

АЛТАЙ И САЯНЫ

А.Ф. Еманов, А.Г. Филина, А.А. Еманов, А.В. Фатеев, М.А. Ярыгина

В 1998 г. в сети сейсмических станций региона, по сравнению с [1], произошли следующие изменения:

– с 1 августа на сейсмической станции «Ельцовка» дополнительно к аналоговой аппаратуре была установлена цифровая типа Reftek по совместному проекту с сейсмологами Колумбийского университета США; этот комплект цифровой аппаратуры работал меньше года (до 15 июня 1999 г.);

– с 1 сентября открыта новая стационарная станция «Берчикуль», оснащенная цифровой аппаратурой типа Байкал-11 [2], ставшая в дальнейшем основной аппаратурой сети сейсмических станций Сибири;

– закрытая в ноябре 1993 г. [3] аналоговая станция «Тюнгур» восстановлена с 1 августа 1998 г. уже в качестве цифровой (также типа Байкал-11).

Общее число станций равно 16, их параметры даны в табл. 1.

Таблица 1. Сейсмические станции Алтая и Саян (в хронологии их открытия), работавшие в 1998 г., и их параметры

| № | Станция | | Дата открытия | Координаты | | | Аппаратура | | | | |
|-------|---|------|---------------|---|---------|--------------------|-------------|------------------------|---|---|---------------------------------|
| | Название | Код | | φ°, N | λ°, E | h _y , м | Тип прибора | Комп-нента | V _{max} /чувствит-сть велосиграфа-отсчет/(м/с) | ΔT _{max} , с | |
| межд. | | рег. | | | | | | | | | |
| 1 | Ельцовка | ELT | ЕЛЬ | 05.07.1962 | 53.2614 | 86.2389 | 215 | СКМ-3 СКМ-3* СКД | N, E, Z E N, E, Z | 50000 5000 1200 | 0.25–1.3 0.25–1.3 0.20–18 |
| 2 | Усть-Кан | UKR | У-К | 09.12.1962 | 50.9395 | 84.7686 | 1100 | СКМ-3 СКМ-3* СКД | N, E, Z E N, E, Z | 50000 5000 1200 | 0.25–1.3 0.25–1.3 0.20–18 |
| 3 | Эрзин | ERNS | ЭРЗ | 08.07.1963 | 50.2600 | 95.1500 | 1105 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 40000 4000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 4 | Новосибирск | NVS | НСК | 10.11.1965 | 54.8406 | 83.2344 | 200 | СКМ-3 СКМ-3* СКД | N, E, Z E N, E, Z | 50000 5000 1200 | 0.25–1.3 0.25–1.3 0.20–18 |
| 5 | Верх-База | VEN | В-Б | 05.03.1967 | 53.2500 | 90.3200 | 1200 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 40000 4000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 6 | Тээли | TEL | ТЭЛ | 01.10.1971 | 51.0200 | 90.2000 | 980 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 50000 5000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 7 | Тюнгур** (закрыта в ноябре 1993 г.) | TUNR | ТНГ | 01.01.1981 восстановл. 01.08.1998 | 50.1600 | 86.3300 | 400 | Байкал-11 | Z N E | 1.4·10 ⁹ 1.7·10 ⁹ 2.6·10 ⁹ | 0.30–20 0.30–20 0.30–20 |
| 8 | Артыбаш | ART | АРТ | 22.06.1981 | 51.7980 | 87.2810 | 550 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 50000 5000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 9 | Акташ | AKAR | АКТ | 01.01.1985 | 50.3251 | 87.6194 | 1380 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 40000 4000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 10 | Мина | MINR | МИН | 29.07.1985 | 54.9000 | 94.2000 | 510 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 50000 5000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |

| № | Станция | | | Дата открытия | Координаты | | | Аппаратура | | | |
|----|-------------|-------|------|---------------|--------------------|--------------------|----------|-----------------|--------------|--|----------------------|
| | Название | Код | | | φ°, N | λ°, E | h_y, m | Тип прибора | Комп- нента | $V_{max}/$ чувствит-сть велосиграфа-отсчет/(м/с) | $\Delta T_{max}, c$ |
| | | межд. | рег. | | | | | | | | |
| 11 | Таштагол | TASR | ТШТ | 01.09.1988 | 52.7600 | 87.8800 | 530 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 15000 1000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 12 | Черемушки | CERR | ЧЕР | 05.09.1990 | 52.8540 | 91.4150 | 400 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 50000 5000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 13 | Джой | DJO | ДЖ | 24.10.1990 | 52.7800 | 91.2200 | 600 | СКМ-3 | N, E, Z | 50000 | 0.25–1.3 |
| 14 | Арадан | ARDR | АРД | 06.06.1992 | 52.5800 | 93.4283 | 958 | СКМ-3 | N, E, Z | 60000 | 0.25–1.3 |
| 15 | Тоджа | TDJR | ТДЖ | 27.07.1980 | 52.4527 | 96.0931 | 1000 | СКМ-3 СКМ-3* | N, E, Z E | 50000 5000 | 0.25–1.3 0.25–1.3 |
| 16 | Берчикуль** | BRCR | БРЧ | 01.09.1998 | 55.6400 | 88.3200 | 350 | Байкал-11 | N, E, Z | $1.0 \cdot 10^9$ | 0.30–10 |

Примечание. Знаками * и ** помечены каналы КПЧ и цифровые станции соответственно; для станций «Арадан», «Новосибирск», «Тоджа» даны новые (относительно [1]) замеры координат по данным GPS.

