

О ПОПОЛНЕНИИ И КОРРЕКТИРОВКЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ КАТАЛОГОВ

В.И. Левина, Р.С. Михайлова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, vlr.levina@gmail.com

Публикация в одном издании каталогов землетрясений из разных регионов и территорий Северной Евразии сталкивается с практической необходимостью их пополнения некоторыми новыми параметрами, с одной стороны, и пополнения новыми землетрясениями или решениями механизмов очагов – с другой. Есть и третье направление, связанное с корректировкой международных сводок по уточненным данным из регионов.

Так, начиная с выпуска 1993 г. [1], *ред.* Сборника добавляет во все каталоги магнитуды M_S и M_{PSP} по поверхностным и объемным волнам из Сейсмологического бюллетеня ГС РАН (MOS) [2]. С 1996 г. [3] этот набор был дополнен магнитудами M_s и m_b из бюллетеней Международного сейсмологического центра (ISC) [4], а также моментной магнитудой M_w и сейсмическим моментом M_0 сначала только Гарварда (HRVD), а затем и других агентств – MOS, NEIC, ZUR, MED, NIED (расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к наст. сб.). Основными из них являются магнитуды по поверхностным волнам M_S , M_s и моментная магнитуда M_w , как наиболее устойчивые, с небольшим разбросом станционных данных. Другие типы магнитуд, преимущественно локальные, добавляются *ред.* лишь в некоторые территориальные каталоги.

В дальнейших изданиях сборника процедура дополнений в *ред.* была расширена за счет включения в некоторые региональные каталоги новых землетрясений и механизмов их очагов, как из международных сводок, так и из каталогов землетрясений соседних территорий. В основном это было вызвано ухудшением системы наблюдений в ряде регионов и территорий. Так в Грузии из 42 станций в 1990 г. [5] осталось 8 станций в 2002 г. [6], из которых только в Тбилиси писались три компонента, на остальных – одна, и были везде отключения электричества. В Таджикистане из 47 станций в 1990 г. [5] осталось 14 станций в 2006 г. [7], причем непрерывная регистрация была лишь в Душанбе, на остальных имелись существенные перерывы регистрации. В Курило-Охотском регионе, самом активном в Северной Евразии, уже много лет, с 1997 г. [8], работают только три аналоговые станции – «Курильск», «Северо-Курильск» и «Южно-Курильск».

Некоторые дополнительные трудности возникают в регионах, таких, как Камчатка, Курилы, где нет возможности создать сеть, окружающую эпицентры, и поэтому наблюдается систематическое смещение региональных эпицентров относительно публикуемых в ISC [9–11]. Кроме того, некоторые каталоги не обладают достаточной полнотой на том уровне представительности, которая определяется существующей региональной сетью.

Энергетические оценки землетрясений, существующие в регионах, неоднородны. В принципе, необходимы поиски и исследования в направлении создания единого каталога землетрясений Северной Евразии, что предполагает обязательным элементом ревизию всех используемых в регионах уравнений связи между разными оценками величины одних и тех же землетрясений и установление новых формул или подтверждение прежних на существенно возросших объемах исходных данных.

Даже из этого неполного перечня видна множественность проблем с каталогами, решать которые целесообразно по частям применительно к конкретным регионам и периодам наблюдений. В данной статье рассматриваются некоторые частные проблемы в четырех регионах – Курило-Охотский, Сахалин, Алтай и Саяны, Прибайкалье и Забайкалье – по материалам наблюдений за 2006 г.

Курило-Охотский регион и Сахалин дополняются *ред.* новыми землетрясениями, начиная с 2002 г. [12]. Объемы дополнений землетрясений большие, особенно в Курило-Охотском регионе: $N_{\Sigma}=463$ в 2003 г. [13], 665 – в 2004 г. [14], 556 – в 2005 г. [15], 1661 – в

2006 г. [16]. В этом же регионе, при единичных ($N=6$ – в 2005 г. [17], $N=13$ – в 2006 г. [18]) региональных определениях механизмов очагов, объемы добавленных *ред.* решений исчисляются сотнями: 196 – в 2004 г. [19], 224 – в 2005 г. [20], 109 – в 2006 г. [21].

