



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-79-84

УДК 551.248.2:550.348(55)

Способы оценки сейсмичности территории Сирии

А.И. Дубянский*, Х. Алджабасини†

* Воронежский государственный университет, *Российская Федерация, 394018, Воронеж, Университетская пл., 1*

† Российский университет дружбы народов, *Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6*

История статьи:

Поступила: 12 декабря 2018

Доработана: 21 января 2019

Принята: 30 января 2019

Ключевые слова:

Сирия;
землетрясение;
магнитуда;
глубина;
закон повторяемости

В статье рассмотрены оценки изменения магнитуд сейсмических событий за два года (2005—2006 гг.) по данным сейсмических каталогов. Для этого периода построены и сопоставлены между собой графики закономерности повторяемости землетрясений. Проведен анализ графиков повторяемости ряда зон, построенных при сейсмическом районировании, и определена связь коэффициента A с механизмом очага землетрясения. Выполнено прогнозирование сейсмических событий в регионе на основе сейсмического районирования. Представлено деление территории на районы с разной степенью интенсивности произошедших и ожидаемых землетрясений. Данные сейсмического районирования могут использоваться при проектировании и строительстве сейсмостойких сооружений и для решения других практических задач на сейсмически опасной территории. В этом заключается прикладной аспект сейсмического районирования. Для составления карт сейсмического районирования использованы исторические данные и инструментальные наблюдения за землетрясениями, геолого-тектонические и геофизические карты, а также данные о движении блоков земной коры. Выделены участки возможного возникновения очагов землетрясения (зоны ВОЗ) с различными глубинами. Показано, что наибольшую опасность представляют землетрясения с очагами в пределах земной коры. Приведен статистический анализ по землетрясениям в Сирии с учетом исторических землетрясений на основе летописей. Установлено наличие связей между выявленными землетрясениями и планетарными событиями Земли, в том числе солнечной активностью. Отмечается повышение сейсмической активности в зимнее время.

Введение

Землетрясение — это одно из самых опасных и практически не предсказуемых природных явлений, изучение которого является важнейшей научной и прикладной задачей современности. На-

более актуальной эта проблема является в сейсмически активных регионах, таких как Аравийская плита и, в частности, ее северо-западная часть, на которой располагается территория Сирии. Необходимость получения здесь максимально полной

* Доцент кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, к.г.-м.н., доцент

† Аспирант департамента недропользования и нефтегазового дела; zaina40@hotmail.com

© Дубянский А.И., Алджабасини Х., 2019



информации о режиме сейсмичности обусловлена большим объемом гражданских строений и промышленных объектов, возведенных и строящихся без необходимого учета возможной интенсивности сейсмических событий.

Данные о сильных исторических землетрясениях относятся еще к VI в., но регулярные инструментальные наблюдения в Сирии начались только в 1995 г., когда была создана Национальная сейсмологическая сеть (SNSN) с центром в г. Дамаске [1—6]. К настоящему времени SNSN состоит из сорока стационарных телеметрических станций, примерно половина которых оснащена акселерометрами Kinematics SSA-I. Этот тип акселерометров ориентирован на регистрацию только сильных природных событий. Остальные оборудованы короткопериодными цифровыми сейсмометрами Kinematics SSI и используются для сейсмического мониторинга. Сейсмометры установлены как на скальных и осадочных грунтах, так и на дамбах и в подвалах зданий.

Информация о сейсмических событиях, полученная этими станциями, легла в основу детального сейсмического районирования территории Сирии. Результаты сейсмического районирования крайне важны для оценки опасности при строительстве многоэтажных зданий и промышленных объектов. При этом стоит отметить недостаточность фактических данных о региональной динамике сейсмического режима во временном масштабе. Эта информация необходима для получения сравнительных характеристик современных сейсмотектонических процессов различных регионов.

