

УДК 550. 342: 523.91

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТМОСФЕРНЫХ И ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ФАКТОРОВ В ДИАГНОЗЕ И ПРОГНОЗЕ КРУПНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Доктор геогр. наук Г.Н.Чичасов

Исследуются зависимости тектонической деятельности Памиро-Тянь-Шаньского региона от солнечной активности и метеорологических условий. Приводятся данные диагноза Сусамырского землетрясения, происшедшего в Кыргызстане 19 августа 1992 года. Результаты могут использоваться при оценке вероятности возникновения крупных землетрясений в регионе.

В настоящее время не существует общепринятого мнения о механизмах формирования землетрясений. Что же касается гипотез, то их множество. Одной из них является предположение о влиянии солнечной активности на земные тектонические процессы. Подробное описание, используемых здесь характеристик солнечной активности, и объяснение их физической сущности можно найти в работах [1,9]. На зависимость землетрясений от солнечной активности указывалось еще в 60-х годах [11]. Согласно данным автора, если число солнечных пятен достигает 150, то вероятность возникновения землетрясений примерно на 31 % выше, чем когда число солнечных пятен равно 50. А если суточная разница в числе солнечных пятен равна 20, то вероятность возникновения землетрясений выше на 26 %, чем когда такого перепада нет. К выводу о том, что землетрясения чаще случаются, когда уровень солнечной активности быстро и резко меняется, пришли многие авторы, например [2-3,6-7,12,13].

На существование зависимости сейсмичности Земли не только от величины активности Солнца, но и от ее положения в 11-летнем цикле неоднократно указывал А.Д.Сытинский [6-7]. Его многолетние

исследования позволяют сделать вывод о том, что связь сейсмичности Земли с солнечной активностью осуществляется, за счет прямого энергетического воздействия солнечного ветра на атмосферу Земли.

Существенное значение для предсказания крупных землетрясений имеет вопрос наличия статистически достоверных связей между сейсмическими процессами на Земле и солнечной активностью. На рис.1 приведены средние за пятилетку повторяемости землетрясений в Сибири и Средней Азии [5], а также средние годовые числа Вольфа.

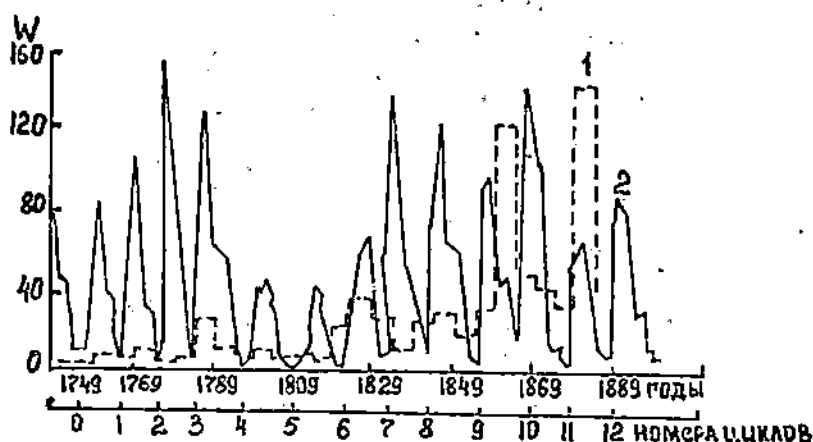


Рис.1. Средняя за пятилетие повторяемость крупных землетрясений в Сибири и Средней Азии (1) по данным [5] и средние годовые числа Вольфа (2)

По оси абсцисс, помимо временной шкалы, перед началом каждого 11-летнего цикла проставлены их номера в цюрихской классификации. Как видно на рисунке, максимум повторяемости землетрясений совпадает, как правило, с пиками солнечной активности, что особенно отчетливо проявляется в последнее из рассматриваемых столетий. В четные циклы чисел Вольфа сейсмичность гораздо выше, чем в нечетные. Исключение составляет лишь цикл N 8, в котором, несмотря на довольно высокий уровень запятненности Солнца, повторяемость землетрясений была невелика. Что же касается первой части исследуемого периода (циклы N 1-5, 1749-1800 гг.),

то указанные закономерности проявляются и в нем, хотя не так отчетливо. Несмотря на высокую запятненность Солнца в этот период, число случаев с землетрясениями в нем было невелико. Странную на первый взгляд ситуацию можно объяснить недостаточностью данных о землетрясениях, имевших место в Сибири и Средней Азии в 18 веке.

