

Для цитирования: Асланов Т.Г. Определение координат очага землетрясения с использованием комбинированного метода. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (2):118-125. DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-2-118-125

For citation: Aslanov T.G. Definition of earthquake focus coordinates using a combined method. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (2):118-125. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-2-118-125

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 550.34.01

DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-2-118-125

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА

Асланов Т.Г.

Дагестанский государственный технический университет
367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, д.70, Россия,
e-mail: tabasik@gmail.com

Резюме. Цель. Целью исследования является определение гипоцентра землетрясения с одновременным использованием для расчетов методов сфер и гиперболоидов, с обеспечением минимально возможной ошибки, за счет соответствующего выбора сейсмодатчиков. **Метод.** Приводится метод определения гипоцентра землетрясения, с использованием для расчетов методов сфер и гиперболоидов, что позволяет минимизировать ошибку, за счет соответствующего выбора сейсмодатчиков. При этом исходим из того, что геометрическим местом точек пересечения гиперболоида и сферы, при условии размещения фокуса гиперболоида и центра сферы на одной прямой, является окружность. **Результат.** Для нахождения координат очага землетрясения необходимо использовать данные третьего сейсмодатчика, который не должен находиться на одной прямой с первыми двумя. Если третий сейсмодатчик определяет расстояние до очага землетрясения по разности времен пробега продольной и поперечной сейсмических волн, то геометрическим местом положения очага землетрясения будет сфера. Точка пересечения этой сферы с вышеупомянутой окружностью и является очагом землетрясения. При нахождении зависимости ошибки в определении гипоцентра землетрясения от взаимного расположения двух сейсмодатчиков, предлагается в расчетах использовать значения скоростей продольной и поперечной сейсмических волн, разности времен пробега этих волн на сейсмодатчики, и разность времен пробега продольной сейсмической волны к двум разнесенным сейсмодатчикам. По двум приведенным методам можно определить направленность ошибок в определении расстояния от очага землетрясения до сейсмодатчика. Для этого находится расстояние Δ между эпицентрами землетрясений, вычисленных по комбинированному методу (с использованием сфер и гиперболоидов) и по методу сфер. Это же расстояние ∇ определяется после добавления преднамеренной ошибки ∇t к разностям времён пробега сейсмических волн $\Delta t + \nabla t$. По значению разности $\Delta - \nabla$ делается вывод о направленности ошибки. **Вывод.** Используя методы сфер, и метод сфер и гиперболоидов можно определить направленность ошибок. Метод при разнонаправленных ошибках измерения расстояний до очага, имеет меньшие ошибки в определении координат очага по сравнению с приведенным в работе методом сфер, но в тоже время при сонаправленных ошибках – наоборот, ошибки возникающие при использовании комбинированного метода выше.

Ключевые слова: землетрясение, сейсмодатчик, окружность, гипербола, ошибка, уравнение

TECHNICAL SCIENCE
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

DEFINITION OF EARTHQUAKE FOCUS COORDINATES USING
A COMBINED METHOD

Tagirbek G. Aslanov

Daghestan State Technical University,
70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,
e-mail: tabasik@gmail.com

Abstract Objectives The aim of the study is to determine earthquake hypocentres with the simultaneous use of both the sphere and hyperboloid methods of calculation, providing minimal possible error due to the appropriate choice of seismic sensors. **Methods** A method for determining the hypocentre of earthquakes is proposed that uses methods of spheres and hyperboloids for calculations making it possible to minimise error due to the appropriate choice of seismic sensors. In this case, we proceed from the fact that the circumference is the geometric position of the intersection points of the hyperboloid and the sphere, provided that the focus of the hyperboloid and the centre of the sphere are located on one straight line. **Results** In order to find the coordinates of the earthquake focus, it is necessary to use the data of the third seismic sensor, which should not lie on the same line with the first two. If the third seismic sensor determines the distance to the earthquake focus according to the difference in travel times of the longitudinal and transverse seismic waves, then the geometric location of the earthquake focus will be the sphere. The point of intersection of this sphere with the above-mentioned circumference is the earthquake focus. When locating the dependency of the earthquake hypocentre determination error in the relative location of the two seismic sensors, the values of the longitudinal and transverse seismic wave velocities, the difference in the travel times of these waves to the seismic sensors and the difference in the travel times of the longitudinal seismic wave to the two spaced seismic sensors are proposed for use in the calculations. Using the two methods listed above, it is possible to determine the error direction in determining the distance from the earthquake focus to the seismic sensor. For this purpose, the distance Δ is retrieved between the epicentres of earthquakes, calculated using the combined method (spheres and hyperboloids) and the sphere method. The same distance ∇ is determined after the addition of the deliberate error ∇t to the run time differences of the seismic waves $\Delta t + \nabla t$. The value of the $\Delta - \nabla$ difference leads to a conclusion concerning the direction of the error.

