

Естественнаучное крымоведение:
Крым как вмещающий ландшафт

Naturalistic Crimean Regional Studies: Crimea as Enclosing Landscape /
Naturwissenschaftliche Krimforschung: Krim als umfassende Landschaft

УДК (551.24:550.348.098.64)(47)Крым



Гатинский Ю.Г.

Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова

Гатинский Юрий Георгиевич, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7225-7073>

E-mail: yury-g-gatinsky@j-spacetime.com; yug@sgm.ru, gatinsky@gmail.com

Проблема фундаментального изучения физико-географических особенностей Крымского полуострова, включая его геодинамику, становится весьма актуальной в связи с его недавним возвращением в Российскую Федерацию. В зарубежной и российской печати, а также в интернете недавно появились предположения о движении полуострова Крым по космогеодезическим данным в направлении территории Краснодарского края, к которой он якобы может присоединиться через 1,5 млн. лет. Однако анализ векторов GPS в системе ITRF2014 для более обширной территории показывает, что Крым перемещается на северо-восток вместе с соседними районами Украины, Западного Кавказа и Северной Турции. Все эти районы, как и Крымский полуостров, входят в состав Северо-Евразийской литосферной плиты и окружающих её блоков. Современные магнитуды землетрясений на шельфе и в прибрежной части Горного Крыма достигают 4,99—5,99. Таким образом, современная геокинематика полуострова отчетливо определяется его связью с Северо-Евразийской плитой и наиболее максимальные сейсмические события приурочены к его южной части.

Ключевые слова: векторы горизонтального перемещения; Северо-Евразийская литосферная плита; станции GPS; активные разломы; блоки земной коры; магнитуды землетрясений.

В последнее время в зарубежных и российских СМИ появились сообщения о движении полуострова Крым, согласно космогеодезическим данным, в направлении территории Краснодарского края Российской Федерации. Приводится даже скорость такого перемещения, по одним данным, 2,9 мм/год [Астрономы заявили... 2016; Тектонические процессы... 2016; Коробатов 2016; News From Elsewhere 2016], по другим — 29 мм/год [Ферапонтов 2016]. При втором варианте величины скорости предполагается, что Крым присоединится к материковой России через 1,5 млн. лет. Попробуем рассмотреть данную проблему на более обширном космогеодезическом материале, для чего обратимся вначале к **рис. 1**.



Рис. 1. Векторы горизонтального перемещения Крыма и прилегающей части Украины по данным GPS измерений в системе ITRF 2014 [ITRF Website 2016]: **1** — вектор горизонтального перемещения на станции GPS «Симеиз» на южном берегу Крыма; **2** — тот же вектор на станции «Николаев» на юге Украины. Коричневые линии — активные разломы. Серая линия на Перекопском перешейке и в Сиваше — государственная граница между Россией и Украиной.

Как видно из рисунка, векторы перемещения в Крыму и на юге Украины направлены практически одинаково: 63,2° СВ на станции «Симеиз» и 62,8° СВ на станции «Николаев». Близки и скорости такого перемещения (27,1 мм/год в первом случае и 26,5 мм/год

Гатинский Ю.Г. Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова

во втором). Следовательно, мы можем констатировать, что Крым перемещается не сам по себе, а вместе с прилегающей территорией Украины. Чтобы посмотреть, какую площадь охватывает такое перемещение, обратимся к **рис. 2** и **3**.