Разнообразные и достойные внимания материалы по землетрясениям собраны и систематизированы китайскими учеными [12]. В каталог вошли сведения о землетрясениях, имевших место не только в Китае, но и в сопредельных территориях и, в частности, на юге Казахстана. До 1911 г. каталог содержит данные о всех проявлениях сейсмичности независимо от магнитуды (M), а после - только о крупных с $M > 4,0$.

В древности такие редкие природные явления, как крупные землетрясения, обычно связывали с социальными явлениями и люди видели в них в основном предзнаменование своей нелегкой судьбы. Крупные природные катаклизмы надолго оставались в памяти человечества и попадали в различные хроники. Именно поэтому полные сведения о землетрясениях, как например [5,12], дошли до наших дней. Ранние исторические сведения об этих явлениях, в силу известных причин разрознены, характеризуются большой пестротой, а также не лишены всякого рода неточностей. Однако несмотря на это общее представление о сейсмичности они все же дают.

Нами были рассмотрены и проанализированы повторяемости крупных землетрясений в Синьцзяне по данным [12], а также средние годовые индексы геомагнитной активности K_p за период с 1880 по 1980 гг. Как и следовало ожидать, повторяемость крупных подземных толчков распределялась во времени крайне неравномерно, однако именно этот факт и имеет существенное значение для их анализа и последующего прогноза. Так в многолетнем ходе числа случаев с крупными землетрясениями выделяются периоды, когда их повторяемость была выше (1896-1906 и 1970-1980 гг.) или ниже (1907-1914 и 1916-1928 гг.) среднего многолетнего значения.

Совместный анализ характеристик солнечной активности и повторяемости крупных землетрясений

позволяет сделать целый ряд выводов. Прежде всего необходимо отметить, что до 1940 г. максимум числа случаев с землетрясениями приходился на восходящую ветвь годового хода геомагнитного индекса K_p , а после - в основном на нисходящую. Что же касается связи сейсмических процессов с числами Вольфа, то здесь четко прослеживается закономерность увеличения частоты землетрясений перед максимумами хода солнечной активности в 11-летнем цикле. Нарушение данной закономерности произошло после 1965 г. Обращает внимание, что последние годы рассматриваемого периода характеризовались довольно неустойчивым режимом сейсмичности, с резкими колебаниями повторяемости землетрясений. Напомним, что нами рассматривались осредненные за год характеристики солнечной активности. Исходя из самых общих соображений можно предположить, что для решения поставленных задач лучшие результаты даст использование средних суточных или даже полусуточных значений солнечной активности.

