

УДК: 550.8.055

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДАГЕСТАНА ЗА 2005-2015 ГГ.

© Исаев М.А., Гаджиев А.М.

Дагестанский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала

Проведен общий анализ сейсмичности Дагестана и прилегающих районов за период 2005-2015 гг. Составлена карта эпицентров землетрясений с энергетическим классом $K=10-14$. Дано изменение во времени числа землетрясений и величины выделившейся суммарной энергии. Отмечена связь сейсмичности с зонами тектонических нарушений на этой территории.

Ключевые слова: сейсмология, землетрясение, эпицентр, гипоцентр, сейсмический режим, акватория, период, карта эпицентров, энергетический класс.

Как известно, Дагестан характеризуется высокой сейсмической активностью. В настоящей работе, воспользовавшись всем имеющимся материалом (макросейсмическим и инструментальным), анализирован сейсмический режим территории Дагестана с его приграничными зонами и прилегающей акватории Каспийского моря. Инструментальные исследования этого региона начались после разрушительного Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. с открытия в его

эпицентральной зоне временных полевых сейсмостанций экспедиции ИФЗ АН СССР и в дальнейшем с организации стационарных сейсмостанций. В период 2005-2015 годы сеть сейсмических станций Дагестанского филиала ФИЦ ЕГС РАН фиксировала сейсмические события начиная с энергетического класса $K \geq 5$ на территории Дагестана и прилегающих районов. За этот период произошло всего 5970 землетрясений энергетическими классами $K=5-14$ [1].

Сейсмичность территории Дагестана и прилегающих смежных районов за период 2005-2015 гг. была неравномерной (рис. 1), как по числу землетрясений, так и по выделившейся в их очагах суммарной энергии (рис. 2). Отмечаем произошедшие в этот период два сейсмических события с энергетическими классами $K=14$:

1. 11.10.2008 $T_0=09-06-10$, $M=5,7$, $J_0=7-8б$ – Курчалойское землетрясение

Землетрясение ощущалось в Курчалое, Ойсахаре, Майртупе силой 4-5 баллов, произошло оно в Терско-Сунженской сейсмогенерирующей области Терско-Каспийского краевого прогиба. [2].

2. 07.05.2012 $T_0=04-40-28$, $M=5,7$, $J_0=7-8б$ – Закатальское землетрясение.

Землетрясение ощущалось на территории Азербайджана 7-8 баллов в населенных пунктах Гымыр, Чабанкел, Мухах, Алиабад, а на территории Дагестана оно проявилось с силой 6 баллов. В Махачкале ощущалось силой 3-4 балла [3].

Рассматривая карту эпицентров землетрясений с $K=10-14$ Дагестана и сопредельных районов, следует отметить несколько значимых событий. Землетрясение с $K=12,71$ отмечено в Каспийском море. Событие произошло 11 сентября 2006 года 2 часа 23 минуты по Гринвичу. Очаг расположен на расстоянии 30км к юго-западу от города Избербаш. А 16 апреля 2014 года в 12 часов 26 минут произошло землетрясение с энергетическим классом $K=12,67$. Эпицентр находился на суше в 30км к юго-востоку от того же города Избербаш. Также отмечаем два события произошедшее 14 октября 2012 года 10 часов 13 минут с $K=13,44$ и 17 сентября 2013 года в 12 часов 26 минут с $K=12,9$ на границе Дагестана и Грузии. Землетрясение с энергетическим классом $K=13,27$ произошло 11 октября 2008 года 9 часов 22 минуты в Чеченской Республике недалеко от границы Дагестана. Четыре события 13 класса произошли на границе Дагестана и Азербайджана.

Отметим несколько сейсмоактивных зон на территории Дагестана. «Дагестанский клин»: произошли землетрясения с энергетическими классами $K=10-13$. В акватории Каспийского моря старший класс равен $K=12,8$. В Юго-западной части Дагестана на Главном Кавказском хребте локализованы очаги землетрясений с энергетическими классами $K=13,44$, $K=13,06$ произошедшие 14 октября 2012 года и 29 июня 2014 года соответственно. Здесь же отметим многочисленные слабые толчки. Одним из наиболее сейсмоактивных зон является Сунженский хребет. Здесь локализованы землетрясения с энергетическими классами начиная с 5 класса, значимое событие в этой области произошло 11 октября 2008 года с $K=13,27$ (Курчалойское землетрясение) и многочисленные землетрясения с $K=10-12$. Центрально-Каспийское и Прибрежные разломы отмечены землетрясениями 10 и 11 классов. В центральной (в районе хребта Шали) и северной частях Дагестана наблюдается слабая сейсмичность.

