

УДК 551.24 (571.151)

ПАЛЕОЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ГОРНОГО АЛТАЯ В ГОЛОЦЕНЕ

© 2003 г. Е. А. Рогожин, А. И. Захарова

Представлено академиком В.Н. Страховым 10.07.2002 г.

Поступило 16.07.2002 г.

Совместное использование материалов о современных землетрясениях и палеосейсмогеологических данных о сейсмических событиях последних 9000 лет Чуйско-Курайской зоны позволило получить оценки сейсмического режима Горного Алтая в течение голоцена. Результаты свидетельствуют о прямолинейности построенного графика повторяемости землетрясений в исследованной зоне.

Путем сопоставления геолого-геофизических и сейсмологических данных на территории Западной Монголии, Северо-Западного Китая и Алтае-Саянской горной области проведена оценка сейсмического потенциала территории Горного Алтая. На этой территории выделяется несколько значительных по площади зон с прогнозными значениями $M_{\max} > 6$, в том числе на отдельных участках до $M_{\max} > 7.5$ [1].

Для проверки достоверности этих оценок в разных частях Горного Алтая в 1997–1998 гг. предприняты полевые работы с целью поисков следов древних сильных землетрясений. В результате выявлены, закартированы, изучены в обнажениях и горных выработках первичные, сеймотектонические, и вторичные, гравитационные, сейсмодислокации некоторых ранее неизвестных сильных землетрясений в южной и юго-восточной частях Горного Алтая. В Чуйско-Курайской сейсмогенной зоне такие древние сейсмические толчки произошли согласно радиоуглеродным датировкам около 230, 1000, 2400–2800, 4100–4500 и 8000 лет назад [2]. Магнитуда означенных палеоземлетрясений определялась путем оценки длины возникших первичных сейсморазрывов в основном по дистанционным и геоморфологическим данным. Вторым источником для оценки величины древних сейсмических событий был ана-

лиз площади, охваченной разновозрастными массовыми склоновыми процессами – грандиозными сейсмообвалами, каменными лавинами, большими оползнями. Магнитуда также оценивалась по амплитуде одноактного разрывного смещения приповерхностных горизонтов разреза в пройденных вкрест простираения эскарпов траншеях [3].

Изученный период времени охватил около 9 тыс. лет, т.е. большую часть голоцена. Для этого времени получены надежные палеосейсмогеологические сведения о пяти сильных землетрясениях. Первое землетрясение известно под названием “Монгольское” 9.12.1761 г. с магнитудой $M = 7.7 \pm 1.0$ [4] или 8.3 по [5]. Собранные материалы об оставленных им сейсмодислокациях позволяют “привязать” очаг этой сейсмической катастрофы прошлого к Чуйской зоне Горного Алтая. Землетрясения, возникшие около 1000 и 2500 лет назад, согласно результатам анализа поверхностных проявлений очагов имели $M \sim 7.0$. Сейсмические события, происшедшие примерно 4500 и 8000 лет назад, согласно результатам использования тех же оценок, характеризовались магнитудой $M \approx 7.5$.

Таким образом, за период 9 тыс. лет можно уверенно выявить одно событие с $M \approx 8$, за 8 тыс. лет – два толчка с $M = 7.5$ и за период примерно 2500 лет – два сейсмических события с $M \approx 7$.

Собранные палеосейсмогеологические материалы дают возможность оценить сейсмический режим Алтая на протяжении почти всего голоцена, используя также сведения о землетрясениях инструментального и исторического периодов сейсмологических наблюдений.

Известно, что представление о среднем долговременном сейсмическом режиме любой территории можно получить по графику повторяемости – статистической функции распределения частоты возникновения землетрясений, происшедших в ее пределах, по магнитуде [6]. При этом график предполагается линейным и обычно экстраполируется в область больших магнитуд, так как периоды наблюдений сильных сейсмических событий малы и не обеспечивают соответствующей стати-

Объединенный институт физики Земли
им. О.Ю. Шмидта
Российской Академии наук, Москва
Геофизическая служба
Российской Академии наук, Обнинск Калужской обл.

Таблица 1. Исходные данные для графика повторяемости*

M	N	T , годы
3.0	93	11
3.5	40	11
4.0	12	11
4.5	2	11
5.0	2	75
5.5	1	75
6.0	2	200
6.5	1	200

* $b = 1.22, 1.03; N^* = 0.046, 0.074$.

стики. Сделаны попытки объединить сейсмологические и геологические данные для построения графика повторяемости, например С.И. Голенецким в Прибайкалье [7], а также в США – в районе хребта Уосатч и на участке разлома Сан-Андреас [8]. Полученные результаты породили мнение о нелинейности этих графиков [9]. При этом в одних случаях период повторяемости землетрясений больших магнитуд увеличивался по сравнению с найденным по экстраполяции графика из области малых магнитуд, в других – уменьшался. Такая неоднозначность результатов может вызывать некоторые сомнения в полноте исходных данных об очагах сильнейших землетрясений прошлого [7].