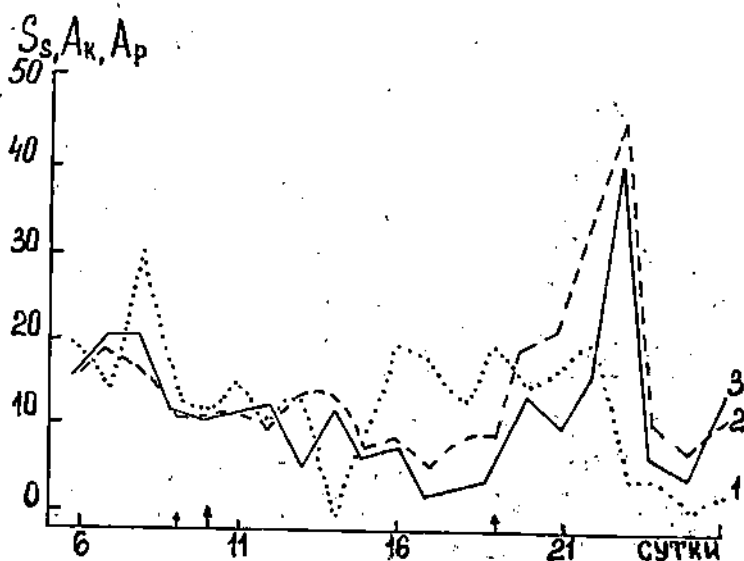


Рис. 2. Временной ход средних суточных значений суммарной активности диска Солнца (1) и индексов A_k (2), A_p (3)

На рис.2 приведен ход средних суточных значений суммарной активности диска Солнца (S_s), а также, ход индексов A_p и A_k до и после землетрясения, происшедшего 19 августа 1992 г. на юге Кыргызстана вблизи станции Сусамыр. С интервалом около часа здесь отмечено два подземных толчка, с магнитудой 7,3 и 6,7 соответственно. Эпицентр первого находился в районе северо-восточного окончания Алтайского хребта, недалеко от того места, где он подходит к Ферганскому хребту. Эпицентр второго толчка был расположен на берегу горной реки, стекающей в Токтогульское водохранилище, в 185 км западнее первого. Как видно на рис.2, крупным землетрясениям, как правило, предшествовали довольно резкие изменения хода индексов A_k и A_p . Что же касается суммарной активности диска Солнца, то как Сусамырское, так и другие рассматриваемые здесь землетрясения в основном совпадали с ее экстремумами. Анализ материалов подтверждает вывод о приуроченности крупных землетрясений к резким изменениям солнечной активности. Здесь же для наглядности стрелками отмечено время возникновения других крупных землетрясений, зарегистрированных в июле - августе 1992 г. в этом регионе.

Сусамырское землетрясение произошло в первые сутки естественно-синоптического периода при смене барических полей в районе их эпицентра, когда находившийся там частный циклон был оттеснен приближающейся передней части антициклона. Такая ситуация обусловила северо-западные потоки в средней тропосфере. Приближение антициклона вызвало и рост давления севернее эпицентра землетрясения. Южнее тектонического разлома в это время происходил вынос тепла из районов Средиземного и Черного морей.

На тесную зависимость тектонической деятельности и крупномасштабных атмосферных процессов указано в работах [2-8]. В [6-7] было отмечено, что положение эпицентров сильных землетрясений зависит не только от характера барических полей, но и от географического распределения знаков барической тенденции. Для Памиро-Тянь-Шаньского ре-

гиона наиболее характерным распределением атмосферного давления при землетрясениях с магнитудами, превышающими 4,5, является такое, когда давление растет к северу от сейсмической области и падает к югу от нее. По-видимому, сейсмический эффект, вызываемый региональными барическими процессами, состоит в перераспределении статической нагрузки на различные блоки тектонического разлома. Основными центрами действия атмосферы, определяющими барическую ситуацию Памиро-Гималайского региона, является исландский минимум и азиатский максимум. Именно их взаимное расположение и разность атмосферного давления между центрами определяют нагрузки на земную кору, а также перераспределение воздушных масс. Отмечено, что крупные землетрясения в регионе происходят в период сближения этих центров действия атмосферы, когда возрастают барические градиенты и обостряются фронтальные разделы. Землетрясения происходят при большой разности давлений между центрами барических образований, достигающей иногда 65 - 100 гПа.

В настоящее время укрепилось мнение, что крупные землетрясения, как правило, сопровождаются экстраординарными погодными условиями. В работе предпринята попытка определить, по имеющимся в наличии каталогам землетрясений [5,12], повторяемость сопровождающих катастрофы метеорологических явлений и оценить их вероятность.