Conclusion The determination of the direction of errors is possible using the methods of spheres as well as the method of spheres and hyperboloids. The method having multidirectional errors in measuring the distances to the focus has fewer errors in determining its coordinates as compared to the method of spheres described in the work, while with co-directional errors, conversely, the errors arising when using the combined method are higher.

Keywords: earthquake, seismic sensor, circumference, hyperbola, error, equation

Введение. На сегодняшний день одним из наиболее часто используемых методов для определения координат очага землетрясения [1] является метод сфер [2-3]. По методу сфер определение координат очага производится по разности времен пробега продольной и поперечной волн [4-5] на разнесенные в пространстве сейсмодатчики [6]. При этом, поскольку поперечная волна не проходит через жидкости, приходится исключать из расчетов данные сейсмодатчиков, на пути распространения волн к которым располагаются водоемы или, например, залежи нефти [7-10].

В работе приводится метод определения гипоцентра землетрясения с одновременным использованием для расчетов методов сфер и гиперboloидов, с обеспечением минимально возможной ошибки, за счет соответствующего выбора сейсмодатчиков.

Постановка задачи. Для нахождения ошибок в определении гипоцентра землетрясения [11] в зависимости от взаимного расположения двух сейсмодатчиков, предлагается использовать значения скоростей продольной и поперечной сейсмических волн [12, 13], разности времен пробега этих волн на сейсмодатчики, и разность времен пробега продольной волны к двум сейсмодатчикам [14-16].

Зависимость ошибки в определении гипоцентра землетрясения от взаимного расположения сейсмодатчиков определяется по величине разности координат гипоцентров, вычисленных с учетом ошибок в определении разности времен пробега сейсмических волн на сейсмодатчики и без них [2].

Методы исследования. В работе [2] рассматриваются вопросы влияния взаимного расположения сейсмодатчиков и очага землетрясения на ошибки определения координат эпицентра и гипоцентра [17]. Причем, в начале рассматриваются ошибки в определении гипоцентра в зависимости от перемещения одного из сейсмодатчиков на плоскости, проходящей через его начальное положение и неподвижные гипоцентр и другой сейсмодатчик, а после, и от результата пересечения фигур (сфер), соответствующих геометрическим местам положения гипоцентров землетрясения, определяемых по разностям времен пробега продольной и поперечной волн на сейсмостанции – окружности и третьего сейсмодатчика.

Координаты очага землетрясения могут быть вычислены с использованием комбинированного метода – сфер и гиперблоидов.

Геометрическим местом точек пересечения гиперблоида и сферы при условии размещения фокусов гиперблоида и сферы на одной прямой является окружность.

Для нахождения координат очага землетрясения необходимо использовать данные третьего сейсмодатчика, который не должен находиться на одной прямой с первыми двумя. Если третий сейсмодатчик определяет расстояние до очага землетрясения по разности времен пробега продольной и поперечной сейсмических волн, то геометрическим местом положения очага землетрясения будет сфера. Точка пересечения этой сферы с вышеупомянутой окружностью и является очагом землетрясения. Ошибки, возникающие при пересечении окружности со сферой, рассмотрены в работе [2].

Допустим, что сейсмодатчики 1 и 2 (рис.1) расположены в точках S_1 и S_2 .

