

Сильные землетрясения Азербайджана за исторический и современный периоды (концептуальный обзор)

Г. Р. Бабаев, С. Т. Агаева, 2021

Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
Поступила 29 сентября 2020 г.

По результатам изучения литературных и архивных первоисточников уточнены имеющиеся сведения о катастрофических и разрушительных землетрясениях на территории Азербайджана за исторический период с магнитудой $M \geq 6$. Среди сильных исторических землетрясений в Азербайджане можно назвать землетрясения 427 года, Гянджинское (Гейгёльское 1139 г.), Гянджинское 1235 г., Восточно-Кавказское 1667 г. (± 1 год), Маштагинское 1842 г., многочисленные Шамахинские землетрясения (1192, 1667—1669, 1828, 1859, 1868, 1872, 1902), Ардебильское 1924, Ленкоранское 1913), Каспийские землетрясения (957, 1812, 1842, 1852, 1911, 1935, 1961, 1963, 1986, 1989, 2000 гг.), вызвавшие изменение рельефа земной поверхности, разрушение строений и многочисленные человеческие жертвы. По уровню сейсмической активности и характеру пространственного распределения очагов сильных и слабых землетрясений территория республики разделена на несколько отдельных крупных зон: южный склон восточной части Большого Кавказа, Куринская впадина, северный склон Малого Кавказа, Талыш, Гусар-Дивичинская (ныне Гусаро-Шабранская) депрессия, Каспийское море. Исследована фоновая сейсмичность по результатам непрерывных инструментальных наблюдений за период 1902—2019 гг. На территории Азербайджана сейсмические процессы распределены неравномерно. Исследованы существующие каталоги сейсмических событий. Изучен характер изменения параметров сейсмичности. Дан обзорный концептуальный анализ двух основных методик по оценке сейсмической опасности: вероятностный и детерминистский, нашедших свое широкое применение в последние десятилетия. Выделены главные и общие задачи будущих сейсмологических исследований, которые предстоит выполнять в течение последующих десятилетий.

Ключевые слова: разрушительные землетрясения, Азербайджан, сейсмичность региона, сейсмическая опасность, интенсивность сотрясений в эпицентре, методики оценки сейсмической опасности.

Введение. Территория Азербайджана отличается высокой сейсмической активностью. Здесь где за исторический период произошли сильные и катастрофические землетрясения с магнитудой $M \geq 6$. По уровню сейсмической активности и характеру пространственного распределения очагов сильных и слабых землетрясений территория республики разделяется на нескольких отдельных крупных зон: южный склон восточной части Большого Кавказа, Куринская впадина, северный склон Малого Кавказа, Талыш, Гусар-Дивичинская (ныне Гусаро-Шабранская) депрессия,

Каспийское море [Геология Азербайджана, 2005]. На территории Азербайджана сейсмические процессы распределены неравномерно. Наиболее активные зоны сосредоточены на Большом Кавказе и его предгорьях, Талыше, центральной части Куринской впадины, в высокогорной части Малого Кавказа, Каспийской впадине (азербайджанский сектор), четко фиксируется активная, линейная сейсмическая полоса Гусар-Шамахи-Лерик, слабосейсмичны юго-восточное окончание Малого Кавказа и отдельные участки Нижнекуруинской впадины [Ахмедбейли, Гасанов, 2004].

Информация о катастрофических, разрушительных и сильных сейсмических событиях Кавказа в глубокой древности отражена в старинных арабских хрониках, рукописях, манускриптах, летописях, путевых заметках путешественников [Ашурбейли, 1958], опубликованных в Азербайджане, России, европейских странах (Германия, Франция, Италия, Англия), Азии (Иран, Турция), США [Ашурбейли, 1958; Страбон, Стратановский, 1964; Бунятов, 1971; Велиханлы, 1974]. Обширная информация доинструментального периода вошла в различные атласы и каталоги. Следует отметить и первые публикации по сейсмичности Азербайджана, появившиеся во второй половине XIX в. и посвященные известным разрушительным землетрясениям 1859, 1861, 1872 гг. в районе г. Шамахи [Абих, 1862; Цулукидзе, 1872]. Впервые высказанные идеи о связи землетрясений с тектоническими нарушениями являются очевидным преимуществом этих публикаций.

В числе сильных исторических землетрясений в Азербайджане можно назвать такие события, как землетрясения 427 г., Гянджинское (Гейгёльское 1139 г.), Гянджинское 1235 года, Восточно-Кавказское 1667 г. (± 1 год), Маштагинское 1842 г., многочисленные Шамахинские землетрясения (1192, 1667, 1668, 1669, 1828, 1859, 1868, 1872, 1902), Ардебильское 1924 г., Ленкоранское 1913 г., Каспийские землетрясения (957, 1812, 1842, 1852, 1911, 1935, 1961, 1963, 1986, 1989, 2000), вызвавшие как изменения рельефа земной поверхности, так и разрушения строений и многочисленные человеческие жертвы.