Все землетрясения, произошедшие в этот период, распределились по классам следующим образом:

Таблица 1

Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p Дагестана и смежных районов за 2005-2015 гг

K	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	372	1110	1794	1583	734	178	99	31	11	2

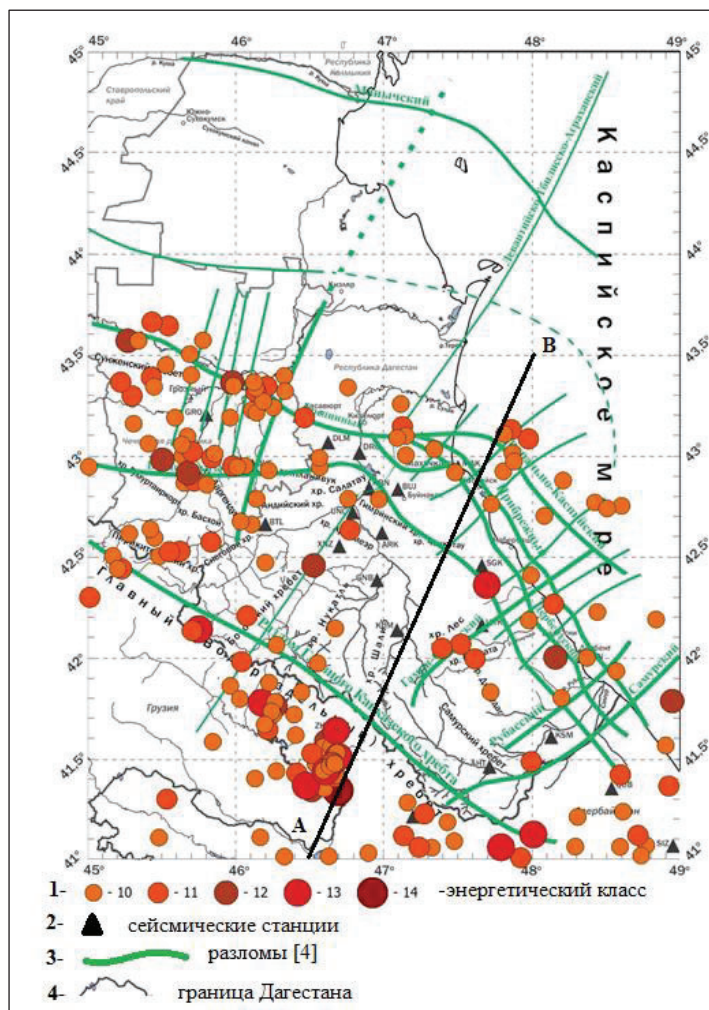


Рис. 1. Карта землетрясений Дагестана и прибрежных районов с энергетическим классом $K=10-14$ за 2005-2015 гг. [1]

Одной из главных динамических характеристик землетрясений является сейсмическая энергия E , т.е. энергия упругих сейсмических волн, излученных очагом. Оценка её величины проводилась по шкале, предложенной Т.Г. Раутиан с использованием величины K (энергетический класс), которая непосредственно, хотя и условно, связана с сейсмической энергией ($K=lgE$). Распределение числа землетрясений по энергетическим классам за каждый год дано в таблице 1, а график распределения количества землетрясений и выделившейся энергии по годам показано на рисунке 2. Количество всей выделенной сейсмической энергии за этот период колебалось в пределах от $1,39 \times 10^{12}$ до $99,6 \times 10^{12}$ дж (рис. 3).

Судя по величине, высвобождаемой при сейсмическом толчке энергии, разрывы в очагах сильных землетрясений могут протягиваться на несколько сот километров. Сейсмические события с большой энергией возникают реже, чем события с меньшей энергией. Общефизические представления о разрушениях, а также наблюдения над естественной сейсмичностью формируют точку зрения, основные моменты которой сводятся к тому, что каждое вновь возникшее землетрясение вносит свой вклад в изменение конфигурации поля напряжений, т.е. оно является следствием действия предыдущих землетрясений. Таким образом, очаг большого землетрясения можно

рассматривать как суммарный итог развития процесса разрушения в некоторой окрестности этого очага. В свою очередь большое землетрясение - это своего рода поле неустойчивости, которое оказывает существенное влияние на последующую сейсмическую жизнь региона, возбуждая как массовое появление афтершоков, так и предопределяя более отдаленные последствия. Оно, например, может спровоцировать целую серию других больших землетрясений. Вся их совокупность может рассматриваться как фактор, влияющий на последующее развитие сейсмического процесса и как система связанных событий, причем график повторяемости - интегральное выражение этой связи [2].