Сейсмодатчик S_1 расположен на удалении R_1 от истинного очага землетрясения O_n .

Разность расстояний от истинного очага землетрясения до сейсмодатчиков равна $B - C = A$, и от расчетного местоположения очага землетрясения до сейсмодатчиков равна $B' - C' = A + \Delta_2$. O_p – расчетное местоположение очага землетрясения, с учетом ошибок Δ_1 в определении радиуса сферы и Δ_2 в определении разности расстояний.

Для удобства расчетов расположим сейсмодатчик S_1 в начале координат, и примем его за опорный.

Расстояние от опорного сейсмодатчика до очага землетрясения по разности времен прихода сейсмической волны к двум сейсмодатчикам, может быть вычислено по уравнению гиперболы в полярных координатах [18]:

$$R = \frac{X_2^2 - (t_r V_1)^2}{2t_r V_1 + 2X_2 \cos \varphi'} \quad (1)$$

В то же время расстояние от опорного сейсмодатчика до очага землетрясения может быть вычислено по формуле:

$$R = \frac{V_1 V_2 t_1}{V_1 - V_2} \quad (2)$$

где, V_2 – скорость распространения поперечной волны;

t_1 – разность времен прихода продольной и поперечной волн на опорный сейсмодатчик.

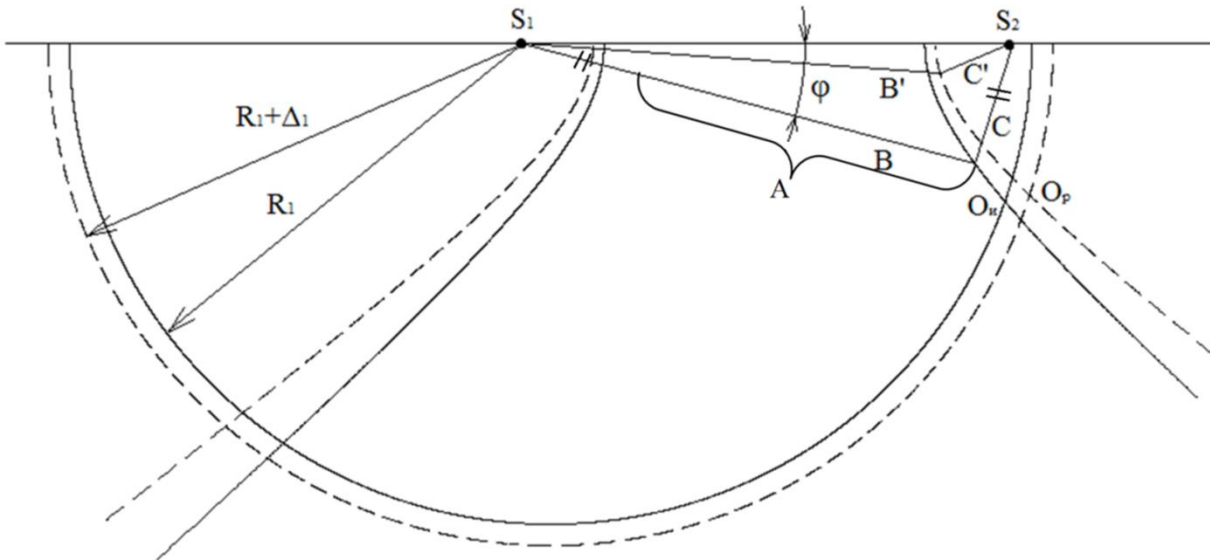


Рис. 1 Взаимное расположение сейсмоматчиков и очага землетрясения на вертикальной плоскости

Fig. 1 Mutual arrangement of seismic sensors and earthquake focus on the vertical plane

где, X_2 – расстояние от опорного до второго сейсмоматчика;

t_r – разность времен прихода продольной сейсмической волны к двум сейсмоматчикам;

V_1 – скорость распространения продольной волны;

φ – полярный угол, образующийся от отрезка между опорным и вторым сейсмоматчиком с началом координат в расположении опорного сейсмоматчика.