В настоящей работе представлены результаты статистического анализа изменений характера сейсмического режима территории Сирии, которые произошли в течении двух лет. Некоторые результаты нашли свое отражение в следующих публикациях [3—5; 7—9]. Данные о тектонических землетрясениях, которые использованы в данной работе, размещены в *Seismological Bulletin from the Syrian National Seismological Network*.

В *Seismological Bulletin from the Syrian National Seismological Network* за последние десять лет (с января 1995 г.) зарегистрировано около 1200 местных событий с магнитудой 3,5 и более. Анализ этих данных показывает, что сейсмичность Сирии за указанное время может быть охарактеризована от небольшой до умеренной, как это и было в предыдущие века по данным исторических летописей. Большинство инструментально определенных

сейсмических событий с магнитудой в интервале 5—6 расположены вдоль Восточно-Анатолийского разлома. В пределах территории выделяется ряд зон слабых событий ($M \leq 4$), таких как южная Пальмира, район Сергая, Южная и Западная части плато Алеппо, регион Басит, а также береговая зона Средиземного моря. В тоже время, по данным Гарвардской сейсмологической обсерватории [4], самые сильные землетрясения на территории Сирии в течение последних двадцати лет произошли на северо-востоке Пальмирид — 20 ноября 1994 г. в 14:31:04 $M = 5,3$, на юго-востоке Пальмирид — 24 декабря 1996 г. в 22:16:32 $M = 5,5$ и на юго-западе Латакии — 29 марта 2006 г. в 22:05:18 $M = 5,0$. Во всех трех случаях тип механизма в очаге определяется как сдвиг.

Анализ сейсмических событий, которые произошли в течение двух лет (2006 и 2007 гг.) на территории Сирии, показал, что только за указанный период времени зарегистрировано 532 землетрясения с магнитудой от 0 до 3,7. В среднем магнитуда составляет 2,18. Гипоцентры землетрясений располагаются на глубинах от 1 до 62 км. Средняя глубина очаговых зон составляет примерно 19 км, что согласно скоростной модели земной коры Сирии [4], соответствует глубинам, на которых пластовые скорости продольных и поперечных волн соответственно равны 6,4 и 3,7 км/с. Это соответствует породам диоритового ряда.

Для оценки характера изменения сейсмической активности во времени построен график помесечного изменения средней магнитуды сейсмических событий (рис. 1). Отмечается относительная периодичность интенсивности тектонических землетрясений. Она заключается в понижении среднего фона магнитуд в летние месяцы. Период составляет примерно один год.

Установлена относительно слабая корреляционная связь магнитуды сейсмических событий с глубиной очаговой зоны (рис. 2). Вполне вероятно, что эта связь при учете более сильных событий будет иметь нелинейный характер [10—15].

В свою очередь глубины гипоцентров определяются тектонической позицией эпицентральных зон. Наиболее сильные землетрясения регистрируются в области разлома Мертвого моря на западе Сирии. Практически все они имеют сдвиговый характер механизма очага. Относительно слабые события, доля которых составляет более 90 %, имеют сбросовый кинематический тип и могут формироваться в широком диапазоне глубин от 12 до 30 км.

