

УДК 551.24/550.34

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ АРМЯНСКОГО НАГОРЬЯ ЗА ПЕРИОД 01.01.2000–23.10.2011

В. С. БАЛАСАНЯН *

Кафедра геофизики ЕГУ, Армения

Армянское нагорье характеризуется наличием потенциально сейсмоактивных зон, которые влияют и формируют уровень сейсмической опасности территории РА. В частности, Ванское землетрясение ($M=7,2$) 23.10.2011 проявилось в г. Ереване сейсмическими колебаниями ($J=5-6$ баллов). С этой точки зрения определенный интерес представляет анализ сейсмогеодинамической обстановки исследуемой территории в период подготовки данного сильного землетрясения. В данной работе рассматриваются вопросы сейсмичности $M \geq 4,0$ региона с координатами ($\varphi^{\circ}N 38,0-42,0$; $\lambda^{\circ}E 42,0-48,0$) за временной период 2000–2011 гг. Анализ пространственно-временного распределения землетрясений с магнитудой $M \geq 4,0$ дает возможность выделить хронологические цепочечные ряды эпицентров, связанных с сейсмогеодинамикой Ванской очаговой зоны. В частности, нами выделены временные периоды (2001–2003 гг. и 2011 г.), в течение которых ход сейсмичности с $M \geq 4,0$ подтверждает определенную взаимосвязь между ЮЗ (Ванской) и СВ (Закатальской) очаговыми зонами исследуемого региона.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2020.54.3.155>

Keywords: seismic hazard assessment, earthquake map, seismicity, Van focal zone, seismological data, spatio-temporal distribution of earthquake epicenters.

Введение. На территории РА и сопредельных областей Армянского нагорья ($\varphi^{\circ}N 38,0-42,0$; $\lambda^{\circ}E 42,0-48,0$) фиксируются важнейшие сеймотектонические конструкции зоны коллизии Кавказского сегмента Альп-Гималайского сейсмоактивного пояса [1–5]. На наш взгляд, общий высокий сейсмический потенциал этого региона определяется не в последнюю очередь поведением Ванской очаговой зоны ($\varphi^{\circ}N 38,0-39,5$; $\lambda^{\circ}E 42,0-44,0$), находящейся в юго-западной части района исследований.

В настоящей статье представлены результаты анализа пространственно-временного хода сейсмичности $M \geq 4,0$ за период 01.01.2000–23.10.2011. Отметим также, что основные тектонические структуры Армянского нагорья были взяты из современной базовой модели, представленной в работах [6, 7].

Рабочая выборка из базового каталога землетрясений НССЗ РА составила 56 событий с $M \geq 4,0$ (рис. 1, а), из которых 11 землетрясений с $M \geq 4,5$ (рис. 1, б). Для большинства из них магнитуда оценивается в пределах 4,5–4,6.

* E-mail: vsb2005@mail.ru

Гипоцентры этих сейсмических событий фиксируются в интервале глубин 5–10 км. За почти 12-летний период наблюдений в исследуемом регионе был зарегистрирован один толчок с $M \geq 5,0$ – Игдирское землетрясение 01.07.2004 ($M=5,1$; $H=10$ км) и всего три сейсмических события в магнитудном интервале 4,8–4,9 (рис. 1, б). При этом сейсмическая активность Игдирского землетрясения достаточно низка – наиболее сильный афтершок ($M=4,4$) произошел 30.07.2004, а в годовом разрезе было зарегистрировано еще 2 афтершока ($M=4,0$).