Подставляя R из уравнения (1) в уравнение (2) получим:

$$\frac{X_2^2 - (t_r V_1)^2}{2t_r V_1 + 2X_2 \cos \varphi} = \frac{V_1 V_2 t_1}{V_1 - V_2},$$

откуда:

$$\cos \varphi = \frac{X_2^2 (V_1 - V_2) - (t_r V_1)^2 (V_1 - V_2) - 2t_r V_1^2 V_2 t_1}{2V_1 V_2 t_1 X_2}. \quad (3)$$

Для проведения сравнительного анализа ошибок в определении координат гипоцентра с результатами, полученными в работе [2], запишем уравнение (3) в декартовой системе координат. Абсцисса гипоцентра землетрясения может быть найдена как произведение правых частей уравнений (3) и (2), т.е.

$$X = R \cos \varphi = \frac{X_2^2 (V_1 - V_2) - t_r^2 V_1^3 + t_r^2 V_1^2 V_2 - 2t_r V_1^2 V_2 t_1}{2X_2 (V_1 - V_2)}. \quad (4)$$

Ордината очага землетрясения может быть вычислена по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 - X^2}. \quad (5)$$

Пусть из-за временных ошибок Δt в показаниях сейсмоматчиков имеет место увеличение расстояния до очага землетрясения, тогда эпицентр землетрясения может быть вычислен по формуле:

$$X^* = \frac{X_2^2 (V_1 - V_2) - (t_r + \Delta t_2)^2 (V_1^3 + V_1^2 V_2) - 2(t_r + \Delta t_2) V_1^2 V_2 (t_1 + \Delta t_1)}{2X_2 (V_1 - V_2)}. \quad (6)$$

В то же время глубина очага землетрясения вычисляется по формуле:

$$Z^* = \sqrt{R^{*2} - X^{*2}}. \quad (7)$$

Вычтя из уравнения (6) уравнение (4) получим выражение для определения ошибки при нахождении эпицентра землетрясения,

$$\Delta X = \left| \Delta t_1 V_1^2 \frac{\Delta t_1 (V_2 + V_1) + 2t_r V_1 + 2V_2 \Delta t_2}{2X_2 (V_1 - V_2)} \right|. \quad (8)$$

Вычтя из уравнения (7) уравнение (5) получим выражение для определения ошибки при нахождении глубины очага землетрясения,

$$\Delta Z = \left| \sqrt{R^2 - X^2} - \sqrt{R^{*2} - X^{*2}} \right|. \quad (9)$$

На рис. 2 приведены результаты моделирования в среде MatLab уравнений (8) и (9).

