, а также определению времени их возникновения. Эти данные позволяют восстановить сейсмическую историю сейсмогенерирующей зоны в последние десятки тысяч лет развития. И характеристика долговременного сейсмического режима той или иной сейсмоактивной подвижной системы является важным параметром при оценке сейсмической опасности с позиций вероятностного подхода.

Представленная на рис. 1 схема активных разломов о. Сахалин разработана для построения геологической версии зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ) на основе результатов изучения поверхностных разрывов, возникших при Нефтегорском и Углегорско-Айнском землетрясениях и исследований палеосейсмодислокаций о. Сахалин [1–4].

При Нефтегорском землетрясении 1995 г. на земной поверхности вскрылся протяженный сейсморазрыв северо-северо-восточного простирания. Исследование сейсморазрыва показало, что он является результатом подвижки по Верхне-Пильтунскому разлому и что подобные подвижки происходили по разлому неоднократно [2]. На практике такие разрывы, именуемые активными (т.е. те, по которым возможны подвижки и в ближайшем будущем), чаще всего распознаются как нарушающие верхнеплейстоценовые и/или голоценовые отложения и формы рельефа.

Одним из важных параметров, определяемых при изучении активных разломов, является магнитуда и повторяемость связанных с ними сильных землетрясений. Задачей таких исследований является определение: 1 – местоположения активных голоценовых разломов; 2 – основных кинематических параметров (протяженность, направление, величина и скорость движений); 3 – периода повторяемости сейсмогенных подвижек по разломам.

На основе материалов, опубликованных в работах [2–4], построена карта активных голоценовых разломов о. Сахалин (рис. 1). Это позволило провести сегментацию зон активных разломов с целью оценки M_{\max} и выделения зон возможных очагов землетрясений (зон ВОЗ). Для отдельных сегментов активных разломов полевыми методами получены оценки амплитуд подвижек, периоды их повторяемости и на основе этих параметров оценены магнитуды генерируемых в прошлом разломами землетрясений.

Восточно-Сахалинская зона неоднородна по строению. В восточной прибрежной зоне северной части острова она представлена Пильтунским и Гаромайским разломами. Предполагается, что для этих разломов характерны преимущественно сдвиговые (правосторонние) смещения. Западнее системы Пильтунского и Гаромайского разломов протягивается правосдвиговой Верхне-Пильтунский разлом (Нефтегорский сей-

сморазрыв 1995 г.) с максимальной горизонтальной подвижкой 8.1 м. Возможно, что южнее Нефтегорского сейсморазрыва аналогичный ему разлом протягивается в осевой части Дагинского поднятия. Разлом вполне отчетливо выделяется на космических снимках разного разрешения и в топографии. Западнее Верхне-Пильтунского и Дагинского разломов выделены несколько субмеридиональных разрывов, но никаких данных для них, кроме выраженности на космических изображениях среднего разрешения, не имеется.

Самыми северными элементами Восточно-Сахалинской зоны являются активные правосторонние правосдвиговые Хейтонский и Лонгрийский разломы полуострова Шмидта. Более крупный из них Хейтонский разлом протягивается на север до северного побережья и, скорее всего, продолжается далее под водой в пределах шельфа. Нет ясности относительно южного продолжения разлома и его возможного соединения с Пильтунским разломом. Возможен вариант пространственной независимости этих двух разломов.

В центральной части о. Сахалин к Восточно-Сахалинской зоне могут быть отнесены разломы Восточно-Сахалинских гор. Разломы выделены как новейшие (плиоцен-четвертичные). Их активность на позднечетвертичном этапе нуждается в подтверждении полевыми материалами.

В центральной части о. Сахалин к Восточно-Сахалинской зоне могут быть отнесены разломы Восточно-Сахалинских гор. Разломы выделены как новейшие (плиоцен-четвертичные). Их активность на позднечетвертичном этапе нуждается в подтверждении полевыми материалами.

Центрально-Сахалинская зона включает разломы вдоль западных ограничений основных межгорных впадин о. Сахалин – Сусунайской и Тымь-Поронайской и протягивается примерно на 500 км, включая видимый перерыв примерно между п. Вахрушево и п. Гастелло. Эта зона, называемая иногда Тымь-Поронайской активной зоной, включает Ключевской разлом (Тымь-Поронайской депрессии) и Апрельовский разлом – в Сусунайской депрессии. Как далеко эта система продолжается на север – до сих пор не установлено. Самые северные проявления разломов зоны обнаружены в верховьях долины р. Поронай, немного южнее п. Адо-Тымово.