Наиболее полная и, по-видимому, одна из самых достоверных сводок о сейсмических процессах, имевших место в прошлом, приведена в работе И.В.Мушкетова и А.П.Орлова [5]. С 596 по 1888 г. авторами рассмотрено и проанализировано 2574 случая проявления сейсмичности в России и на сопредельных с ней территориях, в основном в Китае. Из них в 134 упоминается о сопровождающих землетрясения метеорологических явлениях, что составляет 5,2 % от общего числа случаев. Нами было подсчитано, что наиболее часто при землетрясениях наблюдались сильные бури, ураганы, ливни, град. За рассматриваемый период они отмечались в каталоге 73 раза. В 17 случаях землетрясения сопровождались выпадением снега, образованием тумана и сильными морозами. В 10 случаях отмечались выпа-

дения метеоритов, в 3 случаях - затмения Солнца и в одном - затмение Луны. Вместе с тем в каталоге Мушкетова и Орлова описывается 30 случаев землетрясений, происшедших при ясной погоде, что подтверждает выводы [3] о том, что подземные толчки случаются преимущественно на фоне повышенного атмосферного давления. При описании землетрясений в исторических материалах вообще не всегда фиксировались сопровождающие их метеорологические явления. Это и понятно, так как по воздействию на психику человека первые несоизмеримо превосходили последние, относя тем самым их в разряд малозначительных событий. Подтверждение этому может дать анализ исторических материалов по землетрясениям, каталог которых подготовлен и издан китайскими учеными [12]. В нем описано 112 случаев проявления сейсмических процессов большой мощности, из которых 21, или 18,8 % от общего числа случаев, сопровождались аномальными метеорологическими явлениями. Чаще (13 случаев) в хрониках фиксировались изменения какой-то одной метеорологической величины, реже (8 случаев) - одновременно двух и более.

По одному разу в каталоге отмечается дождь, град, ураганный ветер, пасмурная погода, резкий подъем температуры воздуха, по два раза - неустойчивая погода и глубокий снег. В трех случаях при землетрясениях были зафиксированы интенсивные свечения земли. Одновременно наблюдались следующие сочетания метеорологических явлений: ураганный ветер и дождь; холод, ураганный ветер; дождь и глубокий снег; дождь и град; град и туман; сильная жара и ураганный ветер; сильная жара и резкое падение давления.

Заметим, что исторические материалы по землетрясениям не ограничивались, как правило, констатацией самого события. В них много места занимали описания сопровождающих эти землетрясения политических происшествий, а также астрономических и метеорологических явлений. Вот как, например, описывает беспристрастный летописец древности известное землетрясение в Каспийских воротах 743 года. "В этом году в северной части неба явилось знамение, а в различных местах падала пыль

наподобие дождя" [5]. Дата и время этого события, вошедшего в анналы крупнейших землетрясений мира, неизвестны - указано лишь, что оно произошло "раньше апреля". Более поздние случаи проявления сейсмичности и сопутствующие им явления описаны намного подробнее. Так, например, при землетрясении в Семипалатинске 27 декабря 1787 г. наблюдались "оттепель и дождь, затем выпало очень много снега, ударил мороз, наблюдалось лунное затмение при ясной и тихой погоде" [5]. Приведенное описание является подтверждением современных взглядов на метеорологическую обстановку, сопутствующую землетрясениям. "Оттепель и дождь" в конце декабря в Восточно-Казахстанской области могли быть вызваны большим выбросом сейсмической энергии и связанным с ним повышением температуры почвы и, следовательно, прилегающих к ней слоев воздуха. Адиабатический подъем нагретых объемов воздуха привел к образованию мощных кучево-дождевых облаков и выпадению осадков - сначала в виде дождя, а затем, по мере понижения температуры - снега. Похоже, после основного толчка афтершоки не последовали, так как установилась ясная и тихая погода.

Более полное представление о сопровождающих землетрясения погодных условиях можно получить на материалах сейсмичности последних лет. В Средней Азии и Казахстане с 1978 г. по 1990 г. было зарегистрировано 136 землетрясений, 32 из которых с метеорологическими явлениями, что составляет 23,5 % от общего числа случаев, из них 9 землетрясений сопровождались ливневым дождем, 18 - снегом, 3 - пыльной бури, 2 - дымкой. Чаще всего метеорологические явления наблюдались в момент землетрясений. В 10 случаях резкие изменения погодных условий происходили до начала, а в 14 - после окончания явления.