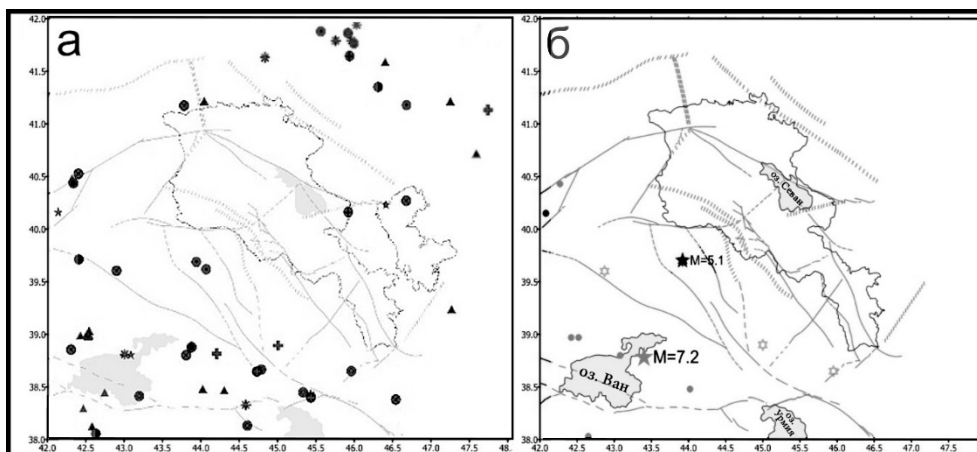


Рис. 1. Карты эпицентров землетрясений, зарегистрированных в исследуемом регионе за период 01.01.2000–22.02.2011: а) все события с $M \geq 4,0$; б) сейсмические события с $M \geq 4,5$.

Цель и методика исследований. Общей целью данного ретроспективного исследования было выявление особенностей развития сейсмического процесса на территории РА и сопредельных областей Армянского нагорья. Основным методический подход основывался на сравнительном анализе (выявлении общностей и особенностей) поведения сейсмических событий с $M < 4,0$ и $M \geq 4,0$ сейсмичностей [8, 9] исследуемого региона в период подготовки сильного Ванского землетрясения 23.10.2011. Таким образом, поставленные задачи сводятся к изучению сейсмического режима региона исследований ($\varphi^{\circ}N 38,0-42,0$; $\lambda^{\circ}E 42,0-48,0$) с привлечением всех возможных и принятых в таких случаях методических инструментов [2, 8, 9].

Задачей данной работы является проведение анализа пространственно-временного хода сейсмичности $M \geq 4,0$ за период 01.01.2000–23.10.2011 с целью выявления возможных интересных особенностей в сейсмогеодинамике исследуемого региона.

Результаты исследований. Общий анализ карт пространственного расположения эпицентров землетрясений с $M \geq 4,0$, зарегистрированных в исследуемом регионе, показывает:

1) за период 01.01.2000–23.10.2011 на территории РА не было отмечено ни одного сейсмического события с $M \geq 4,5$. Зарегистрировано всего три толчка с $M \geq 4,0$ в приграничных областях: 1 землетрясение на ЮВ от Большого Севана, в сторону Вардениса, и 2 землетрясения в зоне Джавахетского очага (рис. 1, а).

2) Большая часть эпицентров с $M \geq 4,0$ концентрируется в СЗ–ЮВ азимутальной полосе – Закаतालской очаговой зоны на СВ региона, а также на ЮЗ Армянского нагорья – в полосе с тем же азимутом (СЗ–ЮВ) протягивается по тектоническим структурам, соединяющим оз. Капутан (оз. Урмия) с оз. Ван (рис. 1, а). Все эпицентры землетрясений с $M \geq 4,5$ пространственно располагаются на ЮЗ от территории РА по азимуту СЗ–ЮВ (рис. 1, б). При этом, 5 эпицентров из 11 приурочены непосредственно к Ванской очаговой зоне.

С другой стороны, очень важным представляется результат подробного анализа хронологической последовательности (по годам) распределения эпицентров зарегистрированных землетрясений с $M \geq 4,0$ в пространстве исследуемого региона. Это позволяет сделать некоторые предположения: а) на основе фиксации уже произошедших, сеймотектонических подвижек в структурообразующих тектонических разломах РА и сопредельных территорий Армянского нагорья; б) предвосхищающие возможно более крупные и сильные геодинамические подвижки в обозримом будущем.

Ниже представлены результаты погодного анализа пространственного распределения эпицентров землетрясений с $M \geq 4,0$ для всего временного периода 01.01.2000–23.10.2011 гг.

С помощью сравнительного анализа пространственно-временных последовательностей эпицентров сейсмических событий с $M \geq 4,0$ удалось выявить несколько характерных геометрических фигур процесса цепочечной “передачи” сейсмической активности от одной очаговой зоны исследуемого региона к другой, где так или иначе задействован Ванский очаг – с которого начинается и на котором заканчивается большинство хронологических цепочек-последовательностей (рис. 2).

Эти геометрические фигуры-последовательности можно объединить в две группы по характерным типовым признакам механизма их образования.

Группа 1-го типа – характеризуется тем, что переход сейсмической активности ($M \geq 4,0$) осуществляется только в любой одной из очаговых зон исследуемого региона и снова возвращается в Ванский очаг (рис. 2, а).