И если ранее они включались все, начиная с уровня $M_{JMA} \geq 3.0$, то в 2006 г. предпринята описанная ниже попытка их анализа с учетом региональных карт представительности M_{min} .

В региональном каталоге Сахалина [22] присутствует в 2006 г. 225 землетрясений со значениями расчетной по [23] магнитуды $M^p=0.6-5.9$. Как указано в [23], на большей части Сахалина представительными являются землетрясения с $K_{Cmin} \geq 8$ ($7.6 \leq K_C \leq 8.5$), т.е. пороговым значением расчетной магнитуды является $M^p_{min}=3.2$, и таких землетрясений в [22] – 72.

В каталог Курило-Охотского региона [24] включено в 2006 г. 1009 землетрясений с расчетной магнитудой [25] $M^p=2.5-8.0$. Как указано в [25], на большей части территории Курило-Охотского региона представительными являются землетрясения с $K_{Cmin} \geq 9$, а на территории Онекотан-Матуанского района (№ 2) и северо-восточной части Охотского моря (район № 8) без пропусков могут регистрироваться лишь события с $K_{Cmin} \geq 10$. Этим значениям K_{Cmin} соответствуют $M^p_{min}=3.7$ и $M^p_{min}=4.2$, соответствующие изолиниям $K_{Cmin}=9$ и $K_{Cmin}=10$ из [25]. Всего представительных землетрясений в каталоге Курило-Охотского региона [24] имеется 783. На рис. 1 а дана карта эпицентров представительных землетрясений Сахалина и Курило-Охотского региона в 2006 г.: 72 – для Сахалина, 783 – для Курил.

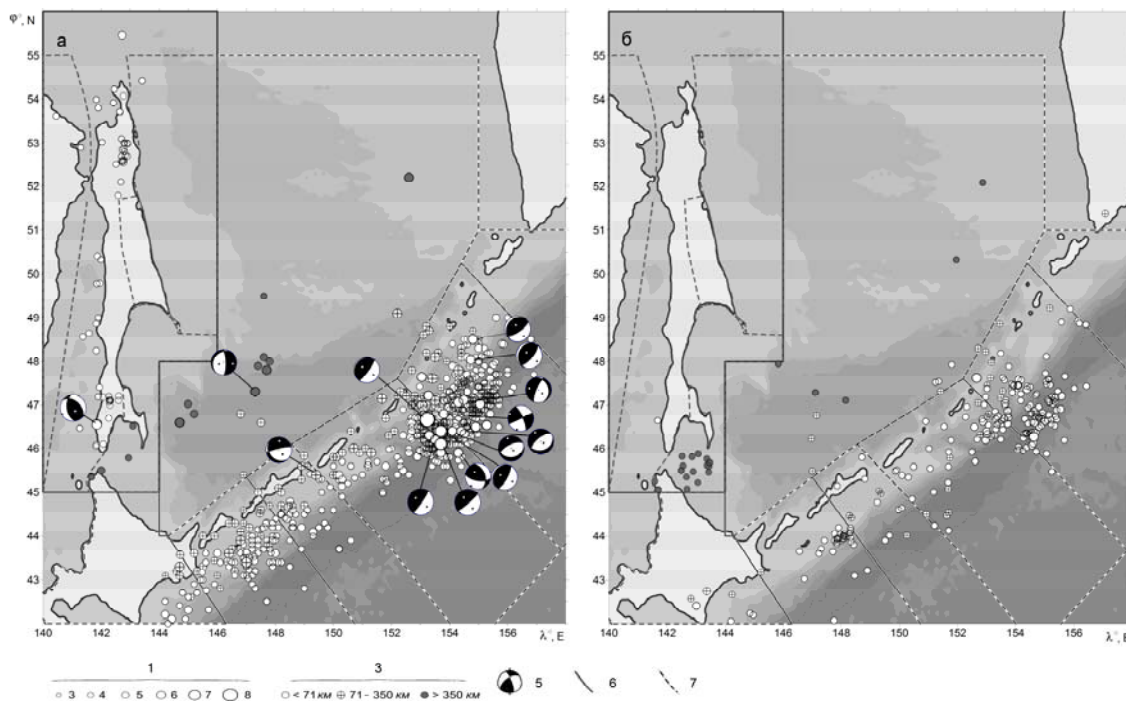


Рис. 1. Карта эпицентров представительных землетрясений из региональных (а) и мировых (б) каталогов территории Сахалина и Курил за 2006 г.