Станция «Берчикуль» установлена на севере Кузнецкого Алатау в зоне концентрации большого числа горнодобывающих предприятий. Поскольку она начала запись сейсмических событий лишь с 1 сентября, то при расчете годовой карты энергетической представительности землетрясений не учитывалась. Поэтому эта станция попала в «провал» изолинии $K_{min}=7$, но ее появление, безусловно, изменит ситуацию на этом участке карты K_{min} – «провал», возможно, исчезнет. Станция установлена на коренных породах недалеко от берега оз. Берчикуль. В окрестностях станции нет промышленных предприятий, и, следовательно, низок уровень сейсмических шумов. В настоящее время число промышленных взрывов на территории Кузнецкой впадины существенно превышает число землетрясений. В то же время в южной части Кузбасса нередко происходят ощутимые землетрясения, вызвавшие в некоторых случаях сотрясения поверхности интенсивностью до 7 баллов [4]. В решении проблемы распознавания промышленных взрывов и землетрясений эта цифровая станция будет играть значительную роль. С ней связываются надежды на повышение достоверности выделения слабых землетрясений на территории Кузбасса из общего числа зарегистрированных событий.

Станция «Тюнгур» располагается в центре Алтая, недалеко от горы Белуха, самой высокой (4506 м) на Алтае. Возобновление работы этой станции будет способствовать более точной локализации землетрясений в Горном Алтае.

Результаты расчета энергетической представительности землетрясений, регистрируемых описанной сетью сейсмических станций (табл. 1), изображены на рис. 1. Как видим, события на уровне $K_{min}=7$ обрабатываются без пропусков на большей части центральных участков региона. Не представительны события 7-го энергетического класса для структур Восточного Саяна, Кузнецкого Алатау, западной части Бийско-Барнаульской впадины и на локальных участках Бусингольской впадины и хр. Сенгилен. Землетрясения 8-го класса представительны практически для всей территории, за исключением юго-западного угла, охватывающего северные части территории Казахстана и Монголии. На самом деле и здесь ситуация реально может быть лучше, поскольку расчет представительности и ошибок в локации событий в этой зоне проведен без учета наличия здесь станций Казахстана, в то время как станции Монголии и Байкала в расчет включены. Отмеченный факт связан с тем, что не налажен обмен данными с сейсмологическими организациями Казахстана, и каталог за 1998 г. построен без данных сети станций Казахстана.

Карты K_{min} и погрешности определения координат строились на основе исследований, проведенных в работе [5]. Наименьшая ошибка локализации сейсмических событий, равная $\delta=\pm 4$ км, получена для части территории Западного Саяна и для большей части Тувинской котловины (рис. 2). Для центральной части региона ошибки не превышают 5 км. В зону ошибок, равных $\delta=\pm 10$ км, попадает весь Восточный Саян и большая часть Горного Алтая. Низкая точность определения координат эпицентров получена по северу Алтае-Саянского региона.

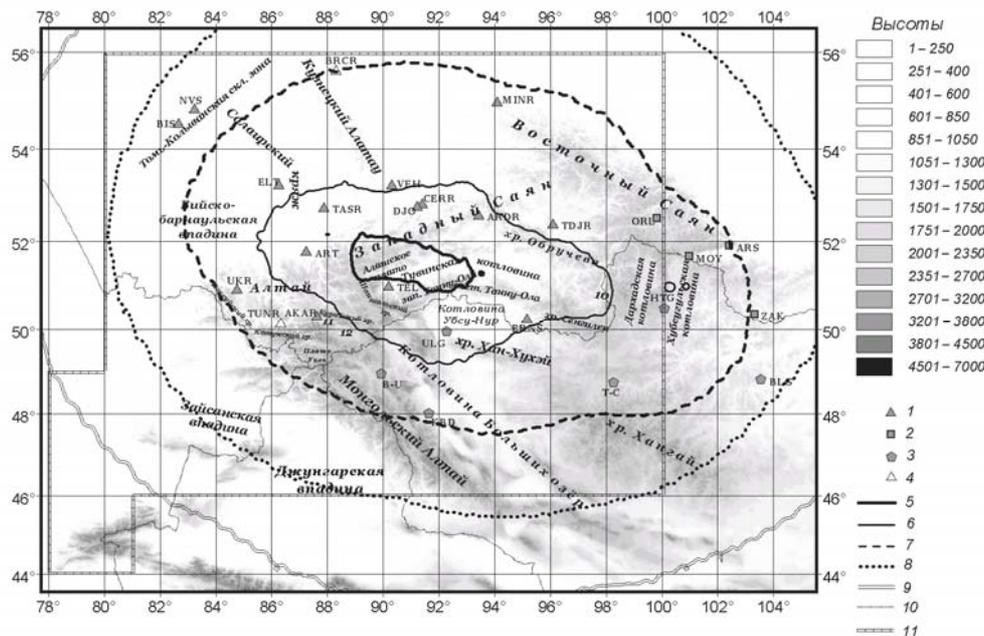


Рис. 1. Карта энергетической представительности K_{min} землетрясений Алтая и Саян за 1998 г.

1–4 – сейсмическая станция АСОМСЭ (Алтае-Саянской опытно-методической сейсмологической экспедиции ГС СО РАН), БОМСЭ (Байкальской опытно-методической сейсмологической экспедиции ГС СО РАН), Монголии и Казахстана соответственно; 5–9 – изолиния $K_{min}=5, 6, 7, 8$ и 9 соответственно; 10 – государственная граница; 11 – граница каталога АСОМСЭ.