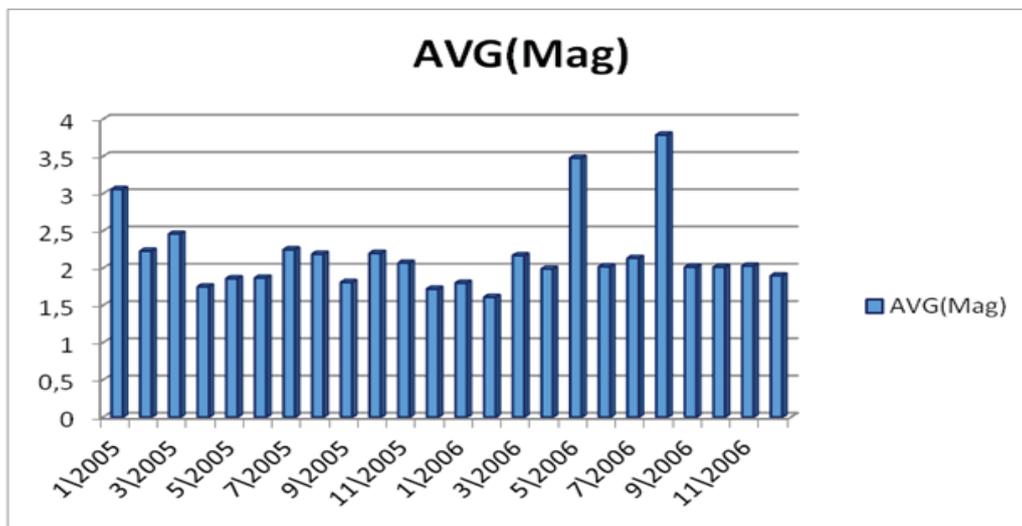


Рис. 1. График изменения среднемесячного значения магнитуд сейсмических событий в течение двух лет (2005—2006 гг.)
[Figure 1. The graph of changes in the average monthly magnitude of seismic events over two years (2005—2006)]

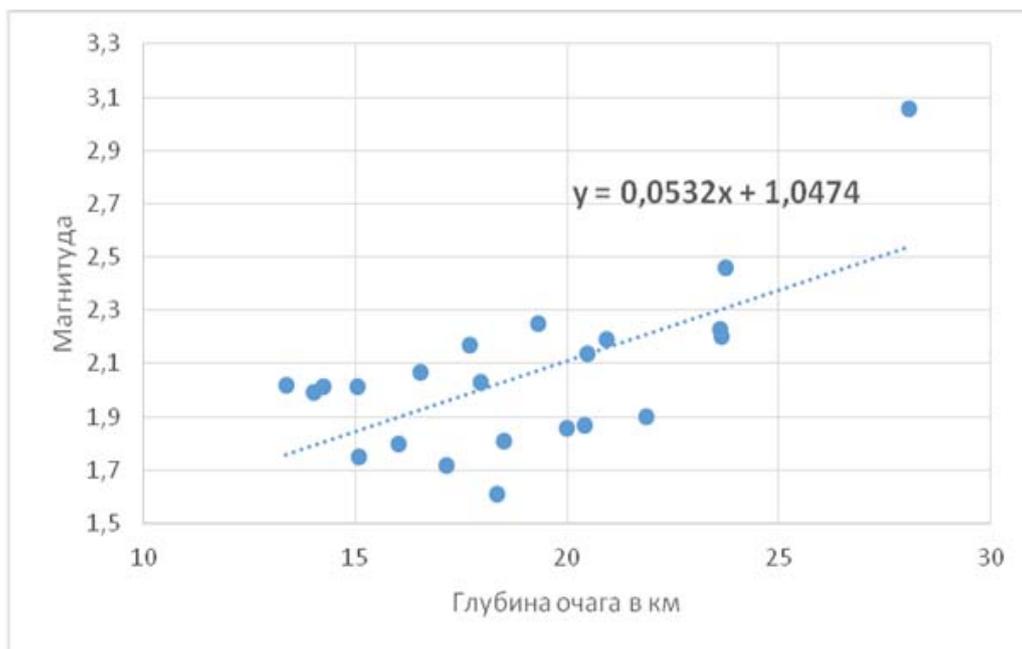


Рис. 2. Зависимость магнитуды сейсмических колебаний от глубины очаговой зоны
[Figure 2. Dependence of seismic vibration magnitude on the depth of the source zone]

По имеющимся данным рассчитаны законы повторяемости землетрясений для 2005 и 2006 гг., графики которых представлены на рис. 3.