Каспийское землетрясение 25.11.2000 г., жертвами которого стали десятки жителей Баку, напомнило о потенциальной опасности, которой подвергается столица Азербайджана. Особое беспокойство вызывает массовое строительство, часто осуществляемое без всестороннего учета факторов и параметров сейсмической опасности.

Целью настоящего исследования является обзор и анализ имеющихся сведений о сильных (в том числе катастрофи-

ческих и разрушительных) землетрясениях с магнитудой $M \geq 6$ за исторический и современный периоды на территории Азербайджана.

Катастрофические и разрушительные землетрясения прошлого. Говоря об исторических землетрясениях в Азербайджане, целесообразно было бы начать с землетрясения III в. до н. э., произошедшего на юге Каспия. Хотя в опубликованной литературе считается, что первые сведения о землетрясениях в Азербайджане в хронологическом порядке датируются началом V в. [Малиновский, 1935; Кондорская, Шебалин, 1977], хотелось бы привести одно интересное упоминание о самом древнем предполагаемом землетрясении в Каспийском море. Известный советский и азербайджанский историк, доктор исторических наук З. И. Ямпольский (псевдоним «Ленкоранлы»), посвятивший свой научный потенциал проблемам исследования истории древнего Азербайджана, написал интересную статью о землетрясении III в. до н. э. на юге Каспия. Статья о Страбоне и о землетрясении написана Ямпольским на основе сведений общего характера по советской исторической энциклопедии, а также перевода книги Страбона [Стратановский, 1964].

«Страбон Амазийский, писавший на древнегреческом языке, закончил составление большого свода историко-географических сведений античного мира около 7 года до н. э. В этом произведении он дважды сообщает, вероятно, об одном землетрясении, ибо в обоих случаях речь идет об этимологизации одного топонима («Рага»)» [Ямпольский, 1974]. Это землетрясение было столь высокой балльности, что: «образовались такие разрывы (трещины) земли, что много городов и сел было разрушено и реки претерпели разнообразные изменения...» [Ямпольский, 1974]. Зона распространения сейсмических волн этого сильного землетрясения ориентировочно определяется приблизительными расстояниями, приведенными у Страбона, анализировавшего сведения о путях и расстояниях, собранные и вычисленные

Эрастофеном и другими античными географами и астрономами. «Судя по данным Страбона, зона этого сильного землетрясения падает на южный берег Каспийского моря, район города Ленкорани земли на восток от него» [Ямпольский, 1974].

Судя по историческим документам и древним летописям, сильнейшие землетрясения Кавказа на протяжении последних тысячелетий не раз сопровождались крупными обвалами и оползнями, погребавшими под собой города и селения. До сих пор не все склоновые смещения достаточно изучены и классифицированы, хотя местоположение многих из них известно.

Второе (по времени написания) сообщение о землетрясении, которое традиционно привыкли относить к Азербайджану, датируют 427 г. н. э. Землетрясение этого года с магнитудой 6,7 (ориентировочно), с глубиной очага, равной 12 км (ориентировочно), и с интенсивностью сотрясений в эпицентре приблизительно в 10 баллов (ориентировочно) [Малиновский, 1935; Кондорская, Шебалин, 1977] в литературе считается одним из сильнейших в пределах Азербайджана за всю его историю. К сожалению, о нем до нас дошло очень мало сведений, что объясняется малой и редкой заселенностью территории в то время. Почти вся имеющаяся информация об этом событии заимствована из летописей и хроник. В исторических документах имеется свидетельство, что землетрясение это ощущалось «по всей стране». Под выражением «по всей стране» в данном случае подразумевается Центральное и Восточное Закавказье. Описание проявлений этого землетрясения приводится в летописях следующим образом: «землетрясение перевернуло всю страну вверх дном, поглощая города и села, вызывая в разных местах поднятие и опускание почвы». Там же сказано, что «землетрясение было в течение 40 дней». Балльность в эпицентре по описанию должна соответствовать интенсивности не менее 9 баллов, хотя за счет орографических условий допускается увеличение до 9—10 баллов.

Гянджинское (Гейгельское) землетрясе-

ние 1139 г. считается очередным древним разрушительным землетрясением в Азербайджане. Однако первое сообщение о Гянджинском землетрясении повествуется арабским историком Ибн ал-Асиром: «В 534 г. произошло землетрясение в Гандже и других округах Азербайджана и Аррана. Но сильнее всего оно было в Гандже. Много в нем было разрушено и несметное количество людей погибло. Говорят, что погибших было 230 000, в том числе два сына Кара-сонкора, владельца страны. И была там разрушена крепость, принадлежащая Муштасид ад-дину Бехрузу, в которой погибло очень много сокровищ и имущества, принадлежащих ему же».