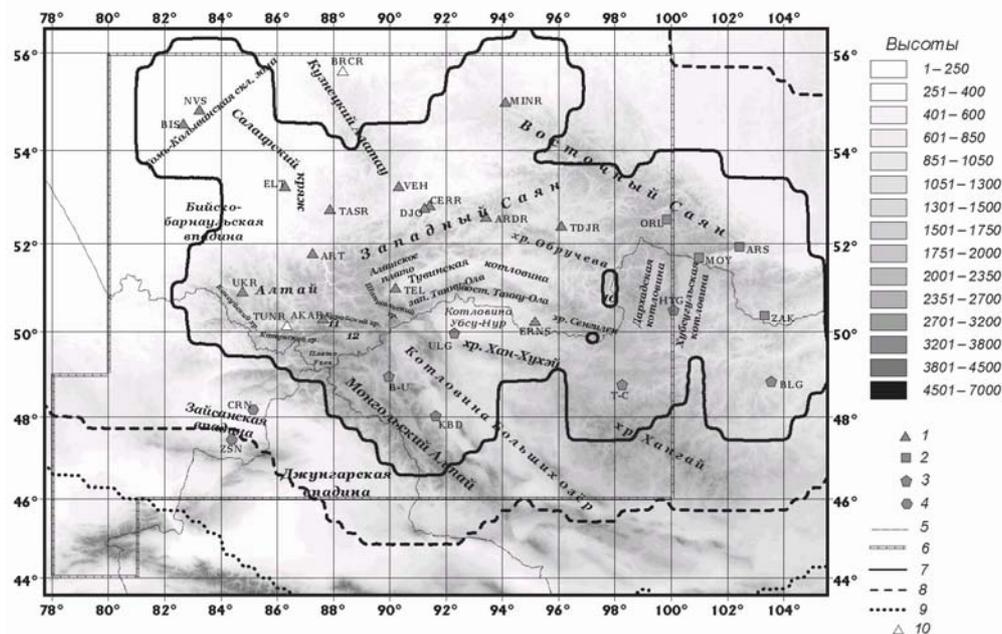


Рис. 2. Погрешность локализации эпицентров землетрясений в 1998 г. (на примере землетрясений с $K_p=9$)

1–4 – сейсмическая станция АСОМСЭ, БОМСЭ, Монголии и Казахстана соответственно; 5 – государственная граница; 6 – граница каталога АСОМСЭ; 7–9 – погрешность, равная 5, 10 и 50 км соответственно; 10 – сейсмическая станция «Берчикуль». Цифры: 10, 11, 12 на карте обозначают Бусингольскую, Курайскую и Чуйскую впадины соответственно.

Методика сводной обработки записей землетрясений региона осталась прежней [6]. Основу классификации землетрясений по энергии составляет энергетический класс K_p , определяемый по номограмме Т.Г. Раутиан [7]. Параллельно определяется магнитуда M_s по кодаволнам с использованием региональной шкалы [3]. Всего в 1998 г. определены координаты 1354 землетрясений с $K_p=4.0-12.2$ и 611 промышленных взрывов с $K_p=3.0-10.0$. Число зареги-

стрированных взрывов значительно больше, но обрабатывались в основном наиболее сильные взрывы с $K_p \geq 8.6$, в то время как более слабые – только выборочно. На карте эпицентров (рис. 3), как и в 1997 г., приведены уверенно интерпретируемые землетрясения. В каталоге [8] дано 150 землетрясений с $K_p \geq 8.6$, распределение которых по энергетическим классам показано в табл. 2.

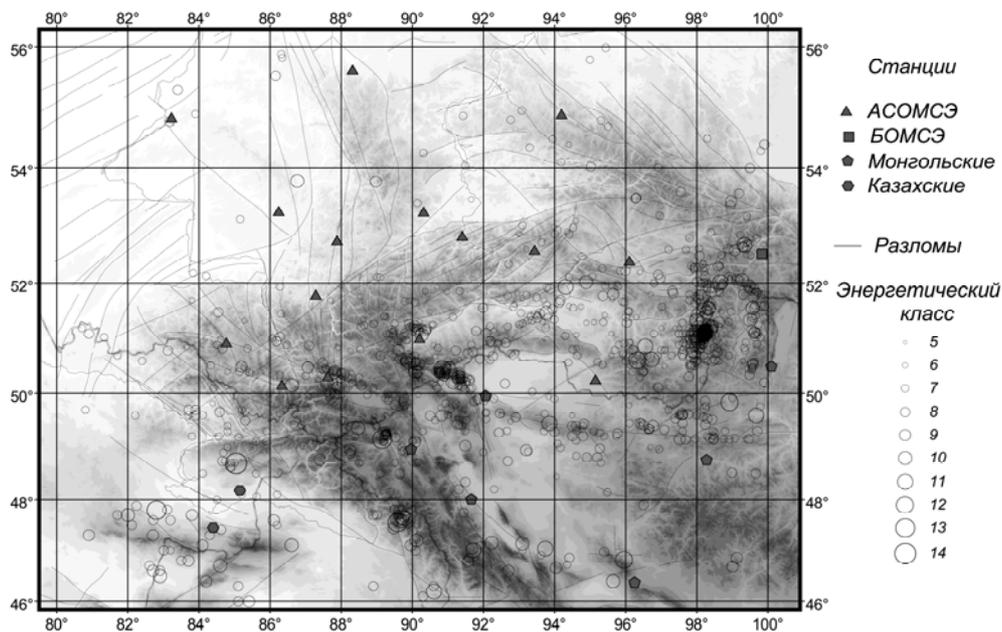


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Алтая и Саян за 1998 г.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений региона по энергетическим классам K_p

| K_p | 4–6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | $\Sigma E \cdot 10^{13}$, Дж |
|-------|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|-------------------------------|
| N | 252 | 693 | 276 | 84 | 45 | 14 | 3 | 3 | 1 | 7.5050 |