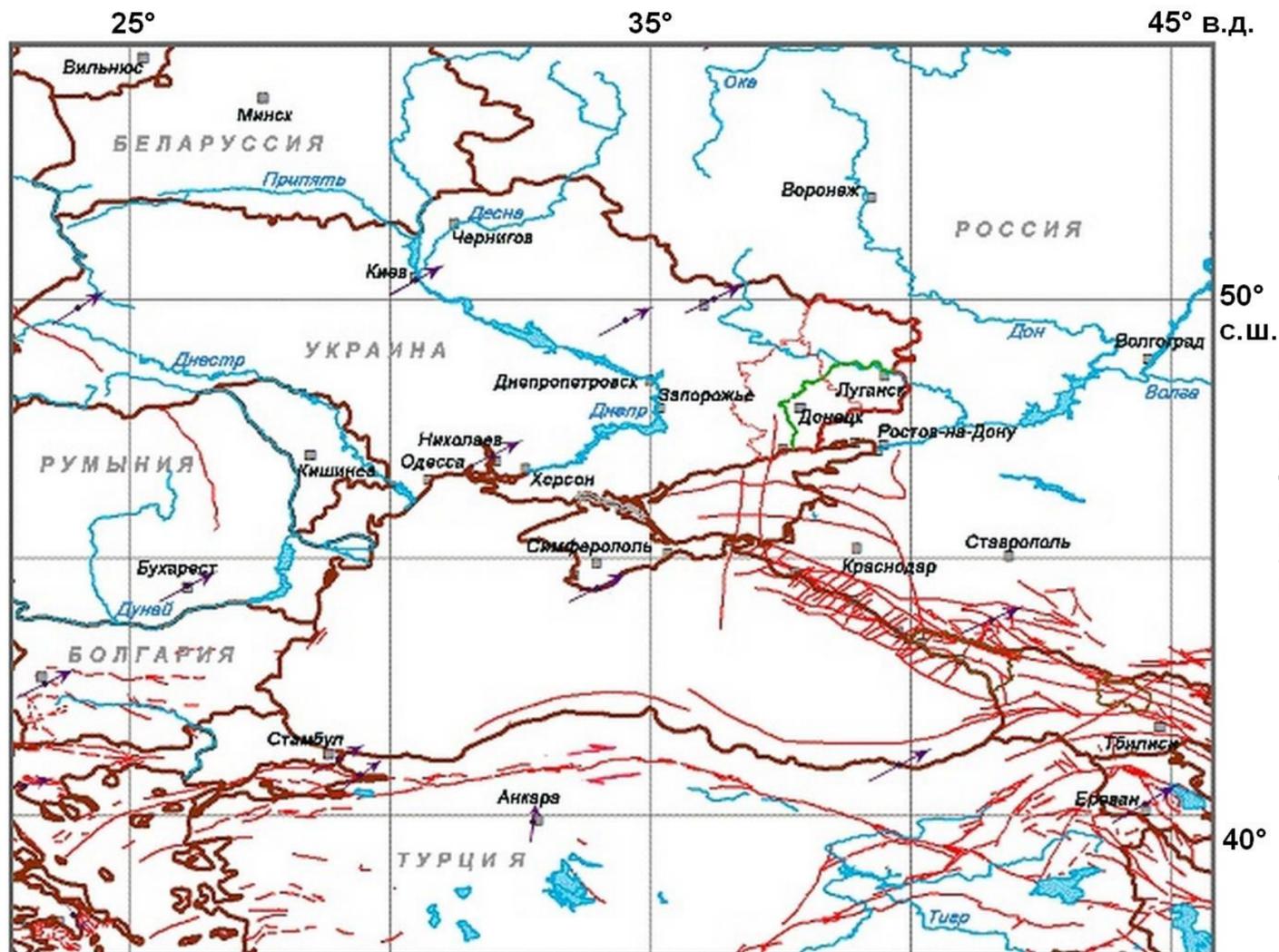


Рис. 2. Векторы горизонтального перемещения Юго-Восточной Европы и Турции, по тем же данным.

Красные стрелки вдоль Северо-Анатолийского разлома указывают направление перемещения его крыльев.

На **рис. 2** видно, что к векторам Крыма и южной Украины весьма близки векторы на станциях около Киева и на левобережье Днепра, в Румынии, на севере Турции [Aktuğ et al. 2008], и на Кавказе. Все они расположены на территории, входящей в состав Северо-Евразийской литосферной плиты и примыкающих к ней блоков земной коры [Гатинский и др. 2007, 2014]. Эти структуры смещаются практически в одном направлении на восток-северо-восток с близкими скоростями 25,6—27,9 мм/год. Конкретно на станции возле Харькова Северо-Евразийская плита перемещается со скоростью 27,1 мм/год по азимуту 63,36° СВ. Таким образом, вопреки имеющим место в последнее время сообщениям, следует признать, что происходит перемещение на северо-восток не Крыма, а обширной территории Северо-Евразийской плиты [Рундквист, Гатинский 2003; Rundkvist et al. 2005], в состав которой входит полуостров (**рис. 3**).