Представляет интерес сравнить по разным каталогам землетрясений [5,12] повторяемость сопутствующих им метеорологических явлений. Приведенные данные относятся между собой как 6, 24. Иными словами, повторяемость сопутствующих сейсмическим процессам метеорологических явлений за последние годы в шесть раз превышает данные по

сводке Мушкетова и Орлова. Это лишний раз подтверждает, что сопровождающие землетрясения метеорологические явления фиксировались в исторических материалах не всегда, в связи с чем к этим сведениям следует относиться осторожно. Основываясь на последних данных, можно предположить, что в среднем почти каждое четвертое землетрясение сопровождается теми или иными метеорологическими явлениями.

Полученные результаты необходимо дополнять и развивать, уделяя особое внимание статистической оценке и физической интерпретации полученных зависимостей, используя для этого методы и рабочие приемы, изложенные в [10]. Анализ материалов исследований, приведенных нами, а также результаты других авторов дают основание предполагать, что совместное использование вариаций солнечной активности и характеристик атмосферной циркуляции с другими предсказателями позволит вплотную приблизиться к созданию надежного метода прогноза землетрясений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витинский Ю.И. Солнечная активность. - М.: Наука, 1983. - 192 с.
2. Гальперина А.А., Панова Е.Н., Чичасов Г.Н. Метеорологические факторы в диагнозе крупных землетрясений // Тр. КазНИГМИ. - 1992. - Вып. 111. - С. 157-183.
3. Гальперина А.А., Чичасов Г.Н. О метеорологических и геофизических условиях крупных землетрясений // Тр. КазНИГМИ. - 1992. - Вып. 111. - С. 183-191.
4. Могй К. Предсказание землетрясений. - М.: Мир, 1988. - 382 с.
5. Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи // Записки Русского географического общества по общей географии. - СПб.: - 1893. - Т. XXVI. - 582 с.
6. Сытинский А.Д. О механизме влияния корпускулярного излучения Солнца на циркуляцию нижней

атмосферы // Докл. АН СССР.- 1983. - Т. 270.- С. 855-859.

7. Сытинский А.Д. Связь сейсмичности Земли с солнечной активностью и атмосферными процессами. - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. - 99 с.
8. Панова Е.Н., Чичасов Г.Н. О связи сейсмической активности Памиро-Тянь-Шаньского региона с атмосферными процессами // Гидрометеорология и экология. - 1995. - N 2. - С. 126-140.
9. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеоиздат, 1991.- 304 с.
10. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа информации. - Алматы, 1995. - 108 с.
11. Эйгенсон М.С. Солнечная активность как геотектонический фактор // Цирк. Львовск. астрон. обсерв. 1954. - N 28. - С. 13-21.
12. Collected articles on earthquakes in Xinjiang - Uigur autonomic region // Pekin, Seismological Bureau. - 1985. - 384 p.
13. Gribbin G.R., Plagemann S. The Jupiter effect // London: Mc-Millan. - 1974. - Vol. 19, N 1295. - 136 p.

Казахский научно-исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ІРІ ЖЕР СІЛКІНІСТЕРІН АНЫҚТАУ МЕН БОЛЖАУДА АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖӘНЕ ГЕЛИОГЕОФИЗИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТУРАЛЫ

Геогр. г. докт. Г.Н. ЧИЧАСОВ

Памир - Тянь-Шань аймағында тектоникалық қызмет және күннің белсенділігі мен метеорологиялық жағдайлардың арасындағы байланыстар зерттеледі. 1992 жылдың 19 тамызында Қырғызстандағы Сусамырда болған жер сілкінісінің анықтамалық деректері келтіріледі. Қорытынды нәтижелерді осы аймақтағы ірі жер сілкінісі ықтималдығын бағалау жағдайында пайдалануға болады.