Все сильные землетрясения с $K_p \div 13-14$, произошедшие в 1998 г., локализованы южнее государственных границ России (рис. 3). К ним относятся четыре землетрясения: 22 января в 16^h05^m с $K_p=13.6$, $MS=4.7$; 12 июля в 07^h16^m с $K_p=13.3$, $MS=4.5$; 21 ноября в 16^h59^m с $K_p=12.7$, $Ms=5.1$; 25 ноября в 02^h37^m с $K_p=12.7$, $Ms=4.8$ [8]. Наиболее сильное из них с $K_p=13.6$ приурочено к очаговой зоне Зайсанского землетрясения 14.06.1990 г. [9]. Юго-западнее эпицентра этого толчка, также в районе оз. Зайсан, находится эпицентр одного из трех землетрясений с $K \div 13$, отмеченный 12 июля. Для него имеется решение механизма очага по данным Гарварда [10], согласно которому движение в его очаге произошло под действием превалирующих растягивающих напряжений близширотного простирания. Тип движения по нодальной плоскости $NP1$, имеющей юго-восточное простирание, представлено правосторонним сдвигом, по плоскости $NP2$ северо-восточного простирания – левосторонний сдвиг (рис. 4). Остальные два толчка, 21 и 25 ноября с $K_p=12.7$, произошли в системе Монгольского Алтая. Для первого из них также есть решение механизма очага [10]. Движение в очаге произошло под действием превалирующих напряжений сжатия северо-восточного простирания. Тип движения – взброс по крутопадающей нодальной плоскости $NP2$ и надвиг – по пологой плоскости $NP1$. Из рассмотрения карты на рис. 3 следует, что перечисленные выше четыре наиболее сильных землетрясения 1998 г., обрамляют с севера как бы по дуге Джунгарскую котловину (рис. 2).

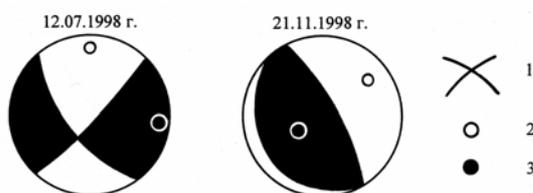


Рис. 4. Механизмы очагов землетрясений 12 июля в 07^h16^m с $K_p=13.3$ и 21 ноября в 16^h59^m с $K_p=12.7$

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области сжатия.

В целом сейсмичность региона за год укладывается в рамки развитых в работе [11] представлений о процессах разрушения среды при столкновении блоков земной коры, различающихся по прочности, какими являются впадины и горные хребты.

Сформулируем исходные позиции при анализе годовой сейсмичности:

– сейсмические события за год анализируются совместно с данными о рельефе местности и об активных разломах;

– принимается предположение, что один год является интервалом, за который геологические структуры с наиболее быстротечными тектоническими процессами проявляют себя в сейсмичности как ярко выраженные зоны;

– сейсмичность за рассматриваемый год сравнивается с предыдущими годовыми периодами с двух позиций: устойчивость сейсмического процесса во времени, индивидуальность.

С использованием принятого для анализа сейсмичности подхода было показано [11], что для Алтае-Саянской горной области характерными являются быстротечные тектонические процессы в горном обрамлении впадин. Горные хребты являются более деформированными, менее прочными блоками, чем впадины, и при их столкновении сейсмический процесс, сопровождающий разрушение горных пород, концентрируется в горном обрамлении впадин. Приуроченность сильных землетрясений к горному обрамлению микроплит отмечается также в более крупном масштабе для Центральной Азии, для которой в качестве микроплит рассматриваются докембрийские микроконтиненты (Таримский, Иссык-Кульский, Джунгарский, Тувино-Монгольский и др.), а как обрамление – целые горные системы, такие как Алтай, Тянь-Шань и т.п. [12]. Микроплиты рассматриваются как жесткие структуры в мягком матриксе складчатых зон. Процесс коллизии Индостан–Евразия ведет к движению и деформации блочной структуры, в которой микроплиты, «словно прибитые гвоздями», тормозят это движение, и идет смятие и разрушение надвигающихся на них горных систем.

В Алтае-Саянской горной области сейсмичность концентрируется в горном обрамлении впадин и котловин [11] (впадины – Джунгарская, Чуйская, Курайская, Бусингольская, Белинского; котловины – Тувинская, Убсу-Нур, Больших озер и др.). Отмечаются общие закономерности концентрации землетрясений в горном обрамлении впадин разных масштабных уровней. Именно горному обрамлению Джунгарской впадины принадлежат данные выше крупнейшие землетрясения 1998 г.: одно с $K_p \div 14$ и три – с $K_p \div 13$.

Ярко проявляет себя повышенной плотностью эпицентров западное горное обрамление Тувинской котловины. Эпицентры землетрясений сосредоточены здесь в основном в Шапшальском хребте и Алашском плато, образуя вокруг западного окончания Тувинской котловины изогнутую дугу. Центральную часть Тувинской котловины пересекает линейная цепь эпицентров землетрясений. Сейсмичность этой линейной зоны постоянна из года в год [11]. Несколько меньшая плотность эпицентров отмечается в цепочках землетрясений, которые выделяются в горном обрамлении Тувинской котловины с запада и севера. Заметим, однако, что в 1997 г. [1] сейсмичность западного обрамления Тувинской котловины была более слабой.