В результате сильнейшего землетрясения 1139 г. с магнитудой 6,8 (ориентировочно), глубиной очага 15 км и интенсивностью сотрясений в эпицентре ~9 баллов [Кондорская, Шебалин, 1977], г. Гянджа был разрушен до основания, погибли жители. Произошли сильные обвалы, оползни, изменения рельефа, рухнула вершина горы Кяпаз, перегородив русло реки Агсу, в результате чего в окрестностях древней Гянджи образовались восемь красивейших озер, среди них оз. Гейгель, один из самых красивых природных памятников Азербайджана.

Гянджинское землетрясение 1139 г. стало первым сейсмическим событием в Азербайджане, последствия которого изучались на достаточно высоком научном уровне с начала XX в. По современным оценкам интенсивность сотрясений в эпицентре достигала 9 баллов. Эпицентр этого события отнесен к району оз. Гейгель [Бюс, 1948; Хромовских, Никонов, 1984].

«По разрушениям построек и обвалу горы Кяпаз сейсмологи оценивают интенсивность землетрясения в 9 ± 1 баллов и магнитуду в $6,8 \pm 0,7$. Более широкое привлечение источников, исторических, историко-архитектурных и археологических, позволяет допустить в эпицентре интенсивность землетрясения 9,5 или около 10 баллов и наметить области распространения 9-ти и 8—9-балльных сотрясений. Максимальная длина зоны 9-балльных

сотрясений составила 130 км, 8-балльных — 350 км. С учетом вновь привлеченных макросейсмических данных вероятной можно считать и более высокую магнитуду Гянджинского землетрясения, равной $7,3 \pm 0,7$ [Хромовских, Никонов, 1984].

Шамахинские землетрясения — это значительная и основная доля всех сильных землетрясений Азербайджана за длительный исторический период. Первые сведения о землетрясениях в Шамахинской зоне относятся к 1192 г. [Джанашвили, 1902]. «Страшное и сильное землетрясение в 1192 г. почти полностью разрушило Шамаху, это вынудило правителей государства Ширваншахов временно перенести в Баку свою столицу» [Ашурбейли, 1992].

Затем после относительного сейсмического спокойствия сейсмические катастрофы в Шамахинской зоне вновь повторялись в XVII в.: сильные землетрясения 1667—1671 гг. полностью разрушили г. Шамаху и много окружающих населенных пунктов. Были отмечены нарушения в рельефе, изменения местоположения и дебитов родников, страшные электрические разряды в атмосфере и гул из недр. Каждая из этих катастроф сопровождалась множеством ощутимых форшоков и афтершоков в течение почти целого года [Малиновский, 1935; Бюс, 1948].

Очередное (по времени написания) сообщение о землетрясении, которое традиционно привыкли относить к Азербайджану, датируют 1667 г. (± 1 год) н. э. Долгое время оно считалось бесспорным и наиболее надежным [Кондорская, Шебалин, 1977]. Это событие, описанное в источниках как катастрофическое и названное как Восточно-Кавказское землетрясение, в XX в. было включено как в региональные, так и в общесоюзные сейсмоисторические каталоги.

Новые факты, извлеченные из старинных хроник, летописей, наскальных надписей и других источников, говорят о гигантском по силе подземном ударе 14 января 1668 г. [Никонов, 1982]. Первое сообщение об этом землетрясении в Азербайджане — это дошедший до нас лишь фрагмент тек-

ста сочинения: «В 1667 г. случилось землетрясение мощностью 6,9 баллов на территории Азербайджана. Землетрясение полностью стерло город Шамахи с лица земли и унесло жизни 80 тысяч человек». [Хромовских, Никонов, 1984].

Землетрясение 1668 г. охватило огромную территорию. Согласно схеме Никонова, это был весь южный склон Восточного Кавказа (8—9 баллов); ощутимые толчки должны были происходить и на остальной территории Восточной Грузии и Западного Азербайджана. Однако достоверные сведения имеются только о сильном землетрясении в районе Шамахи. Что же касается данных о землетрясении на остальной территории южного склона Большого Кавказа, заключенной на схеме Никонова внутри контура 8-го балла, то найдена только одна неоконченная запись на полях старого грузинского евангелия, свидетельствующая о разрушении храма в Алаверди (во Внутренней Кахетии) 14 января 1668 г. [Хромовских, Никонов, 1984]. «Землетрясение это имело место в городе Ардебиль, в Тавризе, Ереване, Тифлисе, Гяндже, Шамахе, Дамур-гапу со всеми окрестностями... В г. Шамахе все перевернулось вверх дном и обрушилось так, что совсем не осталось строений, умерло бесчисленное множество людей». [Хромовских, Никонов, 1984]. Землетрясение было столь сильно, что ощущалось даже на расстоянии около 600 км севернее, в Астрахани.

В книге Хромовских и Никонова приводятся воспоминания голландского мастера Стрейса, прибывшего в Шамаху спустя полтора года после землетрясения и пережившего там несколько сильных афтершоков этого землетрясения: «Оно было с самого начала столь ужасным, столь быстрым и сильным, что разрушило башни, храмы, дороги, крепостные стены и погребло в один миг более 8 тысяч людей... Несколько гор исчезло ...Треск, грохот... были столь сильны и продолжительны, что те, кто видел и слышал это, не сомневались, что наступил конец света...» [Хромовских, Никонов, 1984].