Группа 2-го типа – характеризуется тем, что переход сейсмической активности ($M \geq 4,0$) может осуществляться последовательно в несколько разных очаговых зонах исследуемого региона и затем снова возвращается в Ванский очаг (рис. 2, б).

Интересно, что с 2000 по 2008 гг. для сейсмичности $M \geq 4,0$ доминантной являются пространственно-временные последовательности группы 2-го типа, в то время как в период 22.02.2011–23.10.2011, непосредственно перед сильным Ванским землетрясением ($M=7,2$), фиксируются пространственно-временные последовательности только группы 1-го типа (рис. 3).

При этом сейсмогеодинамические процессы на этом последнем этапе подготовки сильного Ванского землетрясения 23.10.2011 проходят достаточно форсированно – 4 последних цикла были сформированы приблизительно за 8 месяцев, в то время как предыдущие самостоятельные циклы сейсмической активности ($M \geq 4,0$) требовали намного большего времени (от 1 до 2 лет). Скорее всего, качественный переход напряженно-деформационного состояния исследуемого региона к ускоренной подготовке сильного сейсмического

события произошел на рубеже 2009–2011 гг. (рис. 4). Именно в этот временной отрезок совмещаются последний годичный цикл пространственно-временных последовательностей эпицентров группы 2-го типа (рис. 4, а) и первый 2-годовой цикл пространственно-временных последовательностей эпицентров группы 1-го типа (рис. 4, б).

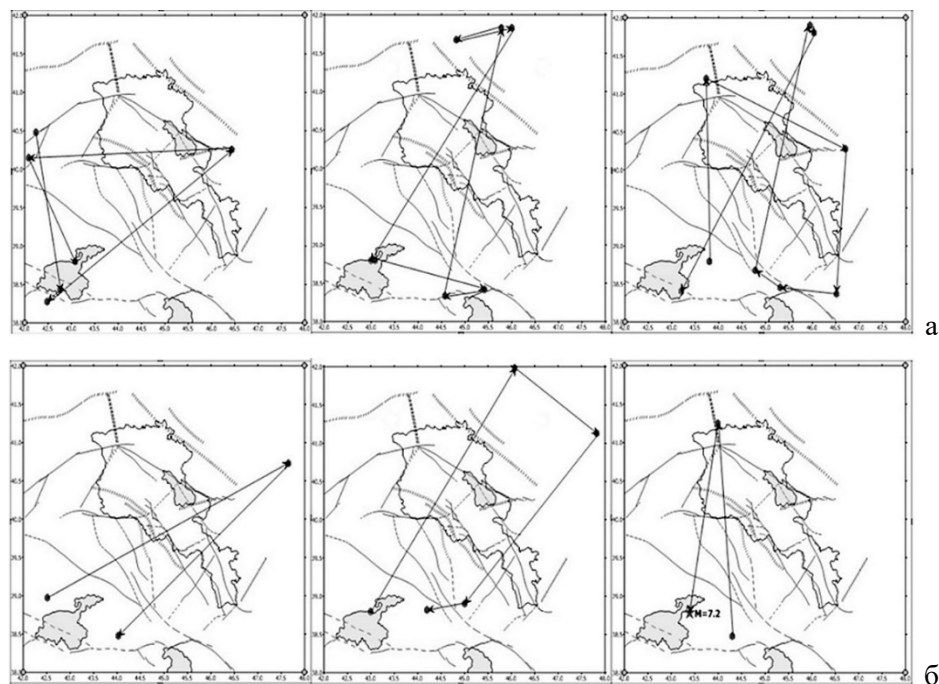


Рис. 2. Пространственно-временные последовательности эпицентров землетрясений ($M \geq 4,0$) групп 1-го (а) и 2-го (б) типов за период 01.01.2000–22.02.2011.

При этом сейсмогеодинамическая разработка сейсмичности $M \geq 4,0$ фиксируется именно в ЮЗ части исследуемого региона – между Ванской и Капутанской (Урмия) очаговыми зонами.

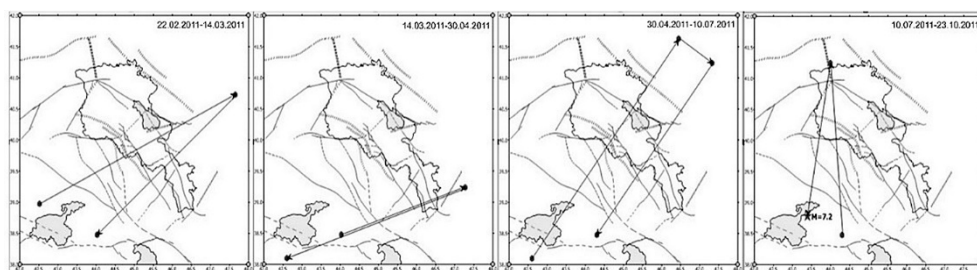


Рис. 3. Пространственно-временные последовательности эпицентров группы 1-го типа, предшествующие сильному Ванскому землетрясению 23.10.2011.