Рис. 3. Сейсмичность, активные разломы и векторы GPS юго-западной части Северо-Евразийской плиты и соседних с ней блоков Альпийско-Иранской транзитной зоны [Гатинский и др. 2007, 2014; Рундквист, Гатинский 2003]. Границы: черные толстые пунктирные — Северо-Евразийской литосферной плиты, черные тонкие — блоков. Красные линии — активные разломы. Небольшими полностью залитыми кружками обозначены эпицентры землетрясений с магнитудой: 7,99—8,99 — красные, 6,99—7,99 — черные, 5,99—6,99 — сиреневые, 4,99—5,99 — темно-зеленые, 3,99—4,99 — светло-зеленые. Стрелки с точками посередине — векторы GPS данным ITRF2014. Изолиниями и различными оттенками зеленого цвета показаны объемы высвобождающейся сейсмической энергии, рассчитанные по данным NEIC2015. Подписаны отдельные значения энергии в джоулях. Зеленой линией на востоке Украины обозначена фактическая западная граница самопровозглашенных республик Донецкой и Луганской.

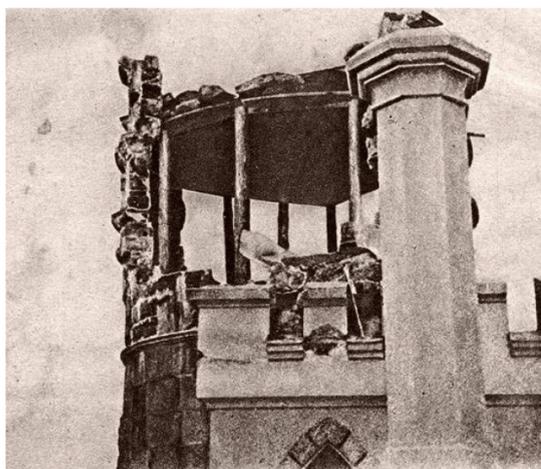
Гатинский Ю.Г. Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова

Принципиальное изменение направления смещения происходит только в Центральной Турции к югу от дугообразного Северо-Анатолийского разлома. Этот крупнейший в Европе и Западной Азии активный разлом длиной более 1200 км представляет собой правосторонний сдвиг, южное крыло которого перемещается к западу, а северное — к востоку. К этому разлому приурочены эпицентры катастрофических землетрясений в Турции в 1939 г. (погибло 32 700 человек) и в 1999 г. (погибло 17 000 человек). На современном этапе к югу от разлома устанавливается отчетливый поворот Анатолийского блока против часовой стрелки, подтверждаемый механизмами в гипоцентрах землетрясений по данным СМТ. Скорость такого поворота, сопровождаемого землетрясениями с M 6—7 на этом разломе, достигает 24 мм/год [Nocquet 2012]. Скорости поверхностных S-волн под Анатолийским блоком составляют 2,2—3,6 км/сек⁻¹, граница Мохо (подошва земной коры) находится здесь на глубине 33 км [Erduran et al. 2007].

Уровень сейсмической энергии в пределах Крымского полуострова возрастает с севера на юг от 10^{-7} — 10^{-5} Дж до 10^2 — 10^3 с максимумами у Симферополя и Севастополя и на прилегающих к ним склонах Яйлы. Магнитуды (M) землетрясений в прибрежной части Горного Крыма достигают 4,99—5,99. В 1927 г. здесь произошли 2 землетрясения с максимальными M 6,8, приведших к человеческим жертвам и разрушениям до 70% строений в г. Ялта.



Последствия крымского землетрясения 1927 г.



Башня замка «Ласточкино гнездо» после землетрясения. Фото 1927 г.



Землетрясение в Крыму. Художник К. Петров-Водкин. 1927—1928

По историческим данным, подобные события происходили неоднократно в прошлые века и, возможно, были одной из причин разрушения и последующего упадка древнегреческого города Херсонес. Причину землетрясений большинство исследователей, начиная с А.Д. Архангельского, обзор доклада которого содержится в работе [Мирчинк 1929], видят в вертикальных подвижках с опусканиями по сбросам к югу крупных фрагментов пород относительно крутого континентального склона глубоководной котловины Чёрного моря и южного уступа Яйлы.