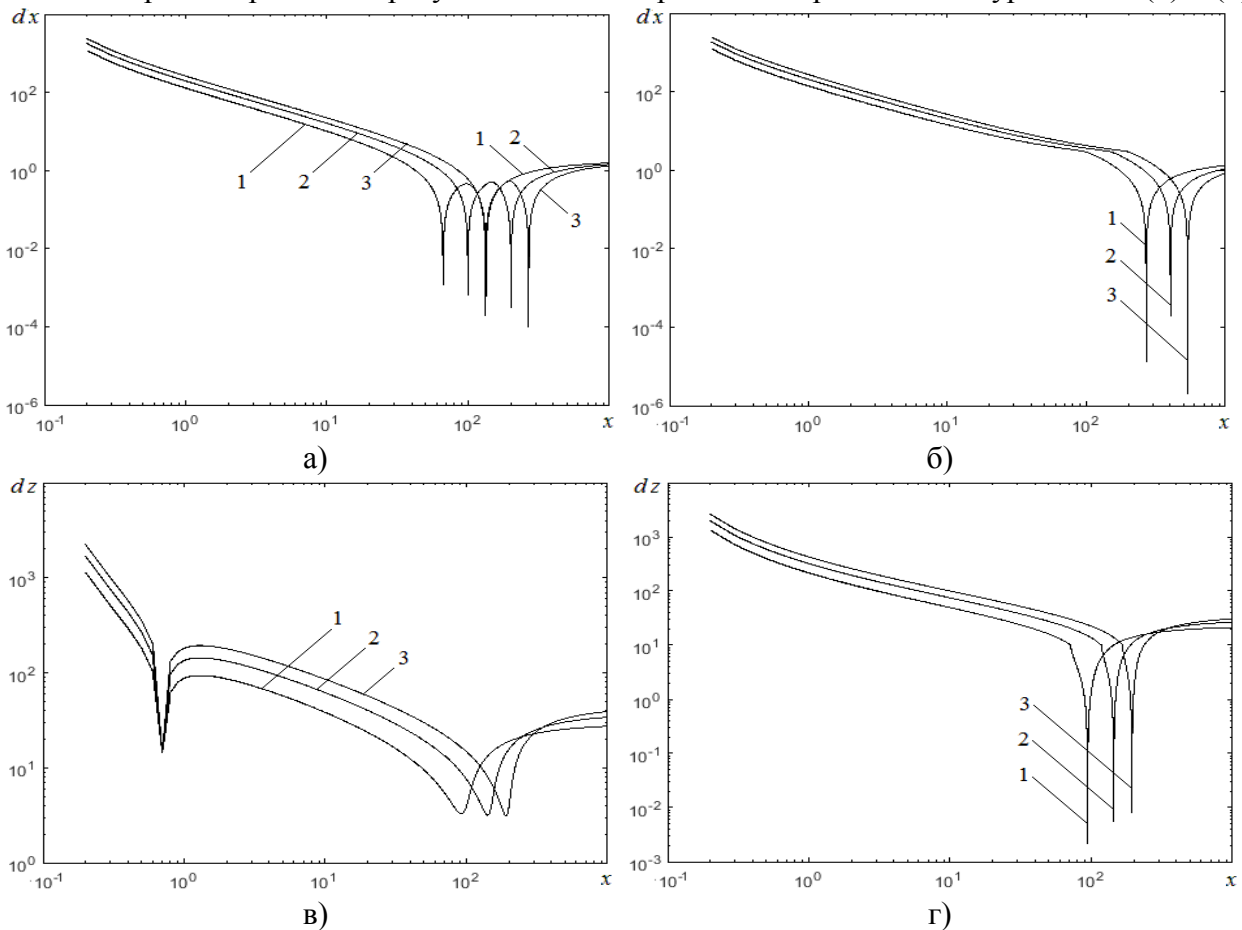


Рис.2. Ошибки в определении координат очага землетрясения в плоскости
Fig. 2. Errors in determining the coordinates of the earthquake focus in the plane

Рисунки а) и в) соответствуют случаям, когда знаки ошибок измерений сейсмодатчиков противоположны, а рисунки б) и г) когда ошибки приводят к увеличению расстояния от сейсмодатчиков до очага землетрясения. При моделировании ошибка измерения разности времен пробега сейсмических волн была принята равной 0,5 с.

Кривые 1, 2 и 3 соответствуют удалениям эпицентра землетрясения от опорного сейсмодатчика на расстояния 100, 150 и 200 км, соответственно. При этом, глубина очага землетрясения принята равной 10 км.

Рисунки 2а и 2б, а также рисунки 2а и 2б из работы [2] позволяют оценить направленность ошибки. Если найти расстояние между эпицентрами землетрясений, вычисленных по комбинированному методу и по методу окружностей приведенной в работе [2] – Δ , а далее определить это же расстояние после добавления преднамеренной ошибки в разности времен пробега сейсмических волн $\Delta t - \Delta_{\Delta t}$ то по значению разности $\Delta - \Delta_{\Delta t}$ можно судить о направленности ошибки (рис. 3).

На рис. 3 кривой 1 соответствует разность с приращением к разности времен прихода волны на 0,1 секунду для разнонаправленных ошибок, а кривой 2 для сонаправленных. Как видно из рисунка 3, от расстояния первого сейсмодатчика до эпицентра землетрясения для сонаправленной ошибки, разность не меняется.