Что касается сейсмичности с $M \geq 4,5$ (11 землетрясений), то 4 сейсмических события были зарегистрированы именно в этот переходный период в Ванской очаговой зоне.

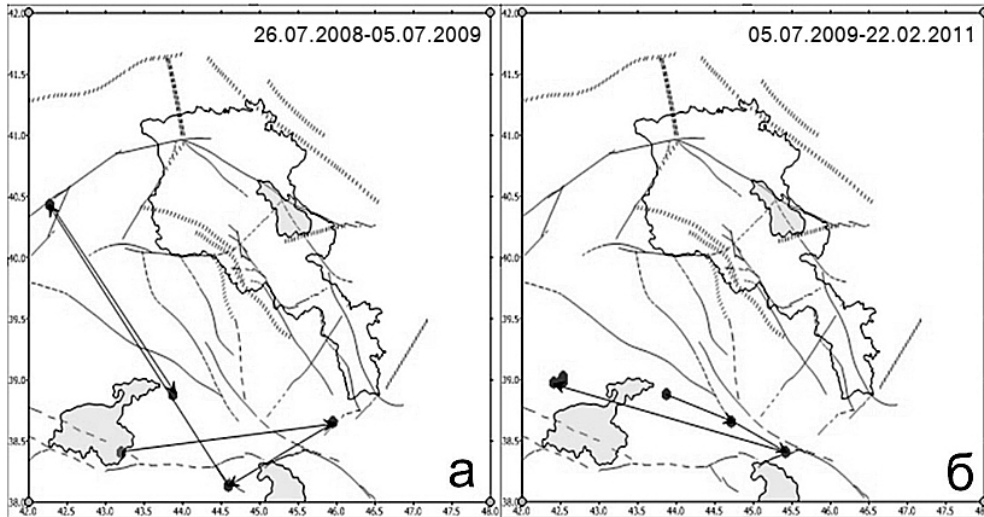


Рис. 4. Пространственно-временные последовательности эпицентров землетрясений с $M \geq 4,0$ групп 2-го (а) и 1-го (б) типов в переходный период 01.01.2008–22.02.2011.

Заключение. За период 01.01.2000–23.10.2011 на территории РА не было отмечено ни одного сейсмического события с $M \geq 4,5$. Зарегистрировано всего три толчка с $M \geq 4,0$. С помощью сравнительного анализа пространственно-временных последовательностей эпицентров сейсмических событий с $M \geq 4,0$ удалось выявить весьма характерные геометрические фигуры процесса цепочной “передачи” сейсмической активности от одной очаговой зоны исследуемого региона к другой, где так или иначе задействован Ванский очаг, с которого начинается и на котором заканчивается большинство хронологических цепочек-последовательностей. Их можно объединить в 2 группы по характерным типовым признакам механизма образования. Интересно, что в период 22.02.2011–23.10.2011, непосредственно перед сильным Ванским землетрясением ($M=7,2$), с сейсмичностью $M \geq 4,0$ фиксируются 4 цикла пространственно-временных последовательностей только 1-го типа.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать одну из главных особенностей сейсмогеодинамического режима исследуемого региона – в исследуемый период с Ванской очаговой зоной непосредственно связано большинство сеймотектонических процессов Армянского нагорья. Тем самым, ее поведение является для исследуемого региона определяющим фактором при прогнозировании потенциального энергетического уровня сейсмической активности $M \geq 4,0$, а также географических координат ее реализации.

Кроме того, вырисовывается определенная взаимосвязь в процессах изменения сейсмической активности Ванской и Закатальской очаговых зон.