В 1998 г. отмечается повышенная плотность эпицентров в западном обрамлении котловины Убсу-Нур (рис. 2, 3), где, в частности, 15.05.1970 г. в 17^h13^m произошло сильное ($M=7$, $I_0=8.5$ баллов) Урег-Нурское землетрясение [13]. В очаговой зоне этого землетрясения давно закончился афтершоковый процесс, но даже без этого фоновый уровень сейсмичности данного участка всегда существенно выше уровня сейсмичности сопредельных территорий [11]. Для обеих котловин, Тувинской и Убсу-Нур, повышенная сейсмичность западных горных обрамлений является нормальной, наблюдающейся уже на протяжении ряда лет.

На южной окраине Алтае-Саянского региона сейсмичность приурочена к сложной системе разломов, проходящей по хр. Хан-Хухей, с которой в частности связано сильнейшее 10-балльное Болнайское землетрясение 23.07.1905 г. с $M=8.2$ [14]. Южнее рассматриваемой зоны расположена котловина Больших озер. В зоне разлома Хан-Хухей в 1998 г. наиболее сильное событие с $K=11.9$ отмечено 13 декабря в 09^h04^m [8]. Оно произошло на северном окончании одного из крупнейших опережающих разломов к югу от Дархатской котловины.

Примечательна в 1998 г. серия землетрясений южнее котловины Больших озер, эпицентры которых как бы ограничивают с юга всю впадину. В целом для данной котловины эпицентры

тры землетрясений концентрируется в ближайшем ее горном обрамлении с тем отличием, что картина такого их распределения выражена менее четко, чем для северных впадин. Сейсмотектонический процесс в окрестностях этой котловины, по-видимому, более медленный, чем в окрестности котловин Тувинской и Убсу-Нурской, но повышенная плотность эпицентров наблюдается в горных обрамлениях котловины.

На востоке Алтае-Саянская горная область соприкасается со структурами Байкальской рифтовой зоны. Эти два региона характеризуются разной динамикой сейсмического процесса. Для Байкальской рифтовой зоны эпицентры землетрясений концентрируются внутри впадин. Механизм формирования растягивающих напряжений внутри рифтовых впадин определяется во многом состоянием мантийного вещества под рифтовыми зонами.

Граница этих двух регионов, разных по характеру проявления сейсмичности, приходится на три параллельные впадины – Бусингольскую, Дархатскую и впадину оз. Хубсугул. Самая широкая из них Хубсугульская, более узкая – Дархатская и весьма узкой выглядит Бусингольская впадина. Первая из них здесь не рассматривается, т. к. она лежит вне границ региона Алтай и Саяны. В Дархатской впадине эпицентры проходят цепью через ее центральную часть. Источником сейсмического процесса здесь является рифтогенез. Бусингольская впадина отличается максимальной сейсмической активностью в регионе на протяжении многих лет.

Чтобы понять сейсмическую ситуацию в зоне Бусингольской впадины, воспользуемся результатом из работы [11], демонстрирующим динамику развития сейсмической активизации рассматриваемой структуры. Зоны разломов, проходящие от Восточного Саяна через впадину Белинского и затем через Бусингольскую впадину, сопровождаются линейной зоной повышенной плотности эпицентров. На рис. 5 дан пространственно-временной график сейсмического режима [15] рассматриваемой зоны за 1963–1998 гг., построенный путем проектирования эпицентров землетрясений с площади шириной 50 км. Как видим, на этом графике выделяются две вертикальные полосы повышенной плотности эпицентров, соответствующие в пространстве Бусингольской впадине (справа) и впадине Белинского. Сейсмичность Бусингольской впадины значительно выше в течение всего периода, особенно с момента реализации Бусингольского землетрясения 27.12.1991 г. ($t_0=09^h09^m$, $M=6.5$, $K_p=16.2$ [16]). При этом наблюдается пульсирующий режим активизации.

На рис. 6 представлена карта эпицентров землетрясений в 1998 г. в более крупном масштабе, позволяющем рассмотреть сейсмический процесс в области соприкосновения Байкальской рифтовой зоны с Алтае-Саянской горной областью более детально. Эпицентры землетрясений ложатся как внутрь Бусингольской впадины, так и в ее горное обрамление. В Дархатской впадине эпицентры землетрясений расположены не только внутри нее, но и севернее или южнее. Горное обрамление впадины с востока и с запада асейсмично. Очаг Бусингольского землетрясения и большая часть эпицентров его афтершоков приурочены к восточному горному обрамлению Бусингольской впадины. Похоже выглядит распределение сейсмичности во впадине Белинского. Для этой впадины также наблюдаются сейсмические события как внутри впадины, так и в горном обрамлении, особенно с восточной стороны. Вернувшись к рассмотрению рис. 5, можно отметить, что динамика развития сейсмического режима данных структур сходна. До Бусингольского землетрясения неоднократно отмечалась одно-временная сейсмическая активизация этих двух впадин по всей длине. Особенно сильная линейная активизация наблюдалась в 1976 г. (рис. 5). Все подобные одновременные активизации всей структуры быстро затухали в течение первых месяцев. Аналогичные проявления линейной активизации видны и для впадины Белинского. Наиболее крупная из них – в 1975 г., более близкая по времени – в 1993 г. Сходство в сейсмическом режиме двух впадин наводит на мысль, что только в этой впадине возможно в будущем возникновение землетрясения, подобного Бусингольскому.