Для восьмibalльной зоны Горного Алтая, в которой проводились указанные палеосейсмогеологические работы в зонах древних землетрясений с магнитудами $M = 7-8$ [10], график для сейсмических событий инструментального и исторического периодов наблюдений был построен

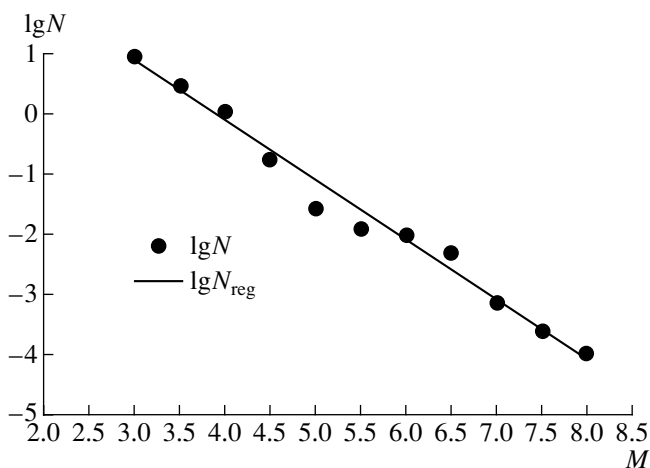


Рис. 1. График повторяемости землетрясений Горного Алтая по инструментальным и палеосейсмогеологическим данным.

еще в процессе сейсмического районирования 1978 г. Он базировался главным образом на данных инструментальных наблюдений в интервале магнитуд землетрясений $M = 3.0-6.5$. Исходные данные для расчета графика повторяемости (N – число землетрясений определенной магнитуды, T – период наблюдений в годах) приведены в табл. 1. Здесь также помещены результаты расчета графика методами наименьших квадратов и максимального правдоподобия. Его параметры: b – наклон, которым определяется соотношение между большими и малыми землетрясениями, N^* – число землетрясений с магнитудой $M = 5$, происходящих за 1 год во всей зоне, – взяты из [10].

Палеосейсмологические сведения, полученные в работе [2] о землетрясениях с магнитудами $M = 7-8$, а именно: $M = 7.0$ ($N = 2, T = 2600$ лет); $M = 7.5$ ($N = 2, T = 8000$ лет); $M = 8.0$ ($N = 1, T = 9000$ лет) – были добавлены к исходным данным, приведенным в табл. 1. В диапазоне магнитуд $M = 3.0-8.0$ был построен общий график повторяемости, показанный на рис. 1 и учитывающий результаты как инструментальных наблюдений над землетрясениями, так и полевых, палеосейсмологических. Для расчета его параметров использован способ ортогональной регрессии. Решение получено в виде

$$\lg \frac{N}{T} = (3.86 \pm 0.38) - (0.99 \pm 0.04)M$$

при $R = 0.99$, (1)

где R – коэффициент линейной корреляции.

Как видно из (1), наклон общего графика повторяемости $b = 0.99$, а также значение $N^* = 0.080$ находятся в хорошем согласии с данными в табл. 1, найденными способом максимального правдоподобия. Следует отметить, что при пересчете графика для интервала магнитуд $M = 3.0-6.5$ (по данным табл. 1) с помощью метода ортогональной регрессии значения его параметров b и N^* с точностью до четвертого знака совпадают с рассчитанными для $M = 3.0-8.0$. Полученные результаты могут свидетельствовать о хорошем соответствии палеосейсмогеологических и инструментальных сейсмологических данных. Об этом же говорит прямолинейный характер графика повторяемости в исследованной зоне Горного Алтая.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 02-05-64946 и 02-05-64433).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогожин Е.А., Богачкин Б.М., Иогансон Л.И. и др. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ОИФЗ РАН, 1995. В. 2/3. С. 132–152.

2. *Рогожин Е.А., Богачкин Б.М., Нечаев Ю.В. и др.* // Геоморфология. 1999. № 1. С. 82–95.
3. *Wells D.L., Coppersmith K.J.* // Bull. Seis. Soc. Amer. 1994. V. 84. № 4. P. 974–1002.
4. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Под ред. Н.В. Кондорской, Н.В. Шебалина. М.: Наука, 1977. 535 с.
5. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии / Под ред. В.П. Солоненко, Н.А. Флоренсова. М.: Наука, 1985. 224 с.
6. *Ризниченко Ю.В.* // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1958. № 9. С. 1057–1074.
7. *Солоненко В.П.* // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1973. № 9. С. 3–16.
8. *Swartz D.P., Coppersmith K.J.* // J. Geophys. Res. 1984. V. 89. № В7. P. 5681–5698.
9. *Гусев А.А., Шумилина Л.С.* Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М.: ОИФЗ РАН, 1995. В. 2/3. С. 289–299.
10. Сейсмическое районирование территории СССР / Под ред. В.И. Бунэ, Г.П. Горшкова. М.: Наука, 1980. 237 с.