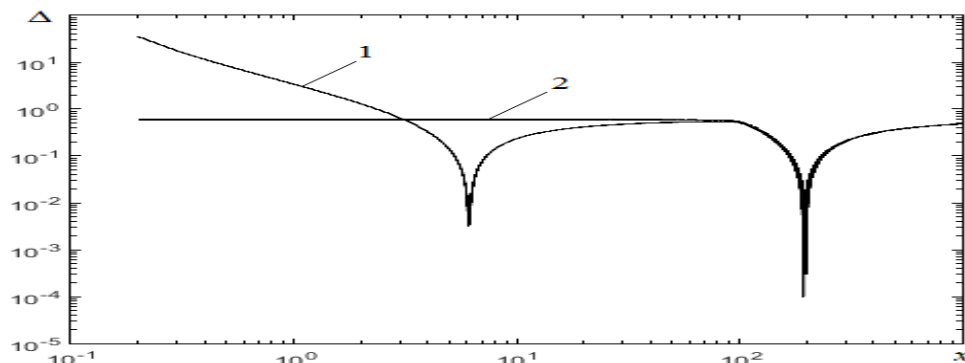


Рис. 3 Определение направленностей ошибок
Fig. 3 Definition of error directions

Обсуждение результатов. В результате выполненной работы предложен метод определения координат очага комбинированным методом (окружностей и гипербол), а также получена зависимость ошибки определения глубины и гипоцентра землетрясения в зависимости от взаимного расположения сейсмодатчиков.

Применение предложенного метода позволяет определять координаты очага землетрясения при отсутствии данных об одном из типов волн (продольной или поперечной). Предложенный метод может быть использован при выборе места расположения новых сейсмостанций в зависимости от места расположения существующих. Следует также отметить, что при решении задачи выбора сейсмодатчиков для определения координат очага землетрясения с меньшей ошибкой, задача решается методами комбинаторики, что может потребовать больших временных затрат. В связи с этим следует автоматизировать процесс выбора сейсмодатчиков.

Вывод. По результатам исследования могут быть сделаны следующие выводы:

1. По рисунку 2 – кривая зависимости ошибки от взаимного расположения двух сейсмодатчиков стремится к бесконечности в связи с малым расстоянием между ними. При этом происходит переход гиперболы в эллипс. Это приводит к тому, что из-за наличия в показаниях сейсмодатчиков в измерениях времен пробега сейсмических волн, эллипс и окружность не будут пересекаться, как и в случае двух окружностей в работе [2].

2. Используя методы сфер, и метод сфер и гиперболоидов можно определить направленность ошибок.

3. Рассмотренный в статье метод при разнонаправленных ошибках измерения расстояний до очага имеет меньшие ошибки в определении координат очага по сравнению с приведенным в работе [2] – методом сфер, но в тоже время при сонаправленных ошибках – наоборот, ошибки, возникающие при использовании комбинированного метода выше.

Библиографический список:

1. Shearer P.M. Introduction to Seismology. Cambridge University Press; 2009. 412 p.
2. Асланов Т.Г., Тагиров Х.Ю., Магомедов Х.Д. Влияние пространственного расположения сейсмодатчиков на точность определения гипоцентра землетрясения // Вестник Дагестанского

государственного технического университета. Технические науки. №4 (43), 2016 – Махачкала: ДГТУ, 2016. – С. 73-84.

3. D'Amico S. (ed.) Earthquake Research and Analysis - Statistical Studies, Observations and Planning/ S. D'Amico – InTech. Janeza Trdine, 2012. – 460 p.

4. Robert Garotta. Поперечные волны: от регистрации до интерпретации. Краткий курс лекций для высших учебных заведений, 2000 г. Серия №3

5. Schuster G.T. Basics of Seismic Wave Theory / G.T. Schuster – University of Utah, 2007. – 154 p.

6. Kasahara K. Earthquake mechanics / K. Kasahara – Cambridge University Press, 1981. –272 p.

7. Kennett B. Seismic Wave Propagation in Stratified Media / B. Kennett – Australian National University Press, 2009. — 298 p.

8. Яновская Т.Б. Основы сейсмологии: учебное пособие / Т.Б. Яновская – Санкт-Петербург, 2008. - 222 с.