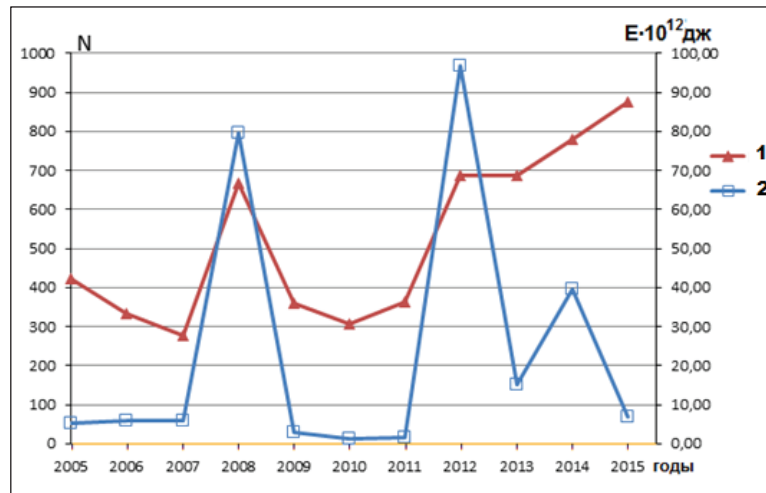


Рис. 2. График значения числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии ΣE на территории Дагестана и смежных районов за 2005-2015 годы

1 – количество землетрясений по годам (2005-2015 гг.),
2 – выделявшаяся энергия за каждый год.

В рассматриваемый период самое большое количество землетрясений зафиксировано в 2015 году, а выделявшаяся энергия больше в 2008 и 2012 гг. Из рисунка видно, что максимальные значения выделявшейся за год энергии зависят не только от количества произошедших землетрясений, но и от энергетического класса землетрясений. Видно, что чем больше землетрясений с большими энергетическими классами, тем больше выделявшаяся энергия.

Для количественной средней характеристики сейсмичности района определены еще два параметра: коэффициент γ наклона графика повторяемости землетрясений, который показывает распределение землетрясений по энергетической величине K и сейсмическая активность A_{10} – плотность очагов землетрясений определенного диапазона величины K , отнесенной к единице объема или площади S области и к единице времени T . Обобщенный «Закон повторяемости землетрясений» (по Ю.В. Ризниченко) выражается, как распределение $N=N(K)$ числа землетрясений по их величине $K=\lg E$, позволяющий выяснить приближенное постоянство или изменчивость наклона $\gamma=-d \lg N/dK$ графика $N(K)$ [3].

Вычислены значения A_{10} и γ на каждый год отдельно.

Таблица 2

Значения A_{10} и γ по годам на территории Дагестана за период 2005-2015 гг.

годы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
A_{10}	0,433	0,319	0,46	0,324	0,442	0,442	0,51	0,339	0,418	0,44	0,392
γ	0,220	0,103	0,156	0,399	0,198	0,114	0,163	0,376	0,209	0,574	0,359

По таблице мы видим, что в с 2005 по 2007 год значения γ минимальные по сравнению с 2008 годом. В 2008 году произошло землетрясение с $K=14,5$ и поэтому значение $\gamma=0,399$ достигло до максимального значения за этот период. После проявления этого землетрясения значение γ до 2012 года опять минимальные. В этом году произошло событие с $K=14,4$ и значение $\gamma=0,376$.

Среди основных параметров очага наибольший интерес представляет и глубина гипоцентра, которая, как правило, определяется с наименьшей точностью. Знание точного пространственного положения очагов позволяет выявлять их связи с особенностями глубинного строения земной коры.

Для дальнейшего анализа сейсмичности региона рассмотрим вертикальный разрез землетрясений по глубине, он показывают размещение гипоцентров в сейсмоактивных зонах. Вертикальный разрез АВ (см.рис1) землетрясений с $K=5-14$ сейсмофокального слоя с координатами от $\varphi=41,00$; $\lambda=46,50$ до $\varphi=43,50$; $\lambda=48,00$ глубиной 100 км, в основном большинство землетрясений произошло на глубине от 1 до 40 километров. Самое большое количество землетрясений произошло на глубине 5-10 км. И этот интервал глубин охвачен землетрясениями всех энергетических классов.