В 1998 г. во впадине Белинского максимальным было землетрясение, произошедшее 15 января в 12^h01^m с $K_p=10.7$. Для Бусингольской впадины было характерно возникновение большого числа слабых сейсмических толчков, особенно в восточном горном обрамлении впадины (рис. 6). Именно здесь располагался эпицентр Бусингольского землетрясения 27.12.1991 г. [16].

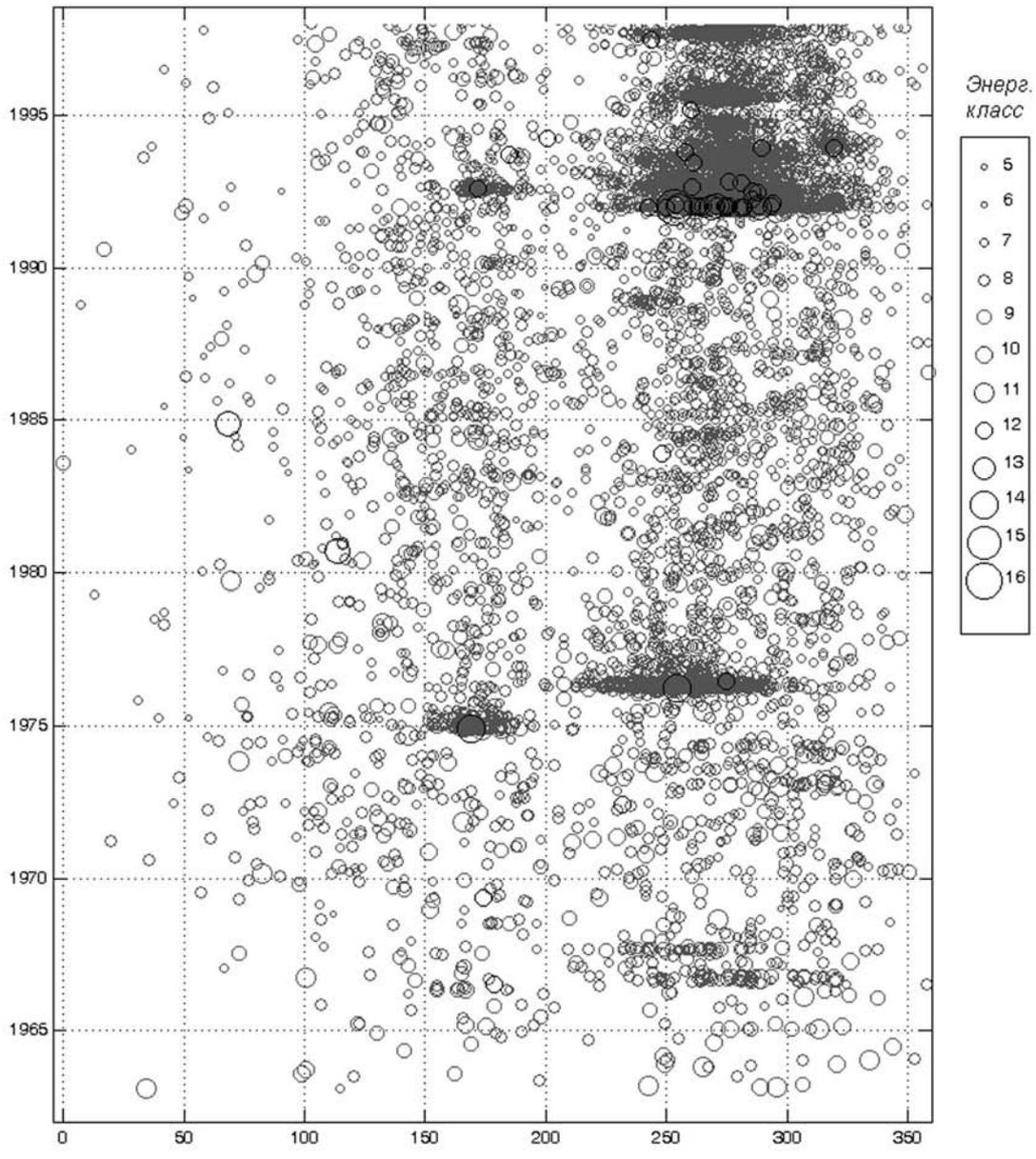


Рис. 5. Пространственно-временной график сейсмического режима за 1963–1998 гг. линейной структуры «Восточный Саян – впадина Белинского – Бусингольская впадина»

Попробуем детальнее рассмотреть особенности развития Бусингольской сейсмической активизации. На рис. 6 в виде квадрата отмечена область, ограничивающая зону анализа событий бусингольской активизации в восточном горном обрамлении впадины и в самой впадине, так как западное горное обрамление практически не активно. По центру квадрата проведена ломаная линия, разделяющая его на две части. События в восточной части квадрата были отнесены к горному обрамлению, в западной – к впадине. Для этих двух частей построена развертка во времени высвобожденной в очагах сейсмической энергии (рис. 7). Представленные графики освещают динамику развития разрядки напряжений в системе «впадина-горное обрамление». В частности, из рис. 7 видно, что сейсмическая активизация 1976 г. принадлежит исключительно самой впадине. В момент Бусингольского землетрясения активизировались разломные структуры как горного обрамления, так и впадины, но главный толчок локализован в горном обрамлении, а активность сейсмической впадины была значительно меньше активности обрамления. Далее со временем наблюдается чередующаяся активизация то впадины, то горного обрамления. Такое развитие сейсмической активизации оказалось возможным только на границе двух регионов с принципиально разными закономерностями в проявлении сейсмичности.