В последней четверти XVII в. и в первой четверти XVIII в. в Шамахинской сейсмоактивной зоне катастрофические землетрясения не происходили. Но это не значит, что в этой зоне наступило полное сейсмическое спокойствие. Вполне возможно, что в течение 1671—1828 гг. здесь случались 5—6-балльные землетрясения. Начиная с 1828 г. по 1902 г., Шамахинская зона несколько раз содрогается от разрушительных землетрясений в 8—9 баллов: 09.08.1828; 11.06.1859; 02.09.1869; 28.01.1872; 13.02.1902. Подробные описания последствий этих землетрясений представлены в трудах многих геологов и сейсмологов начала и середины XX века — Джанашвили, Бюса, Вебера, Малиновского и др. [Джанашвили, 1902; Бюс, 1948; Вебер, 1903; Малиновский, 1940].

Город Шамахи вновь был разрушен во время землетрясения в 1859 г. После этого правитель края фельдмаршал князь Барятинский принял историческое решение о переносе столицы из Шамахи в Баку.

З. З. Султановой опубликованы две небольшие книги [Султанова, 1969; 1986] о землетрясениях Азербайджана, содержащие в себе списки произошедших землетрясений. Первая включает описание событий за период с 1139 по 1965 гг. Во вторую книгу включена информация о проявлениях сейсмичности за период с 1966 по 1982 гг. В целом по территории Азербайджана имеется меньше специальных публикаций, чем по другим смежным регионам. Поэтому любая работа по азербайджанским землетрясениям представляет особый интерес, даже обычные каталоги землетрясений.

Сильные землетрясения XX века. Хотя в целом в XX в. природа была милосердна к Азербайджану, это не сделало регион менее сейсмичным. Как показал пример землетрясений г. Шамахи, стихия может ударить и после нескольких веков покоя.

Последний сокрушительный удар стихия нанесла Шамахе в 1902 г., и это стало единственным мощным и катастрофическим землетрясением XX в. на территории нынешнего Азербайджана. Тогда город

снова был полностью разрушен. Погибло 5 тыс. человек, а все остальное население (около 25 тысяч человек) в разгар зимы осталось без крова.

В. Н. Вебер на основе своих материалов и по данным других авторов оконтурил площади распространения Шамахинских землетрясений 1828, 1859, 1869, 1872, 1902 годов и пришел к выводу, что эпицентры этих землетрясений располагаются по линии Баскал-Шамахи-Мараза [Вебер, 1903] (рис. 1).

Во время землетрясения была разрушена Джума мечеть, самая древняя мечеть Азербайджана, построенная в 743—744 гг. (рис. 2), которая была отреставрирована и перенесена в список государственных историко-архитектурных памятников Азербайджана (рис. 3).

В исторический период известны также ощутимые Каспийские землетрясения. По сохранившимся макросейсмическим сведениям, начиная с 957 г., в Каспийской сейсмоактивной зоне неоднократно происходили сильные землетрясения в 1812, 1828, 1830, 1840, 1842, 1846, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1857, 1858, 1861, 1862 и др.

Из истории Каспийского моря известны события, которые можно было бы назвать «цунами» (морские волны-наводнения). Этим японским термином, означающим большую волну в бухте, принято называть волну, вызванную подводным землетрясением, извержением подводного вулкана или подводным оползнем. Самое раннее из них относится к 957 г., когда море в районе Дербента отошло при землетрясении на 150 м. [Доценко и др., 2000]. Нечто вроде цунами, хотя и в ослабленном виде, произошло в 1868 г. Тогда море возле Баку сначала поднялось, затем опустилось почти на полметра, а расположенная на 90 километров южнее Баку так называемая Погорелая Плита, возвышавшаяся на 2 метра над уровнем моря, погрузилась в него [Доценко и др., 2000]. Куда более страшные волны возникли во время 9-балльного Красноводского землетрясения 1895 г. с магнитудой 8,2, с глубиной очага 60 км и интенсивностью сотрясений в эпицентре