Поступила 14.02.2020

Получена с рецензии 11.11.2020

Утверждена 10.12.2020

ЛИТЕРАТУРА

1. Казарян А.Э. Анализ сейсмического состояния территории Армении как одного из факторов оценки текущей сейсмической опасности. *Изв. НАН РА. Науки о Земле* 2 (2011), 29–42.
2. Карапетян Н.К. Механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья. Ер., Изд-во АН Арм. ССР (1986), 228 с.
3. Карапетян Н.К. Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского нагорья. Ер., Изд-во АН Арм. ССР (1990), 264 с.
4. Назаретян С.Н. и др. Региональные разломы территории Армении по геофизическим данным и их сейсмичность. Ер., Гитутюн НАН РА (2015), 184 с.
5. Шебалин Н.В. Сейсмичность как тектонический процесс. Современная тектоническая активность Земли и проблемы сейсмичности. М., Наука (1987), 22–37.
6. Avagyan A., Sosson M., Karakhanian A., et al. Recent Stress-field Evolution in the Lesser Caucasus and Adjacent Regions. In: *Geol. Soc. of London, Special Volume on Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform* (edited by Sosson M., et al.) (2009).
7. Karakhanian A., Trifonov V., Philip H., et al. Active Faulting and Natural Hazards in Armenia, Eastern Turkey and North-Western Iran. *Tectonophysics* 380 (2004), 189–219.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2003.09.020>
8. Ризниченко Ю.В. *Проблемы сейсмологии: избранные труды*. М., Наука (1985), 408 с.
9. Шебалин Н.В. *Сильные землетрясения: избранные труды*. М., Изд-во Академии горных наук (1997), 542 с.

Վ. Ս. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ

ՀՀ ԵՎ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԼԵՌՆԱԾԽԱՐՀԻ ՀԱՐԱԿԻՑ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ
01.01.2000–23.10.2011 ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Հայկական բարձրավանդակը բնութագրվում է ուժեղ սեյսմաակտիվ գոտիների առկայությամբ, որոնց ակտիվությունը ձևավորում է ՀՀ տարածքի սեյսմիկ վտանգի մակարդակը: Մասնավորապես, 23.10.2011 թ. Վանի երկրաշարժն ($M=7,2$) ուժեղ սեյսմիկ ցնցումներ առաջացրեց Երևանում ($J=5-6$ բալ): Այս տեսանկյունից, որոշակի հետաքրքրություն է ներկայացնում սեյսմազեոդինամիկական իրավիճակի վերլուծությունն այդ երկրաշարժի նախապատրաստման ժամանակահատվածում: Վերլուծության այս փուլը նվիրված է ($\varphi^{\circ}N$ 38,0–42,0; $\lambda^{\circ}E$ 42,0–48,0) շրջանի $M \geq 4,0$ սեյսմիկության ուսումնասիրությանը 2000–2011 թթ. ժամանակահատվածում: $M \geq 4,0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի տարածաժամանակային բաշխվածության վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս առանձնացնել էպիկենտրոնների ժամանակագրական շրջայական շարքը՝ կապված Վանի օջախային գոտու սեյսմազեոդինամիկայի հետ: Մասնավորապես, հետաքրքրություն են ներկայացնում 2001–2003 թթ. և 2011թ. ժամանակային փուլերը, որոնք հաստատում են ուսումնասիրվող շրջանի հարավարևմտյան (Վանի) և հյուսիսարևելյան (Չարթալայի) օջախային գոտիների միջև որոշակի փոխկապվածությունը:

V. S. BALASANYAN

ANALYSIS OF SEISMICITY OF THE RA AND THE ADJACENT
AREAS OF ARMENIAN HIGHLANDS FOR THE PERIOD
OF 01.01.2000–23.10.2011

Summary

The Armenian highlands are characterized by the presence of potentially seismic zones that form the level of seismic hazard in the territory of the Republic of Armenia. In particular, the Van strong earthquake ($M=7.2$) on October 23, 2011 was manifested in Yerevan by seismic shaking ($J=5-6$ points). From this point of view, the analysis of the seismic-geodynamic situation in the study area during the given earthquake preparation is of particular interest. This stage of the analysis is devoted to the study of $M \geq 4.0$ seismicity of the region with coordinates ($\varphi^{\circ}N$ 38.0–42.0; $\lambda^{\circ}E$ 42.0–48.0) for the time period 2000–2011. The analysis of the spatio-temporal distribution of earthquakes with a magnitude of $M \geq 4.0$ makes it possible to distinguish chronological chain series of epicenters associated with the seismogeodynamics of the Van focal zone. In particular, we have identified stages (2001–2003 and 2011), in which the seismicity course ($M \geq 4.0$) confirms a certain relationship between the southwestern (Van) and northeastern (Zaqatala) focal zones of the studied area.