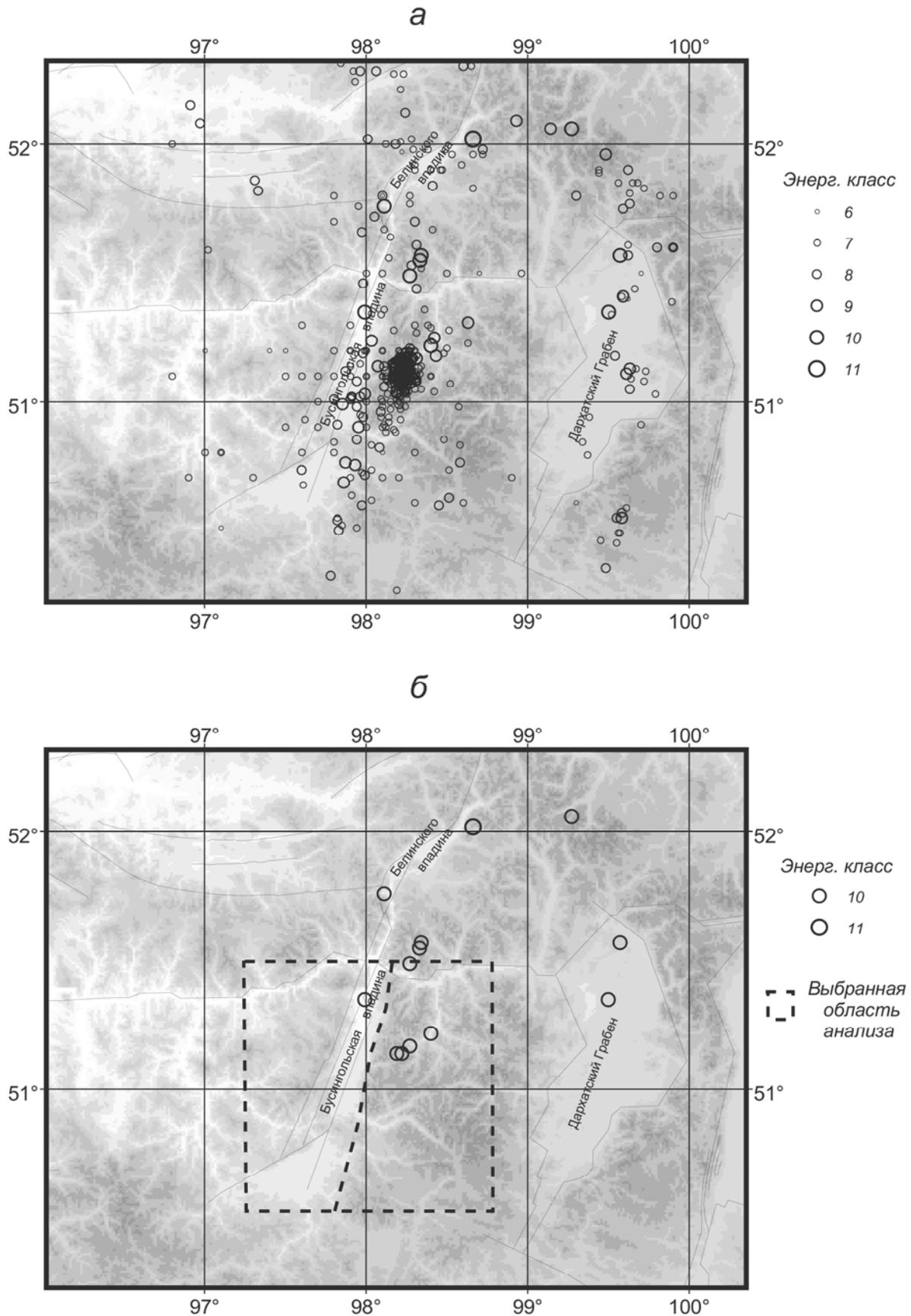


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений для двух впадин, Беллинского и Бусингольской, с $K_p=6-11$ (а) и $K_p=10-11$ (б) за 1998 г.