В то же время изучение палеосейсмичности Крымского горного массива [Никонов 2016] показывает, что за последние 2,5—3 тысячи лет здесь произошло порядка 30 событий с $M \geq 5,8$, вызывавших его общее субгоризонтальное сжатие в меридиональном направлении. Связанные с ними сейсмолинементы, поперечные к простиранию массива, образуют расходящийся к северу веер в полосе длиной 300 км и шириной 40—60 км вдоль южного берега Крыма. Средняя повторяемость оценивается в ≥ 100 лет. Соответственно, вплоть до 20-х годов текущего столетия Южный берег Крыма находится в ожидании очередного значительного сейсмического события.

Через Керченский пролив проходит трансрегиональный субмеридиональный активный разлом, пересекающий севернее всю акваторию Азовского моря (рис. 3). По смещениям элементов рельефа и контуров на схеме сейсмической энергии и по аналогии с более восточными разломами того же простирания он представляет собой, скорее всего, левосторонний сдвиг. Активность его подтверждается проявлениями грязевого вулканизма в Керченском проливе, что необходимо учитывать при строительстве моста с материковой части на полуостров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астрономы заявили о движении Крыма к материковой России [Электронный ресурс] // РБК. 4 окт. 2016. Режим доступа: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/57f3b6349a79474530444844>.
2. Гатинский Ю.Г., Рундквист Д.В., Тюпкин Ю.С. Блочные структуры и кинематика Западной Евразии по данным GPS // Геотектоника. 2007. № 1: 30—42.
3. Гатинский Ю.Г., Владова Г.Л., Прохорова Т.В., Рундквист Д.В., Соловьев А.А. Современная геодинамика горнопромышленных регионов европейской части России и ближнего зарубежья [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2014. Т. 5. Вып. 1. Ч. 1. Режим доступа. <http://e-almanac.space-time.ru/index/tom-5.-vyipusk-1.-part-1/>.
4. Коробатов Я. Как движение Крыма к России связано с обороноспособностью страны [Электронный ресурс] // Комсомольская правда. 2016. 5 окт. Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/26590/3606228/>.
5. Мирчинк Г. Причины крымского землетрясения // Природа. 1929. № 1. С. 76—77.
6. Никонов А.Л. Сейсмогеодинамика Крымского региона (по материалам за 2,6 тысячи лет) // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ. Материалы XLVIII Тектонического совещания. Т. 2. М.: ГЕОС, 2016. С. 43—48.
7. Рундквист Д.В., Гатинский Ю.Г. Блоки Евразии по сейсмическим данным и результатам спутниковых измерений // Проблемы глобальной тектоники. Материалы теоретического семинара ОГГН РАН / Ред. Д.В. Рундквист. Вып. 2. М.: ОГГН РАН, 2003. С. 57—70.