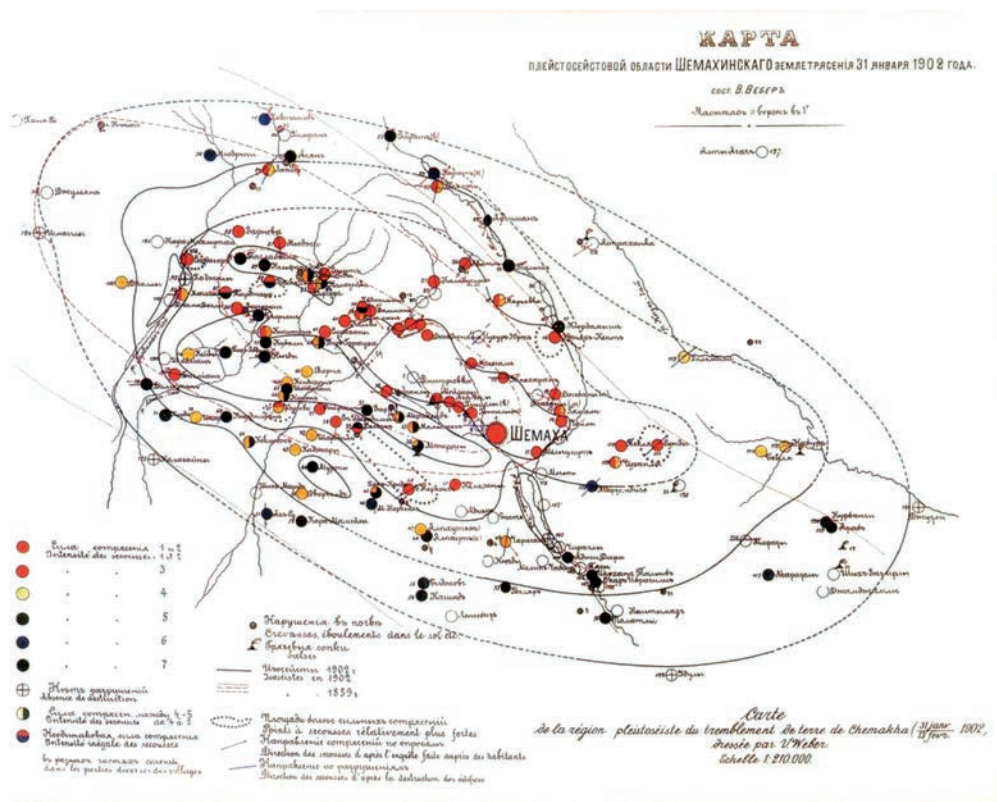


Рис. 1. Карта изосейст Шамахинского землетрясения 13 февраля 1902 г. (по В. Н. Веберу, 1903 г.).
 Fig. 1. Isoseist map of the Shamakhi earthquake on February 13, 1902 (by Veber, V. N., 1903).



Рис. 2. Старейшая в Шамахе Джума мечеть после землетрясения 1902 г. (фотограф Ю. С. Зелинский).
 Fig. 2. The oldest mosque in Shamakhi, Juma mosque after the 1902 earthquake (taken by Yu. S. Zelinsky).



Рис. 3. Государственный историко-архитектурный памятник Джума мечеть в Шамахе после реставрации (2013 г.).
 Fig. 3. State historical and architectural monument Juma mosque in Shamakhi after restoration (2013).

около 10 баллов [Кондорская, Шебалин, 1977]. Согласно Ивановскому [Ивановский, 1899] «с моря хлынули огромные

волны и затопили здания и пристани; на улицах образовались трещины до 3 аршин шириной, откуда ключом била вода. Много зданий разрушено. Несколько домов снесено в море». Разрушения были очень мно-

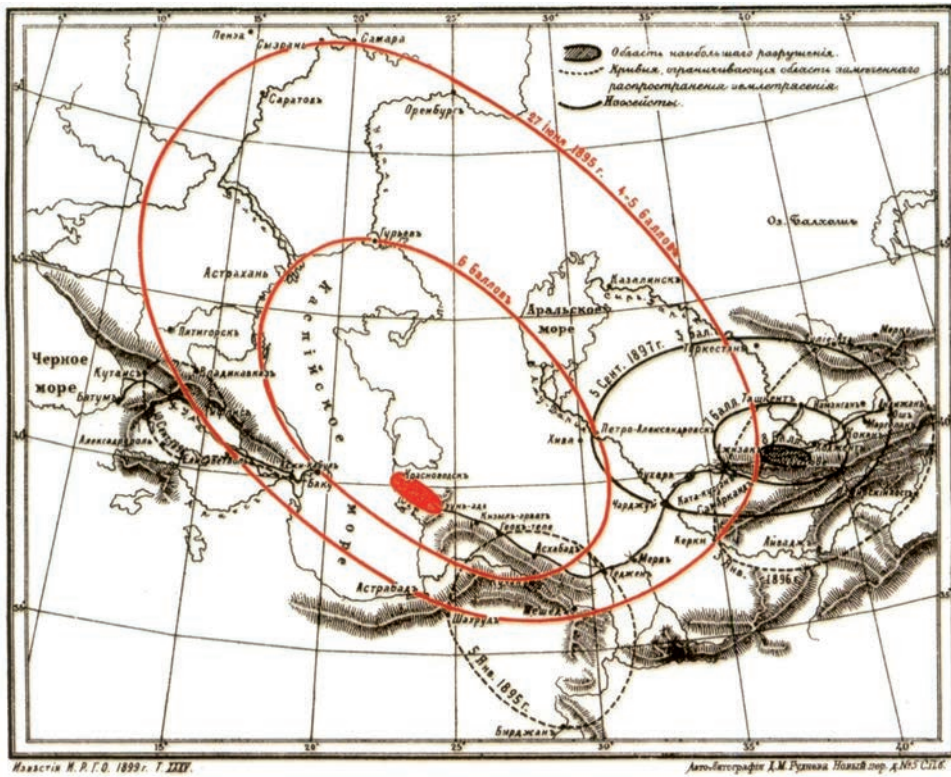


Рис. 4. Карта изосейст Каспийского землетрясения 8 июля 1895 г. Автор И. В. Мушкетов (1899 г.).