1, 2 – магнитуда; 3, 4 – глубина гипоцентра; 5 – стереограмма механизма очага по региональным данным; 6, 7 – граница региона и района соответственно.

Каталоги ISC [4] включают в себя данные различных мировых агентств, в том числе и российских (KRSC – Камчатка, SKHL – Сахалин и Курилы, ВУКЛ – Прибайкалье и Забайкалье). Для каждого землетрясения в каталоге ISC имеется набор магнитуд, получаемых различными агентствами. Строго говоря, должна быть проведена корреляция между региональными и имеющимися в ISC-каталоге магнитудами. Однако эта задача выходит за рамки предлагаемой работы, и поэтому для оценки представительной магнитуды на материале 2006 г. было установлено грубое соотношение расчетной региональной магнитуды M^p и магнитуды каталога ISC. Для региона Сахалин в качестве порогового значения представительной магнитуды было получено значение $M_{min}=3$. Для Курило-Охотского региона внутри изолинии $K_{Cmin}=9$ пороговая магнитуда $M_{min}=3.8$ (для землетрясений с $h \leq 80$ км) и $M_{min}=3.7$ ($h > 80$ км). Внутри изолинии $K_{Cmin}=10$ пороговая маг-

нитуда $M_{\min}=4.3$ (для землетрясений с $h \leq 80$ км) и $M_{\min}=3.9$ ($h > 80$ км). Исходя из полученных значений минимальных представительных магнитуд, оказалось, что в каталоге ISC к представительным можно отнести дополнительно 17 землетрясений из региона Сахалин [26], и лишь 258 (из 1661 в [16]) – из Курило-Охотского региона. Карта эпицентров дополнительных землетрясений представлена на рис. 1 б.

Сопоставив карты эпицентров, представленные на рис. 1 а и б, можно увидеть, например, что 16 пропущенных глубоких землетрясений Сахалина существенно меняют картину сейсмичности на юге Сахалина.

В Курило-Охотском регионе добавлено много землетрясений в области очага Симуширского землетрясения 15 ноября в $11^{\text{h}}14^{\text{m}}$. Пропуск афтершоков сильного землетрясения в региональном каталоге вполне оправдан, поскольку существующая сеть с аналоговой регистрацией не позволяет детально локализовать афтершоковый процесс из-за загруженности сейсмограмм. Тем не менее характеристики афтершокового процесса, по данным регионального каталога, искажены из-за неполного объема данных. В Кунаширо-Шикотанском районе на западном склоне Курило-Камчатского глубоководного желоба по дополнительным данным наблюдается сгущение эпицентров, не выделяемое на карте эпицентров, построенной по данным регионального каталога (рис. 1 а).

Обзор региональной сейсмичности включает в себя анализ напряжений, преобладающих в регионе в данный период времени. Анализ, как правило, проводится по данным региональных каталогов механизмов очагов, но, к сожалению, они часто бывают неполны. Так, в каталоге Сахалина [27] присутствует в 2006 г. лишь одно определение механизма очага, а в каталоге ISC *ред.* найдено [28] еще десять механизмов (рис. 2). Картина напряжений, наблюдаемых на юге Сахалина в 2006 г., по данным [28], довольно разнообразна. Очаг Горнозаводского землетрясения характеризовался взбросовым типом подвижки, аналогично региональному решению. На остальной территории наблюдались сдвиги с компонентами сброса и взброса.