Гатинский Ю.Г. Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова

8. Тектонические процессы толкают Крымский полуостров в сторону Российской Федерации – Ученые [Электронный ресурс] // Hi-Tech Наука. 2016. 4 окт. Режим доступа: <http://it-777.ru/nauka-i-tehnologii/tektonicheskie-processi-tolkayut-krimskiy-poluostrov-v-storonu-rossiyskoy-federacii-uchenie.html>
9. Ферапонтов И. Россия наедет на Японию. Тектонические сдвиги меняют континенты [Электронный ресурс] // LIFE.Ru. 2016. 14 окт. Режим доступа: https://life.ru/t/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/916125/rossia_naiediet_na_iaponiiu_tiektonichieskie_sdvighi_mieniaiut_kontinienty.
10. Aktuğ B., Özdemir S., Cingöz A., Aysezen Ş., Erkan Y. "A Multi-Purpose Continuous GPS Network within the Boundary Zones of the Eurasian, African, and Arabian Plates." *Geodesy Department, General Command of Mapping, TR-06100*. Ankara, Turkey, 2008. Web. <www.hgk.mil.tr>.
11. Altamimi Z., Métivier L., Rebischung P., Rouby H., Collilieux X. "ITRF2014 Plate Motion Model." *Geophysical Journal International* 209.3 (2017): 1906–1912.
12. Erduran M., Çakır Öz., Tezel T., Şahin S., Alptekin Öm. "Anatolian Surface Wave Evaluated at GEOFON Station ISP Isparta, Turkey." *Tectonophysics* 434.1–4 (2007): 39–54.
13. *ITRF Website*. Institut Géographique National, Paris, Jan 2016. Web. <<http://itrf.ensg.ign.fr/>>.
14. "News From Elsewhere. Russian Scientists Say Crimea 'Moving Toward Russia.'" BBC News. BBC, Inc., 5 Oct. 2016. Web. <<http://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-37562158>>.
15. Nocquet J.-M. "Present-Day Kinematics of the Mediterranean: A Comprehensive Overview of GPS Results." *Tectonophysics* 579 (2012): 220–242.
16. Rundquist D.V., Gatinsky Yu.G., Bush W.A., Kossobokov V.G. "The Area of Russia in the Present-Day Structure of Eurasia: Geodynamics and Seismicity." *Computational Seismology and Geodynamics*. Ed. D.K. Chowdhury. Washington D.C.: Am. Geophys. Union, 2005, volume 7, pp. 224–233.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11–2011:

Гатинский, Ю. Г. Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова [Электронный ресурс] / Ю.Г. Гатинский // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. — 2017. — Т. 14. — Вып. 1: Крымоведение: пространство и время Крыма. — Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprov_r_e-ast14-1.2017.12.

UP-TO-DATE GEODYNAMICS AND SEISMICITY OF THE CRIMEAN PENINSULA

Yury G. Gatinsky, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Vernadsky RAS State Geological Museum (Moscow), Main Scientific Researcher

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7225-7073>

E-mail: yury-g-gatinsky@j-spacetime.com; yug@sgm.ru, gatinsky@gmail.com

The problem of fundamental investigations of the physical-geographical features of the Crimean Peninsula, including its geodynamics becomes highly actual in connection with the recent return it in the Russian Federation. Some recent information in mass-media assumes that, according to space geodetic data, since 2014, the Crimean Peninsula as a land mass has physically been moving towards Russia's continental landmass (i.e. tectonic shifts monitoring have proof that the Peninsula, in contrast with Ukraine, is actually moving northeast close to Krasnodar Region territory), with which it can ostensibly collided in 1.5 million years.

Using analysis of GPS vectors in the ITRF system for large territory for studying up-to-date geodynamics and seismicity of the Crimea Peninsula, I challenge such media's claims: my analysis shows Crimea moves to the north-east together with neighboring regions of Ukraine, the West Caucasus, and North Turkey. All these regions as well as the Crimean Peninsula are in the North Eurasian Lithosphere Plate and surrounding blocks. Up-to-date earthquakes magnitudes are 4.99–5.99 at the shelf and in the near short part of the Mountain Crimea. So the modern geo-kinematics of the Peninsula is clearly defined by its connection with the North Eurasian Plate and maximal seismic events take place in its south part (as was formerly the case, for example, in 1927, or long before, when, perhaps, they were one of the causes of the destruction and subsequent decline of the ancient Greek city of Tauric Chersonese).

I also consider it is unacceptable and scientifically unscrupulous to justify political decisions and cultural and ideological preferences by geophysical phenomena.

Keywords: vectors of horizontal moving; North Eurasian Lithosphere Plate; GPS stations; active faults; crust blocks; earthquake magnitudes.

References:

1. Aktuğ B., Özdemir S., Cingöz A., Aysezen Ş., Erkan Y. "A Multi-Purpose Continuous GPS Network within the Boundary Zones of the Eurasian, African, and Arabian Plates." *Geodesy Department, General Command of Mapping, TR-06100*. Ankara, Turkey, 2008. Web. <www.hgk.mil.tr>.
2. Altamimi Z., Métivier L., Rebischung P., Rouby H., Collilieux X. "ITRF2014 Plate Motion Model." *Geophysical Journal International* 209.3 (2017): 1906–1912.
3. "Astronomers Have Announced the Movement of the Crimea to the Mainland of Russia." *RBC News Agency*. RBC Group, 4 Oct. 2016. Web. <<http://www.rbc.ru/rbcfreenews/57f3b6349a79474530444844>>. (In Russian).