Fig. 4. Isoseist map of the Krasnovodsk earthquake on July 8, 1895 by Mushketov, I. V. (1899).

гочисленны и разнообразны. «Это землетрясение было очень сильное, ощущалось в Бухарских владениях... охватило Астраханскую губернию и большую половину Кавказа. Землетрясение продолжалось в течение нескольких месяцев. Постоянно получались сведения и телеграммы...». По оценке, данной И. В. Мушкетовым (рис. 4), интенсивность сотрясений в городе Баку достигала 6 баллов, по Азербайджану в целом 4—5 баллов.

Таким образом, уже по историческим макросейсмическим сведениям высокая сейсмическая активность Каспийской зоны не вызывает сомнения.

В современном летоисчислении сильные землетрясения на территории Каспийского моря происходили в 1935 г. с магнитудой (M), равной 6,3, 1961 ($M=5,5$), 1963 ($M=6,2$), 1986 ($M=6,1$), 1989 ($M=6,0$), 2000 гг. ($M=6,1$; 6,3) [Бабаев, 2017].

Каспийское землетрясение 9 апреля 1935 г. ощущалось почти во всей восточной половине Закавказья, на северном и вос-

точном побережьях Каспия [Никифоров, 1941]. По землетрясению 1935 г. информация ограничена небольшим объемом инструментальных сведений.

Каспийское землетрясение 6 марта 1986 г. произошло в акватории моря и сопровождалось большим количеством вторичных толчков, среди которых 65 имели афтершоки с энергетическим классом $K \geq 10$, а 25 с $K \geq 11$. Подобная сейсмическая активность в акватории Каспийского моря не наблюдалась на протяжении последних 100 лет, хотя 27 января 1963 г. было отмечено сильное землетрясение с магнитудой $M=6,2$. С максимальной интенсивностью в 7—8 баллов землетрясение 1986 г. проявилось в районе Нефтяных камней [Голинский и др., 1989].

Очаговая зона землетрясения, произошедшего 25 ноября 2000 г. ($M=6,3$; $h=35$ км), располагалась в пределах глубоководной части Среднего Каспия (глубина около 200 м) и приурочена к зоне сочленения альпийской складчатой области с эпигер-

цинской платформой. Это землетрясение с максимальной интенсивностью произошло в пределах Абшеронского полуострова, а также в северо-западной и северо-восточной частях прибрежных зон Каспийского моря. В отличие от этого, в пределах юго-восточной прибрежной полосы интенсивность сейсмического эффекта составляла 3—4 балла (Ленкорань, Астара, Нефтчала). Такой характер поля является особенностью Каспийских землетрясений, макросейсмические поля которых ориентированы преимущественно в северо-западном—юго-восточном направлении (18.09.1961, 27.01.1963, 06.03.1986 и др.) [Гасанов и др., 2005]. Отметим, что Каспийское землетрясение 7 июня 1911 г. является первым в Азербайджане, эпицентр которого был определен по инструментальным данным.

Сейсмология как наука не может развиваться без информации, получаемой с помощью современных приборов, аппаратуры, оборудования. После сильного Каспийского землетрясения 25.11.2000 г. с целью повышения качества мониторинга сейсмичности в стране были закуплены современные телеметрические станции системы «Kinematics» (США) со спутниковой системой связи и размещены в Республиканском центре сейсмологической службы (РЦСС) НАНА.

В XX в. большое количество землетрясений с $M \geq 4 \div 5$ на территории Азербайджана группируется, в основном, на Большом Кавказе в полосе от Балакен до Шамахи [Бабаев и др., 2019], в прибрежной зоне Каспийского моря, в районе Гянджа, на Малом Кавказе — в районе Зангезура, на Талыше. Эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 6 \div 7$ находятся, как правило, внутри этих групп землетрясений с магнитудой $M \geq 3 \div 4$ и $M \geq 4 \div 5$. Возможность на современном этапе исследований включать в карту эпицентры слабых землетрясений и рассмотрение их в совокупности с сильными землетрясениями позволяет делать вывод в пользу закономерной приуроченности эпицентров сильных землетрясений к зонам, где до этого произошло большое

количество слабых землетрясений [Telesca et al., 2013; 2017].

На северном склоне Большого Кавказа количество сильных землетрясений за 100 лет составляет всего три: Сиазанское (Кызылбурунское) 26 марта 1962 г. с интенсивностью в эпицентре $I_0=7$ баллов, Губинские — в октябре 1971 г. и декабре 1971 г. ($I_0=6$ баллов) [Ахмедбейли, Гасанов, 2004].

