

Унификация сейсмологических каталогов по магнитуде

Расчет магнитуды M (MLH , MS)

И.П. Габсатарова, С.Г. Пойгина

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск

В ежегодниках «Землетрясения России» расчет магнитуды M в сводных каталогах сейсмических событий производится из значений магнитуд и энергетических классов, публикуемых в Сейсмологических бюллетенях ФИЦ ЕГС РАН и региональных каталогах подразделений ФИЦ ЕГС РАН и других организаций, работающих в тесном контакте с ФИЦ ЕГС РАН и использующих сходные технологии регистрации и обработки, по приведенным ниже формулам.

Регион код центра	Формула расчета M	Глубина h , км	Условия применения	Автор	Период применения формулы
Россия					
GSRAS, OBGSR	$M=MS$	≤ 70	определена MS	[1]	2003–2018 гг.
	$M=MS+0.8$	> 70	определена MS	[1]	2003–2018 гг.
	$M=MS$	< 40	определена MS	[2]	2019–2022 гг.
	$M=MS+\Delta MS$, где	≥ 40	определена MS	[2]	2019–2022 гг.
	$\Delta MS(h)=1.71 \cdot \lg(h)-2.726$,	40–90			
	$\Delta MS(h)=0.556 \cdot \lg(h)-0.508$	> 90			
	$M=1.59 \cdot MPLP-3.97$	≤ 70	нет MS	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.59 \cdot MPSP-3.67$	≤ 70	нет MS	[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.77 \cdot MPLP-5.5$	71–390	нет MS	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.77 \cdot MPSP-5.2$	71–390	нет MS	[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.85 \cdot MPLP-5.2$	> 390	нет MS	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.85 \cdot MPSP-4.9$	> 390	нет MS	[1]	2003–2022 гг.
Крымско-Черноморский регион					
CFUSG	$M=-2.3+0.55 \cdot K_{\Pi}$	≤ 70		[3]	2022 г.
Северный Кавказ					
OBGSR, DAGSR, NOGSR	$M=MS$	≤ 70	определена MS	[1]	2013–2019 гг.
	$M \approx Mw$		определена Mw		2022 г.
	$M=(K_p-4)/1.8$		нет MS и Mw	[4, 5]	2003–2022 гг.
Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь. Восточная часть Балтийского щита					
GSRAS	$M=MS$	≤ 70	определена MS	[1]	2003–2022 гг.
	$M=MS+0.8$	> 70	определена MS	[1]	2003–2008 гг.
	$M=1.59 \cdot MPLP-3.97$	≤ 70	нет MS	[1]	2003–2012 гг.
	$M=1.59 \cdot MPSP-3.67$	≤ 70	нет MS	[1]	2003–2022 гг.
VMGSR	$M=(K_p-4)/1.8$	любая		[4, 5]	2003–2022 гг.
KOGSR	$M=MS$		для взрывов	[6]	2022 г.
	$M=1.43 \cdot ML-0.02 \cdot ML^2-2.1$			[7]	2003–2009 гг.
	$M \approx ML-0.2$				2010–2013 гг.
OBGSR	$M \approx ML$				2014–2022 гг.
	$M \approx ML$				2010–2022 гг.
MIRAS	$M \approx ML$				2003–2007 гг.
	$M \approx ML$				2014–2017 гг.
	$M \approx ML-0.5$				2008–2013 гг.
	$M=(K_p-4)/1.8$	любая		[4, 5]	2014–2022 гг.
	$M=0.9 \cdot ML$				2018–2020 гг.
IDG	$M=0.95 \cdot ML$			[8]	2021–2022 г.
	$M \approx ML-0.5$				2005–2022 гг.
FCIAR	$M \approx ML$				2013–2022 гг.