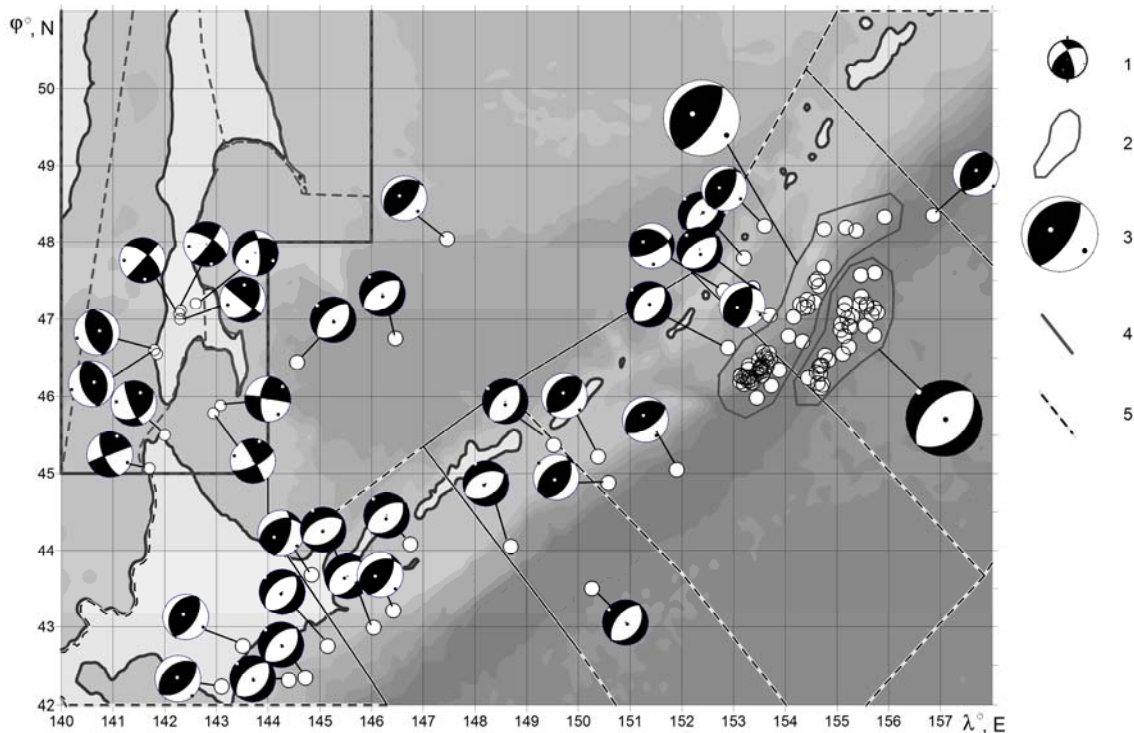


Рис. 2. Карта эпицентров и стереограммы механизмов очагов землетрясений из каталога ISC для регионов Сахалина и Курил за 2006 г.

1 – стереограмма механизма очага из каталога СМТ; 2 – область осреднения механизмов очагов; 3 – средний механизм очагов из обозначенной области, 4, 5 – граница региона и района соответственно.

В Курило-Охотском регионе [18] определены механизмы для 13 землетрясений, тогда как в каталоге ISC присутствует 109 определений агентством HRVD/GCMT, включенных для до-

полнения региональных [21] и еще 356 (не включенных) определений агентства NIED. На рис. 2 приведены стереограммы механизмов очагов, полученные в агентстве HRVD/GCMT. Для афтершоков Симуширского землетрясения 15 ноября 2006 г. приведены диаграммы средних механизмов очагов, располагающихся на западном и восточном склонах глубоководного желоба. На рис. 2 эти области выделены сплошными замкнутыми линиями. Судя по рис. 2, в очаговой области Симуширского землетрясения наблюдались разнонаправленные подвижки: для внешнего склона глубоководного желоба характерен сбросовый тип подвижки, в то время как внутренний склон находился под действием сжатия, направленного вкост простираения фокальной зоны. В очагах землетрясений, эпицентры которых располагаются на Средних Курилах, наблюдается в основном взбросовый тип подвижки, а вот для большинства очагов, локализованных на Южных Курилах, характерны сбросы. Плоскости подвижки во всех очагах Курильских землетрясений расположены субпараллельно простираению Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны.