На Малом Кавказе в пределах Нагорно-Карабахской области хотя и редко, но все же отмечен ряд сейсмических сотрясений. Впервые сведения о землетрясениях в Нагорном Карабахе встречаются в каталоге землетрясений И. В. Мушкетова и А. П. Орлова [Мушкетов, Орлов, 1893]. Позже такие данные появляются в работах Е. И. Бюса [Бюс, 1948], З. З. Султановой [Султанова, 1969] и др. Более полную информацию об этих землетрясениях можно найти в «Новом каталоге сильных землетрясений» [Кондорская, Шебалин, 1977]. В статье А. М. Михайлевского [Михайлевский, 1926] выделяется Шушинский очаг землетрясений, проявившийся в 1910 г. с интенсивностью 8 баллов. На карте сейсмических очагов Азербайджана в пределах Нагорного Карабаха выделено три очага. Два из них проявились 6-балльными землетрясениями в Агдаме и Гадруте, соответственно в 1899 и 1910 гг., а третий — Шушинский с силой в 7 баллов — в 1840 и 1932 гг. В 1967 г. в районе г. Степанакерт (ныне г. Ханкенди) были отмечены также 7-балльные землетрясения. За исторический период в пределах Нагорного Карабаха разрушительных землетрясений не было [Панахи, 1994]. На юго-востоке Малого Кавказа выделяется активная Зангезурская зона землетрясений, известная сильными землетрясениями с древнейших исторических времен. Здесь в 1308, 1931, 1968 гг. произошли сильные разрушительные землетрясения [Сихарулидзе и др., 1983], а также Кафанское землетрясение 1985 г., очаговая область которого известна в прошлом сильными и разрушительными землетрясениями 1308, 1622, 1889, 1909, 1931, 1968 гг.

В Талышской сейсмической зоне в

прошлом наблюдались разрушительные и сильные землетрясения (24.05.1886, $M=6,5$, глубина очага $H=32$ км; 22.03.1879, $M=6,5$, $H=11$ км; 04.12.1910, $M=5,4$, $H=37$ км; 19.02.1924, $M=6,6$, $H=75$ км; 27.01.1986, $M=4,6$, $H=75$ км). Ардебильское землетрясение 19 февраля 1924 г. в приграничных районах описываемой зоны проявилось силой в 7—8 баллов, тогда как от собственных очагов этого района землетрясения такой силы не наблюдались.

Абшеронский полуостров является одним из стратегических территорий Азербайджана, это главная топливно-энергетическая база страны, на долю которой приходится значительная часть добываемых в стране нефти, газа, выработки электроэнергии. Кроме того, в этом регионе в последние десятилетия значительно увеличились объем строительства, темпы роста количества возводимых высотных зданий. На сегодняшний день все перечисленные факторы говорят об актуальности обеспечения безопасности создаваемых инфраструктур. Абшеронский полуостров с древних времен часто подвергался землетрясениям, испытывал и испытывает серьезную сейсмическую угрозу от Каспийских сейсмических очагов [Babayev, Telesca, 2014]. За исторический период времени Абшеронский полуостров, также как и г. Баку, сотрясаясь в результате проявления ряда сейсмических событий, таких как Маштагинское землетрясение 1842 г. с $M=5,0$, Нардаранское землетрясение 1983 г. с $M=5,0$, Каспийские землетрясения 1986, 1989 гг. с $M=6,0÷6,5$, сравнительно недавнее сильное землетрясение 2000 г. в Каспийском море с $M=6,3$. Помимо землетрясений на Каспии, в прошлом до Баку доходили также отголоски сильных Шамахинских землетрясений.

В целом для Абшеронской зоны собственные очаги землетрясений большой сейсмической угрозы не представляют, угрозу до 7 баллов представляют сильные землетрясения в Каспийском море. Землетрясение 1963 г. с интенсивностью 7 баллов проявилось в отдельных районах г. Баку [Кузнецов и др., 1963].

О сильном землетрясении в пос. Маштаги в 1842 г. известно из каталога Мушкетова, Орлова [Мушкетов, Орлов, 1893]. По отрывочному описанию макросейсмических данных интенсивность этого землетрясения достигала 8 баллов. Землетрясение было узколокальным, поскольку ни в одном из рядом находящихся населенных пунктов не было отмечено повреждений. Согласно каталогам, составленным в советское время, по историческим макросейсмическим данным землетрясения с интенсивностью 6—7 баллов в пределах Абшеронского полуострова из собственных очагов происходили 6 июня 1910 г., 31 марта, 7 августа 1937 г.