Регион код центра	Формула расчета M	Глубина h , км	Условия применения	Автор	Период применения формулы
IGKR	$M \approx ML$ $M = MS$ $M = (K_p - 4)/1.8$	любая		[1] [4, 5]	2017–2021 гг. 2020 г. 2021–2022 гг.
Арктика					
GSRAS	$M = MS$ $M = MS + 0.8$ $M = 1.59 \cdot MPLP - 3.97$ $M = 1.59 \cdot MPSP - 3.67$ $M = 1.77 \cdot MPLP - 5.5$ $M = 1.77 \cdot MPSP - 5.2$	≤ 70 > 70 ≤ 70 ≤ 70 71–390 71–390	определена MS определена MS нет MS нет MS нет MS нет MS	[1] [1] [1] [1] [1] [1]	2003–2022 гг. 2003–2008 гг. 2003–2012 гг. 2003–2022 гг. 2003–2008 гг. 2003–2008 гг.
KOGRS	$M = 1.43 \cdot ML - 0.02 \cdot ML^2 - 2.1$ $M \approx ML - 0.2$			[7]	2003–2009 гг. 2010–2013 гг.
YAGSR	$M \approx ML$ $M = (K_p - 4)/1.8$ $M = 1.59 \cdot MPLP - 3.97$	любая ≤ 70	нет MS нет MS	[4, 5] [1]	2014–2022 гг. 2020, 2022 гг. 2021–2022 гг.
FCIAR	$M \approx ML$				2013–2022 гг.
Алтай и Саяны					
ASGSR	$M = (K_p - 4)/1.8$ $M = (K_p - 4)/1.8$ $M = M_c/0.9 - 0.56$ $M = 0.965 \cdot M_c + 0.0977$ $K_p = 1.55 \cdot ML + 3.15$ $M = 0.662 \cdot K_p - 3.682$ $M = (K_p - 4.13)/1.88$ $M = 1.27 \cdot (ML - 1) - 0.016 \cdot ML^2$ $M = MS$ $M \approx M_w$ $M \approx MLh_{\text{расч}}$, где $MLh_{\text{расч}} = 0.994 \cdot MLh_{\text{набл}} - 0.123$, $MLh_{\text{расч}} = 0.797 \cdot MLh_{\text{набл}} + 0.670$, $MLh_{\text{расч}} = 0.746 \cdot MLh_{\text{набл}} + 0.551$	любая любая любая любая любая любая любая любая любая любая любая	$K_p < 13.0$ $K_p \geq 13.0$ для Тувы для Кузбасса для Алтая	[4, 5] [4, 5] [9] [10] [10] [11] [1] [12]	2003–2007 гг. 2008–2011 гг. 2008–2011 гг. 2012–2013 гг. 2014–2018 гг. 2012–2016 гг. 2017–2018 гг. 2012–2013 гг. 2013–2019 гг. 2021–2022 гг. 2019–2022 гг.
Прибайкалье и Забайкалье					
BAGSR	$M \approx M_w$ $M = (K_p - 4)/1.8$ $M = (K_p - 4)/1.8$ $M = (K_p - 8.1)/1.16$	любая любая любая любая	$K_p \leq 14.8$ $K_p \leq 13.0$ $K_p > 14.8$	[4, 5] [4, 5]	2014–2022 гг. 2003–2020 гг. 2021–2022 гг. 2010–2019 гг.
Приамурье и Приморье					
SAGSR	$M = (K_p - 4)/1.8$ $M = (K_p - 8.1)/1.16$ $M = MLH (MS)$ $M = (\lg M_0 - 15.4)/1.6$ $M = MSH - 0.5 \cdot \lg h$ $M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h$ $M = 1.59 \cdot MPV(B) - 3.97$ $M = 1.59 \cdot MPVA - 3.67$ $M = MSH - 0.5 \cdot \lg h + 0.8$ $M = 1.14 \cdot MSH - 0.9 \cdot \lg h + 0.8$ $M = 1.77 \cdot MPV(B) - 5.5$ $M = 1.85 \cdot MPV(B) - 5.2$ $M = 1.77 \cdot MPVA - 5.2$ $M = 1.85 \cdot MPVA - 4.9$	любая любая ≤ 70 любая ≤ 70 ≤ 70 ≤ 70 ≤ 70 ≤ 70 > 70 > 70 71–390 > 390 71–390 > 390	$K_p \leq 14.0$ $K_p > 14.0$ $MSH < 6.0$ $MSH \geq 6.0$ $MSH < 6.0$ $MSH \geq 6.0$	[4, 5] [4, 5] [1] [13] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1]	2003–2022 гг. 2011–2019 гг. 2013–2019 гг. 2013–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2020 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2019 гг. 2003–2022 гг. 2003–2022 гг.