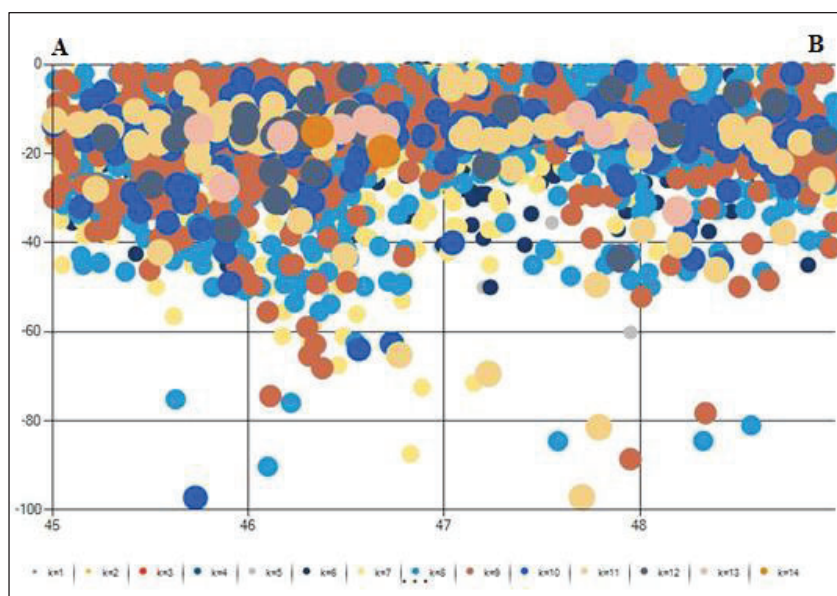


Рис. 3. Вертикальный разрез землетрясений с $K=5-14$ по глубине за период 2005-2015 гг.

Рассматривая график распределения землетрясений по глубинам выделяются еще два интервала глубин: первый интервал 5-20 км для большинства землетрясений Дагестанского клина (± 3 км), и второй 20-40 км, для землетрясений всей остальной территории и Дагестанского сектора Каспийского моря, для них применялся осреднённый Кавказский годограф. Исходя из этого, принимать представленное распределение землетрясений по глубинам надо с достаточной долей относительной ошибки. А для выявления более надёжных закономерностей необходимо, гораздо большая точность определения глубин очагов и один и тот же уровень представительности энергетического класса по всей рассматриваемой площади.

Характерно, что на расстоянии от 35 км и больше очаги землетрясений на разрезе по глубине очень редки. Общее распределение землетрясений по глубинам дано в таблице 3.

Распределение числа землетрясений по глубинам за 2005-2015 гг. [1]

h, км	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55
N	735	1111	2120	1141	339	185	110	69	50	60	14

Создание физической модели сейсмического режима, самый короткий путь к решению проблемы прогноза землетрясений, и ряда других важнейших практических задач, стоящих перед сейсмологами. Все долгосрочные прогнозы относятся ко всей территории того или иного региона. Необходимы детальные исследования, в том числе и по определению местоположения потенциальных очагов землетрясений методом преимущественных межэпицентральных расстояний между очагами землетрясений одного и того же ранга. Уточнению местоположения может способствовать слежение за миграцией сейсмической активизации, обусловленной прохождением деформационных волн вдоль соответствующих разломных структур [4].

Изучение современной сейсмогеодинамики в регионах, и самих сейсмических очагов, несомненно, внесет существенный вклад в развитие представлений о сейсмогенезе, а также в совершенствование сейсмогеодинамических моделей и методов прогнозирования землетрясений.

Литература

1. Архив Дагестанского филиала ГС РАН. Махачкала: Сейсмологические бюллетени Дагестанского филиала ГС РАН за 2005-2015 гг.
2. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 года с $K_p=14,5$; $M_s=5,7$; $J_0=7-8$ (Чеченская республика) / *О.А. Асманов, Р.А. Левкович, М.Я. Гайсумов И.А. Керимов и др.* // В сб.: Землетрясения Северной Евразии в 2008 г. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 421-432.
3. *Асманов О.А., Даниялов М.Г., Магомедов Х.Д.* Проявления Закатальского землетрясения 7 мая 2012 года ($K_p=14,4$) на территории Дагестана // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Седьмой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2012. С. 35-38.
4. Тектоника Дагестана (объяснительная записка) / *А.И. Черкашин, К.А. Сабанаев, Ю.О. Гаврилов, Д.И. Панов.* Отв. редактор *Леонов Ю.Г.* // Труды ИГ ДНЦ РАН, 2012. 128 с.
5. *Ризниченко Ю.В.* Об изучении сейсмического режима // Изв. АН СССР. Сер. Геофизическая, 1958. № 9.