Алтае-Саянский регион включен в настоящую статью по другой причине. В региональном каталоге [29] Алтае-Саянского региона в 2006 г. присутствует 1068 землетрясений с $K_p \geq 6.6$, а в каталоге ISC имеется еще 367 событий, попадающих в зону ответственности региональной сети. Из них 60 событий имеют представительный для всего региона $K_{NNC}=6.6$. Дополнительные события включены в каталог ISC по данным агентств NNC, IDC, MOS, NNC, NEIC. Среди 60 событий 56 определены только агентством NNC, а четыре имеют решения и других указанных выше агентств.

В качестве энергетической оценки представительных землетрясений каталога ISC был выбран класс агентства NNC – $K(NNC)$. Для набора идентичных событий ($N=88$), имеющих в обоих каталогах в 2006 г., была построена зависимость $K(NNC)$ от K_p (Алтай-Саяны) и рассчитана корреляционная зависимость классов (рис. 3). Как видно, энергетические классы в этих двух каталогах находятся в хорошем согласии, и в качестве порогового значения для дополнительных землетрясений можно принять значение $K(NNC)=6.6$.

Карты эпицентров землетрясений регионального каталога и дополнительных событий из каталога ISC представлены на рис. 4 а и б соответственно.

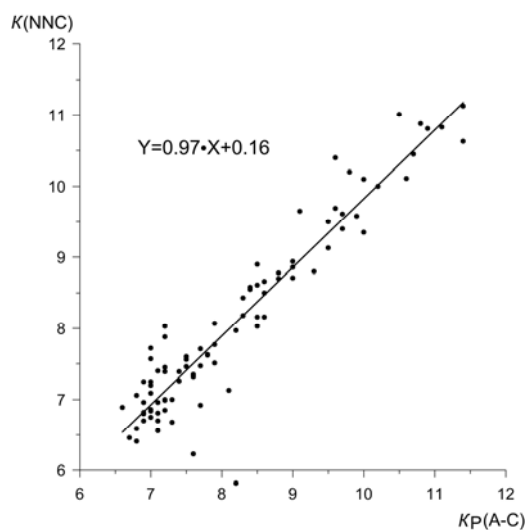


Рис. 3. Зависимость энергетических классов землетрясений агентства NNC от классов землетрясений в Алтае-Саянском региональном каталоге

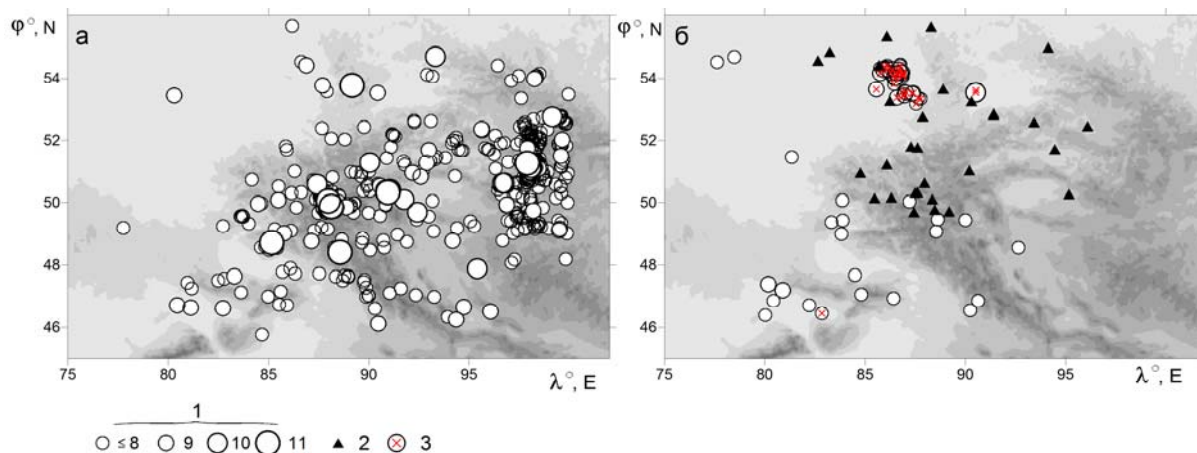


Рис. 4. Карты эпицентров землетрясений из регионального каталога Алтая-Саян за 2006 г. (а) и дополнительных событий из каталога ISC (б)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – эпицентр взрыва.