Регион код центра	Формула расчета M	Глубина h , км	Условия применения	Автор	Период применения формулы
Сахалин					
SAGSR	$M=MLH$	≤ 70		[1]	2014–2022 гг.
	$M=(K_C-1.2)/2.0$	≤ 70		[14]	2003–2022 гг.
	$M=(K_P-4)/1.8$	≤ 70		[4, 5]	2008–2022 гг.
	$M=(\lg M_0-15.4)/1.6$	любая		[13]	2013–2022 гг.
	$M=MSH-0.5 \cdot \lg h$	≤ 70	$MSH < 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.14 \cdot MSH-0.9 \cdot \lg h$	≤ 70	$MSH \geq 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.59 \cdot MPV(B)-3.97$	≤ 70		[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.59 \cdot MPVA-3.67$	≤ 70		[1]	2003–2019 гг.
	$M=MSH-0.5 \cdot \lg h+0.8$	> 70	$MSH < 6.0$	[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.14 \cdot MSH-0.9 \cdot \lg h+0.8$	> 70	$MSH \geq 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.77 \cdot MPV(B)-5.5$	71–390		[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.85 \cdot MPV(B)-5.2$	> 390		[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.77 \cdot MPVA-5.2$	71–390		[1]	2003–2022 гг.
$M=1.85 \cdot MPVA-4.9$	> 390		[1]	2003–2019 гг.	
Курило-Охотский регион					
SAGSR	$M=(\lg M_0-15.4)/1.6$	любая		[13]	2013–2022 гг.
	$M=MLH (MS)$	≤ 70		[1]	2007–2021 гг.
	$M=(K_C-1.2)/2.0$	любая		[14]	2003–2022 гг.
	$M=(K_S-4.6)/1.5$	любая		[15]	2014–2022 гг.
	$M=MSH-0.5 \cdot \lg h$	≤ 70	$MSH < 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.14 \cdot MSH-0.9 \cdot \lg h$	≤ 70	$MSH \geq 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.59 \cdot MPV(B)-3.97$	≤ 70		[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.59 \cdot MPVA-3.67$	≤ 70		[1]	2003–2019 гг.
	$M=MSH-0.5 \cdot \lg h+0.8$	> 70	$MSH < 6.0$	[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.14 \cdot MSH-0.9 \cdot \lg h+0.8$	> 70	$MSH \geq 6.0$	[1]	2003–2019 гг.
	$M=1.77 \cdot MPV(B)-5.5$	71–390		[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.85 \cdot MPV(B)-5.2$	> 390		[1]	2003–2022 гг.
	$M=1.77 \cdot MPVA-5.2$	71–390		[1]	2003–2022 гг.
$M=1.85 \cdot MPVA-4.9$	> 390		[1]	2003–2022 гг.	
Якутия					
YAGSR	$M=MS$		определена MS	[1]	2013–2019 гг.
	$M=M_w$				2014 г.
	$M=(K_P-4)/1.8$		$K_P \leq 14.0$	[4, 5]	2003–2022 гг.
	$M=(K_P-8)/1.1$		$K_P > 14.0$		2013–2019 гг.
Северо-Восток России и Чукотка					
NEGSR	$M=MS$		определена MS	[1]	2014–2019 гг.
	$M=(K_P-4)/1.8$		$K_P \leq 14.0$	[4, 5]	2003–2022 гг.
	$M=(K_P-8)/1.1$		$K_P > 14.0$		2010–2019 гг.
Камчатка и Командорские острова					
KAGSR	$M=M_w$	любая			2020–2022 гг.
	$M=(K_S-4.6)/1.5$	любая		[15]	2003–2022 гг.
	$M=(K_P-4)/1.8$				2020 г.
	$M=MS$	≤ 70	определена MS ; для отдельных землетрясений с $K_S > 14.0$	[1]	2011, 2012, 2015 гг.

Литература

1. Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А., Вандышева Н.В. О составлении унифицированного каталога сильных землетрясений Северной Евразии по инструментальным данным (1901–1990 гг.) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. – М.: ИФЗ РАН, 1993. – С. 76.
2. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia // Journal of Seismology. – 2020. – Vol. 24. – P. 203–219. – DOI: 10.1007/s10950-019-09900-8
3. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона (инструментальный период наблюдений 1927–1986 гг.) / Отв. ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 36–37.
4. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. Глава 4. Труды ИФЗ АН СССР / Отв. ред. Ю.В. Ризниченко. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – № 9 (176). – С. 75–113.
5. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. Труды ИФЗ АН СССР. – М.: Наука, 1964. – № 32 (199). – С. 88–93.
6. Пивоваров С.П., Ефременко М.А., Пивоваров Р.С. Магнитудные поправки техногенных сейсмических событий на территории Воронежского кристаллического массива // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XVII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 94. – EDN: RTOEUA
7. Коломиец А.С., Петров С.И. Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 141. – EDN: VBAIV
8. Верхованцев Ф.Г., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Злобина Т.В. Сейсмичность Урала и Западной Сибири в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017). – С. 222–234. – DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.20. – EDN: CFBNRE
9. Раутиан Т.Г., Халтурин В.И., Закиров М.С., Земцова А.Г., Проскурин А.П., Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.Н., Синельникова Л.Г., Филина А.Г., Шенгелая И.С. Экспериментальные исследования сейсмической коды / Отв. ред. И.Л. Нерсесов. – М.: Наука, 1981. – С. 85.
10. Филина А.Г. Определение энергетических характеристик землетрясений в Алтае-Саянском регионе // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 379. – EDN: QZMENL
11. Петрова Н.В., Михайлова Р.С. Соотношения энергетического класса K_r с магнитудами по поверхностным волнам MS , M_s , MLH землетрясений в регионах Северной Евразии // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 368. – EDN: SWDSPN
12. Филина А.Г., Дураченко А.В., Галёва Н.А. Уточнение калибровочных функций для определения локальных магнитуд землетрясений Алтае-Саянской горной области // Сейсмические приборы. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 61–73. – DOI: 10.21455/si2019.4-6. – EDN: USAMGI
13. Bormann P. Magnitude of seismic events // New manual of seismological observatory practice (NMSOP). IASPEI / Ed. by P. Bormann. – Potsdam, Germany: GeoForschungsZentrum, 2002. – P. 3-16–3-49.
14. Соловьев С.Л., Соловьева О.Н. Соотношение между энергетическим классом и магнитудой Курильских землетрясений // Известия АН СССР, серия «Физика Земли». – 1967. – № 2. – С. 13–22.
15. Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. – М.: Наука, 1972. – 117 с.