Апрельовский разлом вскрыт траншеей северо-западнее г. Южно-Сахалинск у реки Лира.

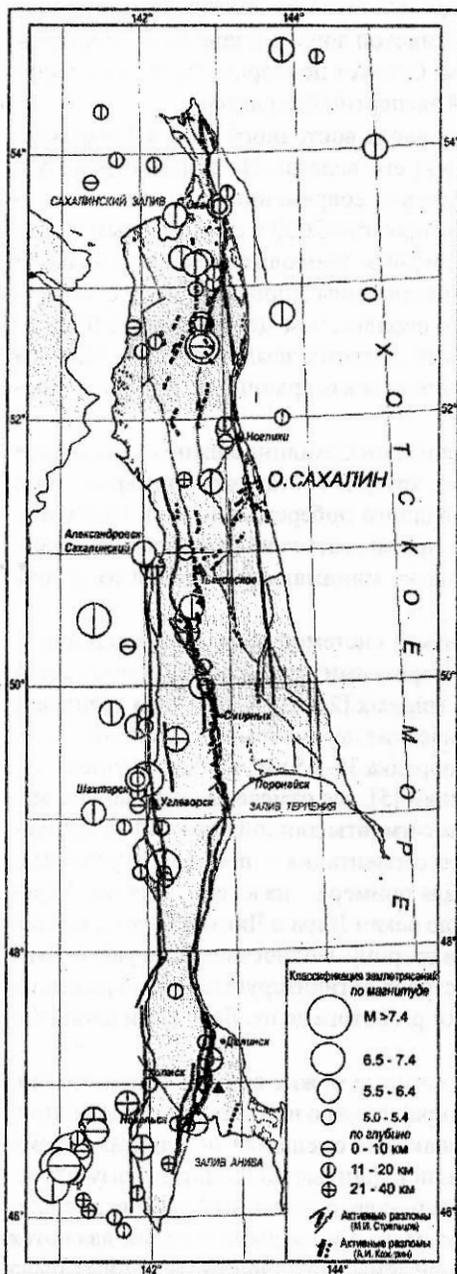


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений и активных разломов о. Сахалин.

По результатам обследования определено, что подвижки по разлому происходили примерно раз в 3 тыс. лет. Минимальный отрезок времени между двумя сейсмическими событиями мог составлять около 2000 лет (консервативная оценка). Последнее событие было примерно 800 лет тому назад. Величина общей подвижки составила примерно 5 м, и скорости накопления деформации составляют около 1.5 мм/год.

Особенности геометрии Центрально-Сахалинской зоны в плане позволяют разделить ее на сегменты длиной порядка 35–45 км. Следует подчеркнуть, такая сегментация, несомненно, условна и имеет оценочный экспертный характер.

Западно-Сахалинская зона протягивается вдоль восточного берега Татарского пролива и почти на всем протяжении скрыта под его водами. На суше острова она проявляется лишь в районе массива Ламанон. Здесь ее современным проявлением является сейсморазрыв Углегорско-Айнского землетрясения 2000 г. с взбросовым типом движений. Зона в целом является, очевидно, северным продолжением региональной зоны восточного ограничения единой задуговой котловины Японского моря и Татарского пролива, то есть структурой более высокого порядка, чем Центрально- и Восточно-Сахалинской зоны. Зона проявила себя серией сильных землетрясений, включая Мочеронское 1971 года, и чаще всего интерпретируется как граница между Охотоморской и Амурской (Евразийской) плитами.

По результатам изучения палеосейсмодислокации Сахалина можно судить более или менее только о длине Пильгунского разлома, которая составляет примерно 50 км (считая его западную ветвь на севере вдоль западного побережья Торох). Гаромайский, Хейтонский и Лонгрыйский разломы могут протягиваться на некоторое неизвестное расстояние под водой, то есть доступны только минимальные оценки их длины (~21, 37–40 и ~30 км, соответственно).

Сложнее ситуация с Центрально-Сахалинской системой взбросовых разломов. Отдельные участки разломов кажутся слишком короткими, чтобы иметь полное одноактное смещение до 4–5 м (канавы в районе п. Смирных [2]). В связи с этим возникает проблема сегментации зоны разломов. Геометрические параметры зон разломов в плане позволяют делить зону на сегменты длиной порядка 35–45 км, а объединением — до 80 км. Эти данные не противоречат исследованиям [5], где отмечено, что главные меридиональные разломы о. Сахалин разделены на сегменты длиной около 40 км субширотными разломами. Следует подчеркнуть, что сегментация — процедура условная, всегда имеющая характер экспертной оценки. Для примера — на юге о. Сахалин Апрельский разлом делится на сегменты примерно по рекам Лиры и Лютога. В этих местах разлом прерывается или резко смещен в плане в сторону. Полностью быть уверенным в том, что два центральных сегмента на юге острова активизируются одновременно, невозможно (в этом случае сегмент протянется от р. Лютога до оз. Лебяжье и длина его будет 77–80 км).