Как следует из рис. 4 б, половина дополнительных событий расположена внутри сети сейсмических станций региона, и маловероятно, что они пропущены в региональном каталоге. Скорее всего, эти сейсмические события не являются землетрясениями. По сведениям, полученным из Алтае-Саянского филиала (сообщение А.Г. Филиной), 35 событий, помеченные на рис. 4 б крестиком, идентифицированы как взрывы. Что касается событий, располагающихся на юго-западе и северо-востоке региона, то их природу следует уточнить и классифицировать либо как тектоническое землетрясение, либо как техногенное событие. Таким образом, каталог ISC на территории Алтае-Саянского региона засорен промышленными взрывами, и картина природной сейсмичности для него искажена. Соответственно, в бюллетенях ISC необходимо принять меры по корректировке числа землетрясений в регионе Алтай и Саяны за 2006 г.

Прибайкалье и Забайкалье рассматривается в настоящей статье по поводу публикации в [4] глубин гипоцентров для 63 землетрясений с $K_p > 8.6$, не включенных впоследствии в региональный каталог [30]. На рис. 5 даны карты эпицентров с известными **глубинами** гипоцентров в двух вариантах – землетрясений, для которых имеется глубина в [30] (рис. 5 а, б), и землетрясений, для которых имеется глубина в ISC (рис. 5 в, г), равно как и их глубинные разрезы по долготе. Крестиками выделены дополнительно те землетрясения с обозначенными глубинами как в региональном каталоге, так и в ISC. Из карт и разрезов следует, что ни те, ни другие пространственно не обособлены, но их не включили в региональный каталог [30] из-за сравнительно больших ошибок δh . Вывод из этого сопоставления идентичен предыдущему: точно так же необходимо принять меры по корректировке значений глубин гипоцентров землетрясений в 2006 г. из региона Прибайкалье и Забайкалье в [4].