9. Мкртычев О.В. Безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях: монография/ О.В. Мкртычев — М.: МГСУ, 2010.— 152 с.

10. Шахриманьян М.А., Нигметов Г.М., Сосунов И.В. Математическое моделирование как способ поддержки принятия решений в случае возникновения чрезвычайных ситуаций // Каталог «Пожарная безопасность» - 2003. – С. 240-241.

11. Бурмин В.Ю. Новый подход к определению параметров гипоцентров далеких землетрясений / Вулканология и сейсмология – 1994 – С. 68-79

12. Асланов Т.Г., Даниялов М.Г., Магомедов Х.Д., Асланов Г.К. Об одном методе определения очага землетрясения с одновременным определением скоростей сейсмических волн // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН, Материалы. Издательство ДНЦ РАН. Махачкала 2010. – С. 54-59.

13. D'Amico S. (Ed.) Engineering Seismology, Geotechnical and Structural Earthquake Engineering. InTech; 2013. 300 p.

14. Gutenberg B., Richter C.F. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton, New Jersey: Princeton University Press; 1949. 284 p.

15. Архангельский В.Т., Веденская И.А., Гайский В.Н. Руководство по производству и обработке наблюдений на сейсмических станциях СССР / Акад. наук СССР. Совет по сейсмологии. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1954

16. Гитис В.Г., Ермаков Б.В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике / В.Г. Гитис, Б.В. Ермаков — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.— 256 с

17. D'Amico S. (Ed.) Earthquake Research and Analysis - Seismotectonic and Earthquake Geology / S. D'Amico – InTech. Janeza Trdine, 2012. – 370 p.

18. Казаков А.Я., Жихарева А.А. Аналитическая геометрия [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Казаков А.Я. – Электронное учебное пособие для вузов, 2014. – 47 с. – Режим доступа: http://publish.sutd.ru/e_books/analit_geometr_2014/glava/anal_geom.pdf – ЭБС СПГУТД (Дата обращения: 20.08.2016)

References:

1. Shearer P.M. Introduction to Seismology. Cambridge University Press; 2009. 412 p.

2. Aslanov T.G., Tagirov Kh.Yu., Magomedov Kh.D. Vliyanie prostranstvennogo raspolozheniya seysmodatchikov na tochnost' opredeleniya gipotsentra zemletryaseniya. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2016;4(43):73-84. [Aslanov T.G., Tagirov Kh.Yu., Magomedov Kh.D. Influence of seismic sensor spatial configuration onto earthquake hypocenter definition accuracy. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;4(43):73-84. (in Russ.)]

3. D'Amico S. (Ed.) Earthquake Research and Analysis - Statistical Studies, Observations and Planning. InTech; 2012. 460 p.

4. Robert Garotta. Poperechnye volny: ot registratsii do interpretatsii. Kratkiy kurs lektsiy dlya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya №3. 2000. [Robert Garotta. Transversal waves: from registration to interpretation. Short lecture course for Higher Education Institutions. Series №3. 2000. (in Russ.)]