Графики свидетельствуют о том, что сейсмичность территории Сирии в течение двух лет практически не менялась. По значению коэффициента A отмечается некоторое увеличение сейсмической активности в 2006 г. В работах [16—19] убедительно показана зависимость знака коэффициента A от вероятного механизма очаговой зоны. Отрицательные значения A указывают на сдвиговый характер де-

формации, который напрямую связан с режимом тектоники плит.

В заключение стоит отметить, что территория Сирии и особенно ее периферийная северо-западная часть является сейсмически активной со средней магнитудой около 2. В то же время относительно редко случаются землетрясения с магнитудой более 5 (3 события за 20 лет). В результате анализа каталогов землетрясений за два года получены оценки сейсмичности всей территории Сирии. Установлена относительная периодичность интен-

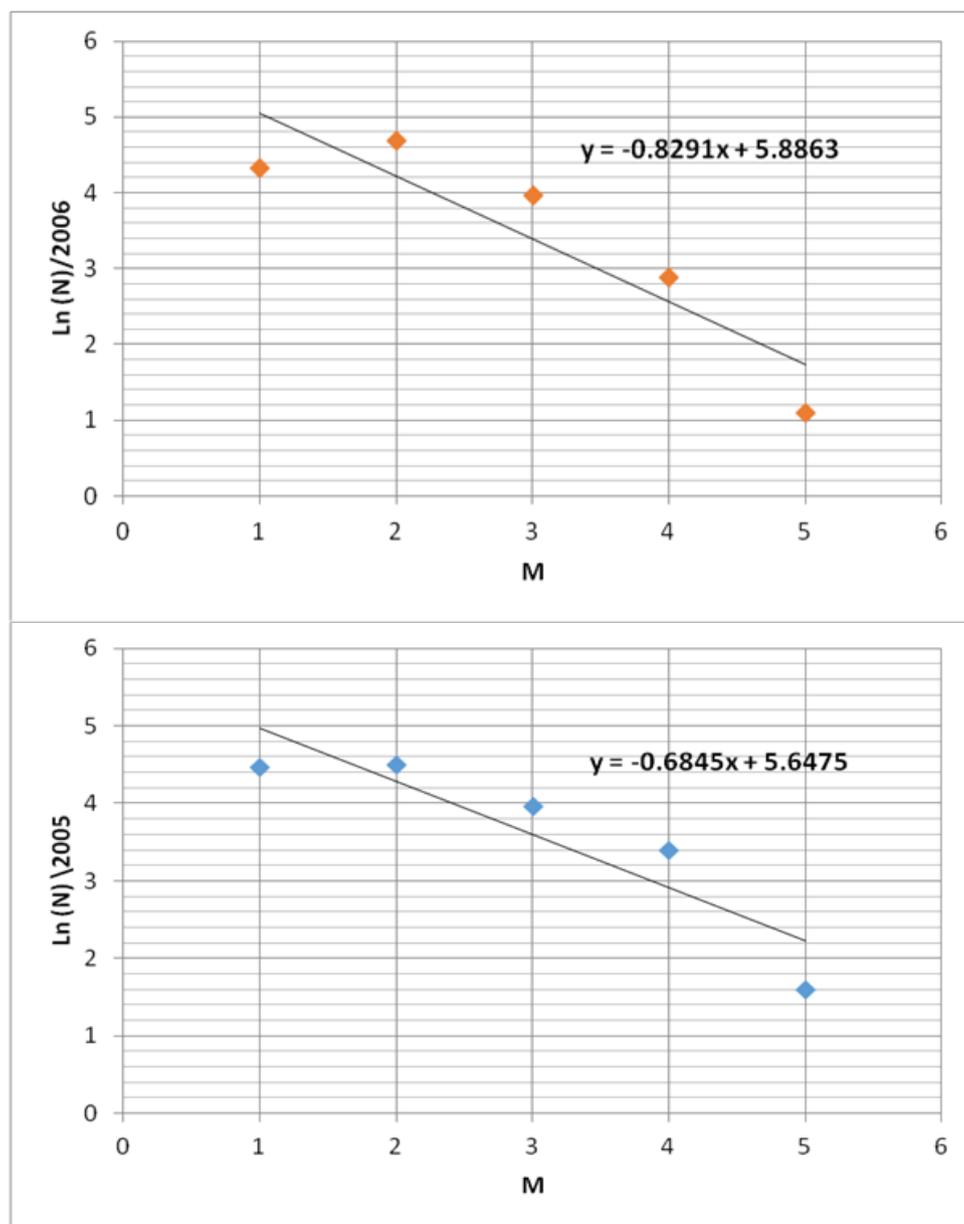


Рис. 3. Законы повторяемости землетрясений на территории Сирии в 2005 и 2006 гг.
 [Figure 3. The laws of the frequency of earthquakes in Syria in 2005 and 2006]

сивности тектонических землетрясений, которая определяется понижением среднего фона магнитуд в летние месяцы. Период спада среднего фона магнитуд составляет примерно один год. Повышение сейсмической активности в зимнее время связано, по-видимому, с активностью солнца и другими процессами планетарного масштаба.

Список литературы

- [1] Аглонов С.В. Геодинамика: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. 360 с.
- [2] Горный В.И., Амар О., Кафри А., Киселев А.В., Крицук С.Г., Латыпов И.Ш., Минини Х. Региональное гео-

логическое строение севера Аравийской плиты и перспективы нефтегазоносности территории Сирии по данным комплексной обработки результатов спутниковых и гравиметрических съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 305—312.

- [3] Девяткин Е.В., Додонов А.Е., Доброва М.Р. и др. Очерки геологии Сирии // Труды ГИН РАН. Вып. 526. М.: Наука, 2000. 204 с.
- [4] Дубянский А.И., Алджабасини Х. Некоторые оценки режима сейсмичности территории Сирии // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: материалы 43-й сессии Международного научного семинара им. Д.Г. Успенского. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 74—75.

- [5] *Оленин В.Б., Зверева О.В., Селицкий А.Г.* Нефтегеологическое районирование бассейна Персидского залива // Изв. высш. учеб. завед. Серия: Геология и разведка. 1972. № 2. С. 112–117.