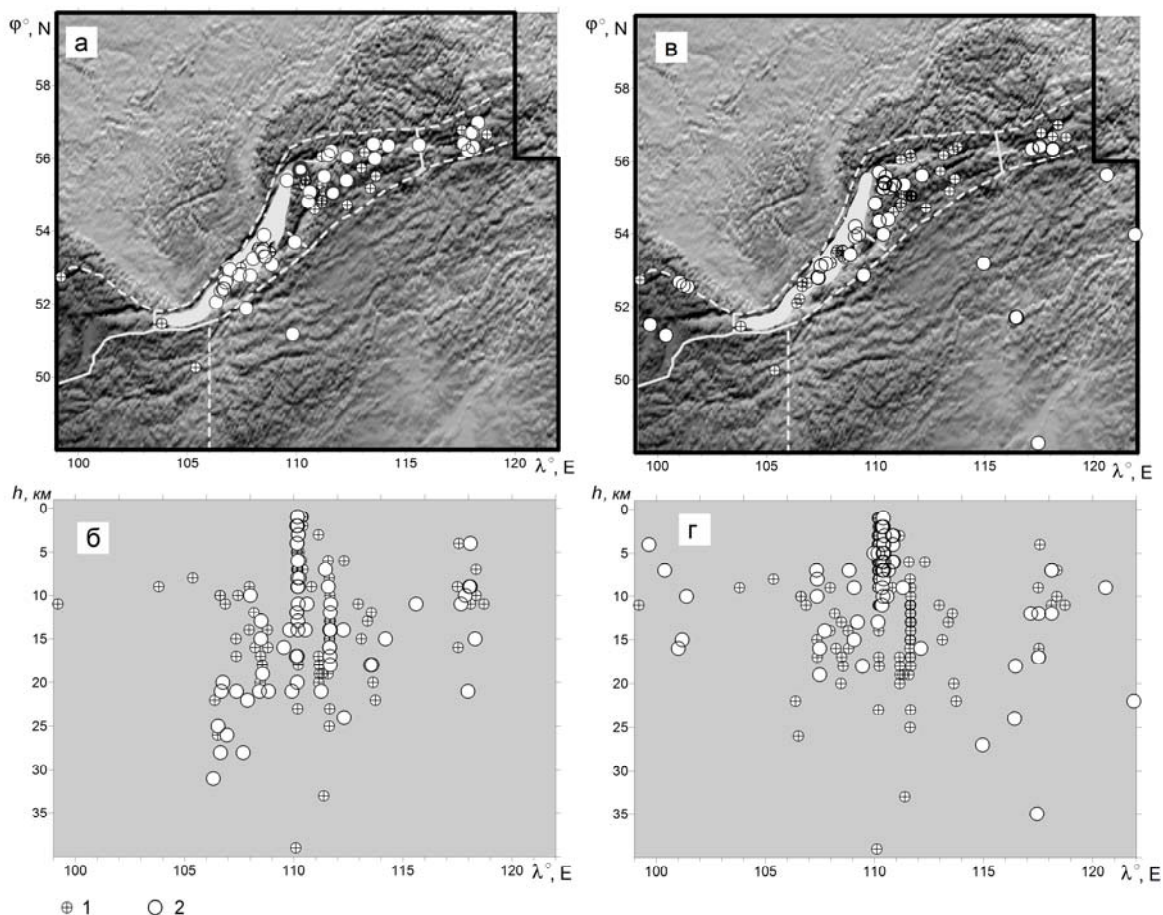


Рис. 5. Карты эпицентров землетрясений региона Прибайкалье и Забайкалье и глубинные разрезы по долготе за 2006 г. по данным регионального каталога (а, б) и каталога ISC (в, г) (нанесены только те землетрясения, для которых в каталогах [4, 30] имеется значение глубины)

1 – эпицентры землетрясений, которые имеют глубину и в региональном каталоге [30], и в каталоге ISC [4]; 2 – эпицентры землетрясений, для которых имеется значение глубины только в каталоге [30] (а, б), либо только в каталоге [4] (в, г).

Заключение из представленных выше результатов касается практической их пользы и необходимости продолжения в последующих выпусках сборника, т.к. крайне важно по каждому региону собрать всю информацию в комплексе, с привлечением разных источников. Особенно это относится к дополнению региональных каталогов новыми землетрясениями, т.к. иначе уровень сейсмичности, например Курило-Охотского региона, оказывается существенно заниженным и обедненным в решениях механизмов очагов. При анализе сейсмичности не следует опираться только на региональные каталоги, поскольку, как показано выше, они могут не обладать достаточной полнотой данных. Региональные каталоги необходимо согласовывать с соседними территориями и мировыми каталогами. Но для этого необходимо подтвердить прежние или получить новые уравнения связи разных магнитуд с энергетическими классами. Такие исследования могут быть реализованы на местах, в регионах, как, например, это сделано на Карпатах [31, 32] и в Копетдаге [33].

В качестве обратной связи с Международным сейсмологическим центром может быть корректировка в бюллетенях ISC параметров или природы сейсмических событий из разных регионов Северной Евразии.

Л и т е р а т у р а

1. **Землетрясения Северной Евразии в 1993 году.** – М.: ГС РАН, 1999. – 251 с.
2. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 1993–2006 гг.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 1993–2007.
3. **Землетрясения Северной Евразии в 1996 году.** – М.: ГС РАН, 2002. – 380 с.
4. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2008.
5. **Кондорская Н.В., Фёдорова И.В.** Сейсмические станции Единой системы сейсмических наблюдений СССР (ЕССН) на 01.01.1990 г. – М.: ИФЗ РАН, 1996. – 36 с.
6. **Папалашвили В.Г., Ахалбадашвили А.М.** Грузия // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 94–96.
7. **Улубиева Т.Р., Михайлова Р.С., Рислинг Л.И.** Таджикистан // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 116–124.
8. **Фокина Т.А., Давыдова Н.А., Рудик М.И., Бобков А.О.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. С. 129–139.
9. **Ландер А.В., Левина В.И.** Систематические ошибки определения гипоцентров Камчатских землетрясений – результат преломления волн на границах погружающейся плиты // Изменения окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы (8 томов). Т1: Сейсмические процессы и катастрофы / Отв. ред. А.О. Глико – М.: ИФЗ РАН, 2008. – С. 117–126.
10. **Ландер А.В., Левина В.И.** Систематические ошибки определения гипоцентров Камчатских землетрясений. Влияние неоднородностей, связанных с погружающейся плитой // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы Международной конференции. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 131–136.
11. **Ландер А.В., Левина В.И.** Методика обработки афтершоков Олюторского землетрясения 20 апреля 2006 г. с $M_w=7.6$ // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 468–472.
12. **Артёмова Е.В.** Дополнение к каталогу землетрясений Сахалина за 2002 г. ($N=227$) // Землетрясения Северной Евразии в 2002 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
13. **Артёмова Е.В., Михайлова Р.С.** Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2003 г. ($N=463$) // Землетрясения Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – (На CD).
14. **Артёмова Е.В., Михайлова Р.С.** Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2004 г. ($N=665$) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – (На CD).
15. **Артёмова Е.В., Левина В.И. (сост.).** Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2005 г. ($N=556$) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – (На CD).
16. **Левина В.И. (сост.).** Дополнение к каталогу землетрясений Курило-Охотского региона за 2006 г. ($N=1661$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
17. **Нагорных Т.В. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2005 год ($N=6$) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – (На CD).