Величина общего смещения по взбросам, которые можно считать одноактными, варьирует от 1.5–2 м до 4–5 м (п. Смирных, р. Лиры). Можно принять 3 м как величину среднего общего смещения для разрывов. Одноактные смещения по сдвигам, кроме Нефтегорского разлома, нигде прямо не измерялись. Данные по Пильгунскому разлому, изложенные в работе [3], имеют оценочный характер, основанный на ряде допущений. Таким образом, наиболее доступными параметрами на данное время являются данные о длине разлома или сегментов разломной зоны. На основе этих данных была проведена оценка максимальной магнитуды землетрясения, которое может генерироваться активными разломами о. Сахалин.

Таблица 1. Активные разломы зон ВОЗ параметры характеристических землетрясений

Сейсмогенные зоны	Длина разломов, км	M_{\max} при сегментации			M_{\max} при объединении двух сегментов		
		M_{\max}	N	T, лет	M_{\max}	N	T, лет
Монеронская	278	7.25	4	750	7.7	2	1500
Томаринско-Крильонская	236	7.0	5	600	7.4	3	1000
Быковско-Анивская	227	7.0	5	600	7.4	3	1000
Углегорско-Александровская	488	7.0	13	230	7.4	6	500
Онорско-Побединская	455	7.0	11	270	7.4	6	500
Пильтунско-Гаромайская	600	7.0	15	200	7.4	8	370

Исходя из вышеприведенных приблизительных оценок, используя зависимости из [6], получаем следующие M_{\max} : для $L \sim 40$ км – $M_{w \max} \approx 7 (\pm 0.23)$; для $L \sim 50$ км (Пильтунский разлом) – $M_{w \max} \approx 7.1 (\pm 0.23)$.

Для общего смещения (без кинематики): ~ 4.5 м (считая его максимальным) – $M_{w \max} \approx 7.1-7.2 (\pm 0.23)$; для взбросового в 3 м (считая его средним) – $M_{w \max} \approx 6.7 (\pm 0.5)$.

Как видно из полученных значений, $M_{w \max}$ примерно всегда одной величины – порядка 7–7.2, причем как при использовании наиболее уверенного замера максимального общего смещения (4.5 м), так и для длины сегмента примерно в 40 км. Можно думать, что сегментация зоны взбросов на сегменты по 40 км в общем отражает действительность. Можно принять M_{\max} равной 7–7.2 для любой зоны ВОЗ, а за консервативную оценку принять $M_{\max} \sim 7.5$.

Кроме оценки магнитуд характеристических землетрясений о. Сахалин палеосейсмологические данные позволяют оценить их повторяемость. В таблице 1 приведены результаты оценки магнитуды максимальных землетрясений и их повторяемости в наиболее сейсмоактивных зонах о. Сахалин.

Литература

1. Стрельцов М.И., Рождественский В.И. Активные разломы Курило-Охотского региона, Сахалина, Приморья и Приамурья // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2–3. ОИФЗ РАН. 1995. С. 387–407.
2. Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. Информационно-аналитический бюллетень ФССН. Экстренный выпуск, октябрь 1995 (Гл. редактор – Р.П. Лаверов). М. 1995. 236 с.
3. Tsutsumi H., Kozhurin A., Streltsov M.I., Ueki T., Suzuki Y., and Watanabe M. Active faults and paleoseismology in northeastern Sakhalin // J. of Geography. 2000. V. 109(2). P. 294–301 (in Japanese).
4. Булгаков Р.Ф., Иващенко А.И., Ким Ч. У., Сергеев К.Ф., Стрельцов М.И., Кожурин А.И. и др. Активные разломы Сахалина // Геотектоника. 2002. № 2. С. 66–86.
5. Харахинов В.В., Гальцев-Безюк С.Д., Терещенков А.А. Разломы Сахалина // Тихоокеанская геология. 1984. № 2. С. 77–86.
6. Wells D.L., Coppersmith K.J. Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilistic seismic hazards assessments. // Bull. Seismol. Soc. Am., 1985. V. 75, № 4. P. 939–964.