- [6] Seismological Bulletin from the Syrian National Seismological Network. URL: <http://www.nec.gov.sy> (дата обращения: декабрь, 2018).
- [7] *Абрамов В.Ю., Долгинов Е.А.* Новые данные о влиянии лунных фаз на землетрясения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2013. № 2. С. 37–44.
- [8] *Омар Х.М., Татевосян Р.Э., Ребецкий Ю.Л.* Механизмы землетрясений и напряженное состояние земной коры в Сирии // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о земле. 2012. № 2. Вып. 20. С. 139–147.
- [9] *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики: учебник для студентов геологических специальностей вузов. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
- [10] *Абрамов В.Ю., Джамус Али Дауд.* Сейсмические данные на шельфе в восточной части Средиземного моря // Инновации и инвестиции. 2017. № 5. С. 150–154.
- [11] *Абрамов В.Ю., Макаровский О.В.* Геологическая интерпретация сейсмических данных. М.: РУДН, 2019. 116 с.
- [12] *Ребецкий Ю.Л., Лукк А.А., Татевосян Р.Э., Быкова В.В.* Определение фокальных механизмов слабых землетрясений и современная геодинамика юга Ирана // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 971–988.
- [13] *Sadovsky M.A., Pisarenko V.F.* Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 92 с.
- [14] Global CMT catalogue (2012). URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html> (дата обращения: сентябрь, 2018).
- [15] *Hatem M. El Ssayd, Hussam E. Zaineh, Draji Dojcinovski, Vladimir Mihailov.* Re-Evaluations of Seismic Hazard of Syria // International Journal of Geosciences. 2012. No. 3. Pp. 847–855.
- [16] *Sadooni F.N., Alsharhan A.S.* Stratigraphy, microfacies, and petroleum potential of the Nauddud Formation (Albian-Cenomanian) in the Arabian Jult basin // AAPG Bull. 2003. Vol. 87. No. 10. Pp. 1653–1680.
- [17] *Mohamad Khir Abdul-Wahed, Ibrahim Al-Tahham.* Preliminary outline of the seismologically active zones in Syria // Annals of geophysics. 2010. Vol. 53. No. 4. doi: 10.4401/ag-4683
- [18] *Rawaa Dakkak, Maen Mreish, Mohamad Daoud, George Hade.* Seismological Research Letters. 2005. Vol. 76. No. 4. Pp. 437–445.
- [19] *Sadooni F.N., Alsharhan A.S.* Stratigraphy, microfacies, and petroleum potential of the Nauddud Formation (Albian-Cenomanian) in the Arabian Jult basin // AAPG Bull. 2003. Vol. 87. No. 10. Pp. 1653–1680.