18. **Сафонов Д.А. (отв. сост.)** Каталог механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2006 г. ($N=13$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
19. **Михайлова Р.С.** Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2004 г. ($N=196$) // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – (На CD).
20. **Левина В.И. (сост.)**. Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2005 г. ($N=224$) // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – (На CD).
21. **Левина В.И. (сост.)**. Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Курило-Охотского региона за 2006 г. ($N=109$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
22. **Кислицына И.П. (отв. сост.), Децик И.В.** Каталог землетрясений Сахалина за 2006 г. ($N=225$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
23. **Фокина Т.А., Кислицына И.П., Сафонов Д.А., Михайлов В.И.** Сахалин // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 175–184.
24. **Дорошкевич Е.Н. (отв. сост.), Пиневич М.В., Гладырь Ж.В., Швидская С.В.** Каталог землетрясений Курило-Охотского региона за 2006 г. ($N=1009$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
25. **Фокина Т.А., Дорошкевич Е.Н., Сафонов Д.А.** Курило-Охотский регион // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 185–194.
26. **Левина В.И.** Дополнение к каталогу землетрясений Сахалина за 2006 г. ($N=17$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
27. **Сафонов Д.А. (отв. сост.)** Каталог механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2006 г. ($N=1$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
28. **Левина В.И. (сост.)**. Дополнение к каталогу механизмов очагов землетрясений Сахалина за 2006 г. ($N=10$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
29. **Филина А.Г., Подкорытова В.Г., Лескова Е.В. (отв. сост), Данциг Л.Г., Денисенко Г.А., Кузнецова Е.В., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шевелёва С.С., Шевкунова Е.В.** Каталог землетрясений Алтая и Саян за 2006 г. ($N=1068$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
30. **Хайдурова Е.В., Гилёва Н.А. (отв. сост.), Леонтьева Л.Р., Тигунцева Г.В., Андрусенко Н.А., Тимофеева В.М., Евсеева Е.Д., Дворникова В.И., Дрокова Г.Ф., Анисимова Л.В., Масальская Л.Н., Дреннова Г.Ф., Курилко Г.В., Хороших М.Б., Емельянова Л.В., Федюшкина Я.И., Попикова Л.А., Павлова Л.А., Найманова Е.В., Торбеева М.А., Хамидулина О.А., Лазарева Л.А., Меньшикова Ю.А.** Каталог землетрясений Прибайкалья и Забайкалья за 2006 г. ($N=1235$) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
31. **Артёмова Е.В., Михайлова Р.С.** Дополнение к каталогу землетрясений Карпат за 2002 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
32. **Михайлова Р.С., Артёмова Е.В., Каменская О.П.** Взаимосвязи энергетических классов и магнитуд землетрясений Карпат // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН. 2008. – С. 395–407.
33. **Петрова Н.В.** Соотношения между оценками величины землетрясений Копетдага по данным различных сейсмологических центров // Землетрясения Северной Евразии, 2004 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 409–417.