5. Schuster G.T. Basics of Seismic Wave Theory. University of Utah; 2007. 154 p.

6. Kasahara K. Earthquake mechanics. Cambridge University Press; 1981. 272 p.

7. Kennett B. Seismic Wave Propagation in Stratified Media. Australian National University Press; 2009. 298 p.
8. Yanovskaya T.B. Osnovy seysmologii: uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg; 2008. 222 s. [Yanovskaya T.B. Seismology fundamentals: a tutorial. Saint-Petersburg; 2008. 222 p. (in Russ.)]
9. Mkrtychev O.V. Bezopasnost' zdaniy i sooruzheniy pri seysmicheskikh i avariynykh vozdeystviyakh. M.: MGSU; 2010. 152 s. [Mkrtychev O.V. Safety of buildings and constructions during seismic and emergency impacts. Moscow: MGSU; 2010. 152 p. (in Russ.)]
10. Shakhriman'yan M.A., Nigmatov G.M., Sosunov I.V. Matematicheskoe modelirovanie kak sposob podderzhki prinyatiya resheniy v sluchae vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy. Katalog «Pozharnaya bezopasnost'»; 2003. S. 240-241. [Shakhriman'yan M.A., Nigmatov G.M., Sosunov I.V. Mathematical modeling as a method of decision-making support in case of emergency situation arising. Catalogue "Fire safety"; 2003. P. 240-241. (in Russ.)]
11. Burmin V.Yu. Novyy podkhod k opredeleniyu parametrov gipotsentrov dalekikh zemletryaseniy. Vulkanologiya i seysmologiya. 1994;1:68-79. [Burmin V.Yu. A new approach for the determination of remote earthquake hypocenter parameters. Vulcanology and seismology. 1994;1:68-79. (in Russ.)]
12. Aslanov T.G., Daniyalov M.G., Magomedov Kh.D., Aslanov G.K. Ob odnom metode opredeleniya ochaga zemletryaseniya s odnovremennym opredeleniem skorostey seysmicheskikh voln. Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN, Materialy. Makhachkala: Izdatelstvo DNTs RAN; 2010. 54-59. [Aslanov T.G., Daniyalov M.G., Magomedov Kh.D., Aslanov G.K. About the method of seismic center determination with simultaneous definition of speeds of seismic waves. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Makhachkala: DSCRAS Publ.; 2010. 54-59. (In Russ.)]
13. D'Amico S. (Ed.) Engineering Seismology, Geotechnical and Structural Earthquake Engineering. InTech; 2013. 300 p.
14. Gutenberg B., Richter C.F. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton, New Jersey: Princeton University Press; 1949. 284 p.
15. Arkhangel'skiy V.T., Vedenskaya I.A., Gayskiy V.N. Rukovodstvo po proizvodstvu i obrabotke nablyudeniya na seysmicheskikh stantsiyakh SSSR. Akad. nauk SSSR. Sovet po seysmologii. Moskva: Izd-vo Akad. nauk SSSR; 1954. [Arkhangel'skiy V.T., Vedenskaya I.A., Gayskiy V.N. Observation performance and processing guide on the seismic stations of USSR. USSR Academy of Sciences. Seismology Board. Moscow: Izd-vo Akad. nauk SSSR; 1954. (in Russ.)]
16. Gitis V.G., Ermakov B.V. Osnovy prostranstvenno-vremennogo prognozirovaniya v geoinformatike. M.: FIZMATLIT; 2004. 256 s. [Gitis V.G., Ermakov B.V. Fundamentals of spatial-time prognosis in geoinformatics. Moscow: FIZMATLIT; 2004. 256 p. (in Russ.)]
17. D'Amico S. (Ed.) Earthquake Research and Analysis - Seismology, Seismotectonic and Earthquake Geology. InTech; 2012. 370 p.
18. Kazakov A.Ya., Zhikhareva A.A. Analiticheskaya geometriya [Elektronnyy resurs]: Elektronnoe uchebnoe posobie dlya vuzov; 2014. 47 s. Rezhim dostupa: http://publish.sutd.ru/e_books/analit_geometr_2014/glava/anal_geom.pdf – EBS SPGUTD (Data obrashcheniya: 20.08.2016). [Kazakov A.Ya., Zhikhareva A.A. Analytical geometry [Electronic resource]: Electronic tutorial for Higher Education Institutions; 2014. 47 p. Available at: http://publish.sutd.ru/e_books/analit_geometr_2014/glava/anal_geom.pdf – EBS SPGUTD (Access date: 20.08.2016). (in Russ.)]

Сведения об авторе:

Асланов Тагирбек Гайдарбекович – кандидат технических наук, докторант кафедры «Управление и информатика в технических системах и вычислительной техники».

Information about the author:

Tagirbek G. Aslanov – Cand. Sc. (Technical), Doctoral cand., Department Management and Informatics in Technical Systems and Computer Engineering.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. The author declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 10.06.2017.

Received 10.06.2017.

Принята в печать 27.06.2017.

Accepted for publication 27.06.2017.