Для цитирования:

Дубянский А.И., Алджабасини Х. Способы оценки сейсмичности территории Сирии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 1. С. 79–84. DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-79-84

Research paper

Ways to assess of seismicity of the territory of Syria

Alexander I. Dubyansky*, Hiba Aljabasini†

* Voronezh State University, *1 University Sq., Voronezh, 394018, Russian Federation*

† Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), *6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation*

Article history:

Received: November 02, 2018

Revised: January 21, 2019

Accepted: January 29, 2019

Keywords:

Syria;
earthquake;
magnitude;
depth;
law of repeatability

The article considers estimates of changes in the magnitudes of seismic events for two years (2005–2006) according to seismic catalogs. For this period, graphs of the law of repeatability of earthquakes were constructed and compared with each other. The analysis of the graphs of the frequency of occurrence of a number of zones built during seismic zoning was carried out, and the relationship between parameter *A* and the earthquake source mechanism was determined. Seismic zoning — the division of the territory into areas with varying degrees of intensity occurred and expected earthquakes. Seismic zoning data is used in the design and construction of earthquake-resistant structures and solving other practical problems in a seismically dangerous area. This is the applied aspect of seismic zoning. For the mapping of seismic zoning, historical data and instrumental observations of earthquakes, geological-tectonic and geophysical maps, as well as data on the movements of blocks of the earth's crust are used.

* Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor

† Postgraduate student of Geology, Department of Geology, Mining and Oil & Gas Engineering; zaina40@hotmail.com

There are areas of possible occurrence of earthquake foci (OEF zones) with different depths. The greatest danger is represented by earthquakes with foci within the earth's crust (at a depth of 3 to 30—50 km). The article provides a statistical analysis of the earthquakes of Syria for two years, taking into account historical earthquakes from the chronicles. The result of the work is the establishment of links between the identified earthquakes and the planetary events of the Earth, including solar activity. There is an increase in seismic activity in winter. Presented research should be used in forecasting future. It is worth noting that the basis for forecasting future natural events is the integration of analytical methods for analyzing data and theoretical ideas about the tectonics of the region in question.