Гатинский Ю.Г. Современная геокинематика и сейсмичность Крымского полуострова

4. Erduran M., Çakır Öz., Tezel T., Şahin S., Alptekin Öm. "Anatolian Surface Wave Evaluated at GEOFON Station ISP Isparta, Turkey." *Tectonophysics* 434.1–4 (2007): 39–54.
5. Ferapontov I. "Russia Will Move upon Japan. Tectonic Shifts Change the Continents." *LIFE.Ru*. N.p., 14 Oct. 2016. Web. <https://life.ru/t/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/916125/rossia_naiediet_na_iaponiu_tiektonicheskie_sdvighi_mieniaiut_kontinienty>. (In Russian).
6. Gatinsky Yu.G., Rundqvist D.V., Tyupkin Yu.S. "Block Structures and Kinematics of Western Eurasia According to GPS Data." *Geotectonics* 1 (2007): 30–42. (In Russian).
7. Gatinsky Yu.G., Vladova G.L., Prokhorova T.V., Rundqvist D.V., Soloviev A.A. "Up-to-date Geodynamics of Mining Regions in the European Part of Russia and Nearest Foreign Countries." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 5.1(1) (2014). Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast5-1-1.2014.61>. (In Russian).
8. *ITRF Website*. Institut Géographique National, Paris, Jan 2016. Web. <<http://itrf.ensg.ign.fr/>>.
9. Korobotov Ya. "How Crimean Movement to Russia Is Linked to the Country's Defense Capacity." *Komsomolskaya Pravda*. 5 Oct. 2016. Web. <<https://www.kp.ru/daily/26590/3606228/>>. (In Russian).
10. Mirchink G. "Causes of the Crimean Earthquake." *Priroda [The Nature]* 1 1929: 76–77. (In Russian).
11. "News From Elsewhere. Russian Scientists Say Crimea 'Moving Toward Russia.'" *BBC News*. BBC, Inc., 5 Oct. 2016. Web. <<http://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-37562158>>.
12. Nikonov A.L. "Seismogeodynamics of the Crimean Region (Based on Materials for 2.6 Thousand Years)." *Tectonics, Geodynamics and Oreogenesis of Folded Belts and Platforms. Proceedings of 48th Tectonic Meeting*. Moscow: GEOS Publisher, 2016, volume 2, pp. 43–48. (In Russian).
13. Nocquet J.-M. "Present-Day Kinematics of the Mediterranean: A Comprehensive Overview of GPS Results." *Tectonophysics* 579 (2012): 220–242.
14. Rundqvist D.V., Gatinsky Yu.G. "Blocks of Eurasia According Seismic Data and Satellite Measurements Results." *Problems of Global tectonics. Proceedings of the Theoretical Seminar of RAS Division for Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences*. Ed. D.V. Rundqvist. Moscow: RAS Departments for Geology, Geophysics, Geochemistry and Mining Sciences Publisher, 2003, issue 2, pp. 57–70. (In Russian).
15. Rundqvist D.V., Gatinsky Yu.G., Bush W.A., Kossobokov V.G. "The Area of Russia in the Present-Day Structure of Eurasia: Geodynamics and Seismicity." *Computational Seismology and Geodynamics*. Ed. D.K. Chowdhury. Washington D.C.: Am. Geophys. Union, 2005, volume 7, pp. 224–233.
16. "Scientists: Tectonic Processes Push the Crimean Peninsula towards the Russian Federation." *Hi-Tech Science*. N.p., 4 Oct. 2016. <Web <http://it-777.ru/nauka-i-tehnologii/tektonicheskie-processi-tolkayut-krimskiy-poluostrov-v-storonu-rossiyskoy-federacii-uchenie.html>>. (In Russian).

Cite MLA 7:

Gatinsky, Yu. G. "Up-to-Date Geodynamics and Seismicity of the Crimean Peninsula." *Electronic Scientific Edition Almanac Space and Time* 14.1 ('Crimean Regional Studies: Space and Time of Crimea') (2017). Web. <2227-9490e-aprov_r_e-ast14-1.2017.12>. (In Russian).