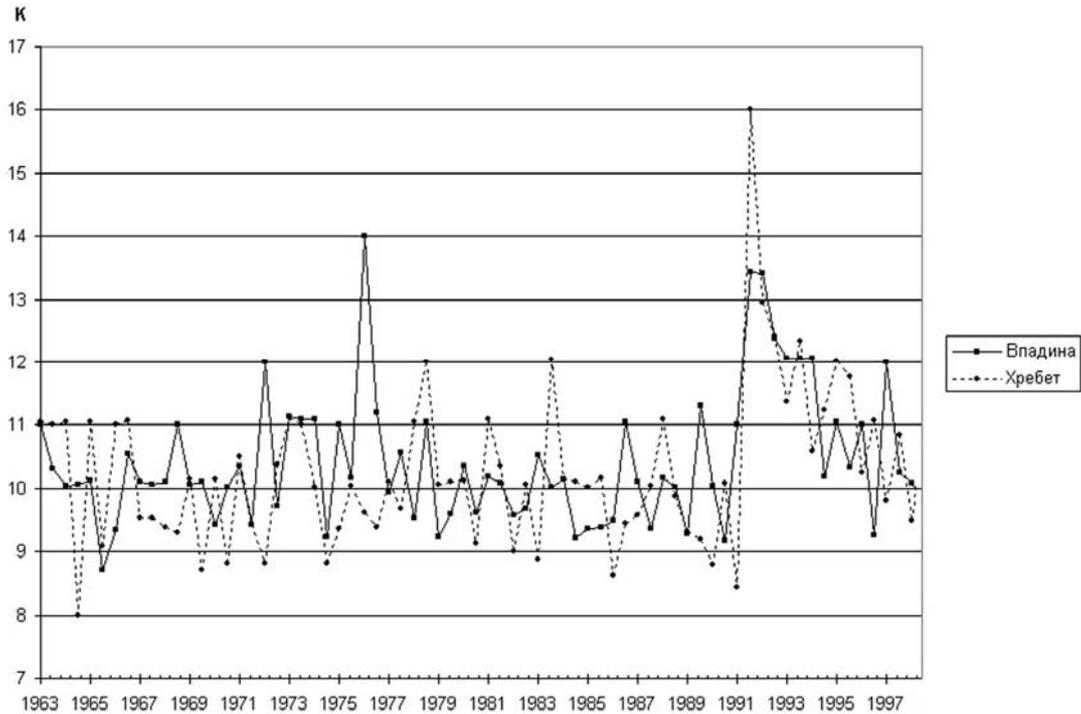


Рис. 7. График изменения во времени логарифма выделенной сейсмической энергии ($K = \lg \Sigma E$, Дж) в процессе бусингольской активизации (энергия считалась за периоды в $\frac{1}{2}$ года в заданном квадрате)

Подводя итог анализу сейсмичности Алтае-Саянской горной области в 1998 г., следует отметить, что наиболее крупные землетрясения года локализованы по дуге, окаймляющей Джунгарскую впадину. Ярко выраженное повышение плотности эпицентров наблюдается в горных обрамлениях котловин и впадин. В центральной части Алтая более активно горное обрамление Курайской впадины, несколько менее активно – Чуйской. Особенно активны западные обрамления Тувинской котловины и котловины Убсу-Нур. Редкая цепь землетрясений охватила горное обрамление котловины Больших озер, которая сама обычно малоактивна. Но в 1998 г. эта котловина демонстрирует повышенную сейсмическую активность.

На восточном фланге региона располагаются геологические структуры, сейсмичность которых формируется под влиянием Байкальской рифтовой зоны. Бусингольская впадина является пограничной структурой между крупными регионами с различными типами источников сейсмической энергии, в силу чего для нее характерно развитие сейсмического процесса как внутри впадины, так и в горном обрамлении. Она является зоной уникальной сейсмической активизации, начало которой положено Бусингольским землетрясением 1991 г. Уникальность выражается в длительности афтершокового процесса и в его пульсирующем характере.

Л и т е р а т у р а

1. **Еманов А.Ф., Филина А.Г., Еманов А.А., Фатеев А.В., Кабаник А.В., Ярыгина М.А.** Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФОП, 2003. – С. 92–97.
2. **Семибаламут В.М., Рыбушкин А.Ю.** Комплекс автономных регистраторов сейсмических сигналов высокого разрешения // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции в Новосибирске 15–19 сентября 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 420–428.
3. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: НИИ-Природа, 1999. – С. 65–68.
4. **Жалковский Н.Д., Мучная В.И.** Каталог сильных землетрясений Алтае-Саянской области ($K > 12$, $M > 4.5$). – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1975. – С. 15–27.

5. **Фатеев А.В., Филина А.Г., Кабанник А.В.** Представительность и точность определения параметров эпицентров в АСОМСЭ СО РАН // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции в Новосибирске 15–19 сентября 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 145–152.
6. **Филина А.Г.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: Геоинформмарк, 1997. – С. 59–62.
7. **Раутиан Т.Г.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; №32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
8. **Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Фатеев А.В. (отв. сост.), Манушина О.А., Подлипская Л.А., Данциг Л.Г., Слепенкова Э.А.** Алтай и Саяны (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
9. **Нурмагамбетов А., Садыков А., Тимуш А.В., Хайдаров М.С., Власова А.А., Михайлова Н.Н., Сабитов М.М., Умирзакова А., Гапич В.А.** Зайсанское землетрясение 14 июня 1990 г. // Землетрясения в СССР в 1990 г. – М.: Наука, 1996. – С. 54–60.
10. **Михайлова Р.С. (сост.).** Алтай и Саяны (См. раздел V (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
11. **Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Кунгурцев Л.В., Лескова Е.В., Шейкина Ж.В., Ярыгина М.А.** Пространственно-временной анализ сейсмичности Алтае-Саянской складчатой зоны // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия: Материалы международной геофизической конференции в Новосибирске 15–19 сентября 2003 г. – Новосибирск: СО РАН, 2003. – С. 420–428.
12. **Буслов М.М., Добрецов Н.Л.** Пульсационная модель проявления деформаций земной коры Центральной Азии: роль структуры основания и плюмов // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Тр. Всероссийского совещания в г. Иркутске 26–29 августа 2003 г. – Новосибирск: СО РАН (филиал «Гео»), 2003. – С. 23–25.
13. **Филина А.Г., Цибульчик И.Д., Хайдуков В.Г., Щеглов В.И.** Землетрясения Алтая и Саян // Землетрясения в СССР в 1970 году. – М.: Наука, 1973. – С. 118–123.
14. **Жалковский Н.Д., Шебалин Н.В. (отв. сост.), Ляхова Н.Г., Мучная В.В.** IV. Алтай и Саяны [1734–1974 гг.; $M \geq 4.5$; $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 297–314.
15. **Ризниченко Ю.В.** Изучение хода сейсмического режима во времени // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; №9(176)). – М.: АН СССР, 1960. – С. 232–238.
16. **Филина А.Г. (отв. сост.), Пугачева В.Н., Манушина О.А., Слепенкова Э.А., Ибрагимов Г.Г.** Алтай и Саяны (региональный каталог) // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: Наука, 1997. – С. 138–142.