References

- [1] Aplonov SV. *Geodynamics*: textbook. Saint Petersburg: Publishing House of Saint Petersburg University; 2001. (In Russ.)
- [2] Gorny VI, Amir O, Kafri A, Kiselev AV, Kritsuk SG, Latypov IS, Minini Kh. Regional geological structure of the North Arabian plate and prospects of oil and gas potential of the territory of Syria according to the complex processing of satellite and gravimetric survey results. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the Earth from space]. 2012;9(1): 305—312. (In Russ.)
- [3] Devyatkin EV, Dodonov AE, Dobrova MR et al. Essays on the Geology of Syria. *Tr. GIN RAS. Vol. 526*. Moscow: Nauka Publ.; 2000. (In Russ.)
- [4] Dubyansky AI, Aljabasini H. Some assessment of the regime of seismicity of the territory of Syria. *Theory and practice of geological interpretation of geophysical fields: Proceedings of the 43rd session of D.G. Uspensky the International scientific seminar*. Voronezh: Publishing and printing center "Scientific book"; 2016. p. 74—75.
- [5] Olenin VB, Zverev OV, Selitsky AG. Oil and gas zoning of the Persian Gulf. *Bull. Higher. Stud. Inst. Geology and Exploration Series*. 1972;(2): 112—117.
- [6] *Seismological Bulletin from the Syrian National Seismological Network*. www.nec.gov.sy (accessed: December, 2018).
- [7] Abramov VYu, Dolginov EA. New dates of correlation a moons phases and earthquakes. *Bulletin of the Peoples Friendship University of Russia. Series: Engineering research*. 2013;(2): 37—44. (In Russ.)
- [8] Omar HM, Tatevosyan RE, Rebetsky YL. The mechanism of earthquakes and stress state of earth crust in Syria // *Herald KRAUNTS. Earth Science Series*. 2012;2(20): 139—147.
- [9] Khain VYe, Lomize MG. *Geotectonics with bases of geodynamics tutorial: for students of geological specialties of universities*. Moscow: Moscow State University Publ.; 1995. (In Russ.)
- [10] Abramov VYu, Jamus AD. Seysmicheskiiye given on the shelf in east part of the Mediterranean Sea [Seismic data on the shelf in the Eastern Mediterranean]. *Innovation & Investment*. 2017;(5): 150—154. (In Russ.)
- [11] Abramov VYu, Makarovskiy OV. *Geologicheskaya interpretatsiya seismicheskikh dannykh* [Geological interpretation of seismic data]. Moscow: RUDN Publ.; 2019. (In Russ.)
- [12] Rebetsky YuL, Lucc AA, Tatevosyan RE, Bykova VV. Opredelenie lokal'nykh mekhanizmov slabykh zemletryasenii i sovremennaya geodinamika yuga Irana [Determination of focal mechanisms of weak earthquakes and modern geodynamics of southern Iran]. *Geodynamics and Tectonophysics*. 2017;8(4): 971—988.
- [13] Sadoovskiy MA, Pisarenko VF. *Seismicheskiiy protsess v blokovoii srede* [Seismic process in block environment]. Moscow: Nauka Publ.; 1991. (In Russ.)
- [14] *Global CMT catalog* (2012). Available from: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html> (accessed: September, 2018).
- [15] Hatem M, El Ssayd, Hussam E, Zaineh, Draji Dojcinovski, Vladimir Mihailov. Re-Evaluations of Seismic Hazard of Syria. *International Journal of Geosciences*. 2012;(3): 847—855.
- [16] Sadooni FN, Alsharhan AS. Stratigraphy, microfacies, and petroleum potential of the Nauddud Formation (Albian-Cenomanian) in the Arabian Jult basin. *AAPG Bull.* 2003;87(10): 1653—1680.
- [17] Mohamad Khir Abdul-Wahed, Ibrahim Al-Tahham. Preliminary outline of the seismologically active zones in Syria. *Annals of geophysics*. 2010;53(4). doi:10.4401/ag-4683
- [18] Rawaa Dakkak, Maen Mreish, Mohamad Daoud, George Hade. *Seismological Research Letters*. 2005;76(4): 437—445.
- [19] Sadooni FN, Alsharhan AS. Stratigraphy, microfacies, and petroleum potential of the Nauddud Formation (Albian-Cenomanian) in the Arabian Jult basin. *AAPG Bull.* 2003;87(10): 1653—1680.

For citation:

Dubyansky AI, Aljabasini H. Ways to assess of seismicity of the territory of Syria. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2019;20(1): 79—84. DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-1-79-84 (In Russ.)