Землетрясение 1910 г. ощущалось в Сураханы, Пута и отдельных районах г. Баку [Малиновский, 1935], землетрясение 1937 г. ощущалось в поселках Сураханы, Карачухур [Малиновский, 1940]. Согласно источникам, составленным в советское время, Нардаранский очаг проявился 5—6-балльными землетрясением 5 ноября 1968 г.; Насосненский очаг проявился с 7-балльным эффектом 12 декабря 1959 г. (*прим. авторов*: поселок Насосный ныне переименован в поселок Гаджи-Зейналабдин Тагиев); Зыхский очаг проявился 4 ноября 1969 г. с интенсивностью не менее 6 баллов. В г. Баку сила землетрясения достигла 5 баллов. Все эти землетрясения Абшеронского полуострова характеризуются узколокальным распространением, максимальный балл их почти во всех случаях отмечается в одном населенном пункте [Агамирзоев, 1987].

Резюмируя, следует отметить, что в различные годы XX столетия были созданы благоприятные условия для проведения исследований по очень широкому кругу проблем и вопросов сейсмологии. В него входили практически все задачи региональных сейсмологических исследований, изучение закономерностей сейсмического процесса, работы по механизму очага землетрясения [Агаева, 1999; Agayeva, Babayev, 2009; Babayev et al., 2017; Yertirmishli, Kazimova, 2018] и другие вопросы теоретической сейсмологии, исследование

сейсмических явлений на грязевых вулканах [Mellors et al., 2007; Babayev et al., 2014; 2019], сейсмическое районирование и др. Число значительных публикаций и отчетов измеряется многими сотнями.

Сильные землетрясения начала XXI в. В течение 2000-х годов XXI в. продолжалось изучение связей сейсмичности Азербайджана и ее сейсмофокальной зоны с геодинамикой и грязевым вулканизмом, изучение скоростного строения земной коры и верхней мантии, поглощения сейсмических волн в них, сейсмотектоники [Alizadeh et al., 2016]. Этим вопросам в 2000-х годах было посвящено много публикаций в отечественной и иностранной литературе. В начале XXI в. отечественными учеными постоянно велись разнообразные научные и научно-прикладные работы по оценке сейсмической опасности, уменьшения ущерба от землетрясений, неоднократно уточнялось сейсмическое микро-районирование Абшеронского полуострова и г. Баку, велись поиск предвестников землетрясений и разработка комплексных методов сейсмического прогноза, при которых, кроме сейсмологических исследований, проводились геодезические, гидрогеохимические, электромагнитные и другие исследования.

В последние годы нынешнего столетия некоторые отечественные сейсмологи указывают на отсутствие абшеронских сейсмических очагов, так как серьезной доказательной базы не появляется с тех пор, как были зарегистрированы в каталогах землетрясения в пунктах Сабунчи, Сураханы, Карачухур, Маштаги, Нардаран, Зых. Иными словами, ни одно из тех землетрясений с эпицентром в Абшеронском полуострове не случилось в новое и новейшее время. Однако сторонники этой гипотезы предпочитают все же высказываться об этом сдержанно, помня о каталогах, опубликованных в советское время, а также об аналитических научных выводах авторов в своих статьях, монографиях, книгах в XX в., в которых затрагивались вопросы о существовании абшеронских сейсмических очагов.

Серия ощутимых и сильных землетрясений, произошедших за последние годы на южном склоне Большого Кавказа в пределах территории Азербайджана в Балакене (14.10.2012, $M=5,6$; 29.06.2014, $M=5,3$); Загатале (07.05.2012, $M=5,7$; 18.05.2012, $M=5,0$; 05.06.2018, $M=5,5$); Шеки («рой» землетрясений 05.02.2004, $M=3,2÷4,6$); Шеки-Огузе (04.09.2015, $M=5,9$); Габале (04.10.2014, $M=5,0$) [Бабаев и др., 2019]; Шамахи-Исмаиллы (05.02.2019, $M=5,2$), еще раз доказывает необходимость в продолжение исследований по оценке сейсмической опасности, так как большинство из произошедших землетрясений привело к серьезным последствиям в районах Азербайджана. Последнее сильное землетрясение (Исмаиллинское) 5 февраля 2019 г. явилось причиной ряда разрушений в Шамахинском, Исмаиллинском и Агсуинском районах страны.

Актуальность изучения методов оценки сейсмической опасности, сейсмического районирования в современный период. Проблема адекватной оценки сейсмической опасности представляет важнейшую задачу инженерной сейсмологии. Актуальность проблемы стремительно растет с неуклонным развитием урбанизированных территорий. По данным ООН сейсмические катастрофы составляют около 51 % от общего числа природных катаклизмов и доминируют в ряду всех видов катастроф.

Для проведения работ по сейсмическому районированию в мировой практике имелся ряд методов, однако эти методы не давали однозначного решения вопроса ожидаемой максимальной сейсмоугрозы. Такое положение требовало, с одной стороны, усовершенствования существующих методов, а с другой — создания новых, которые в комплексе с имеющимися методами дали бы возможность более объективной оценки степени сейсмической угрозы для конкретных участков территории.

На сегодняшний день изучение новых современных методов оценки сейсмической опасности находится в центре внимания сейсмологов. За последнее десятиле-

тие нашли свое широкое применение два основных подхода к оценке сейсмической опасности: вероятностный и детерминистский. Вероятностный подход позволяет классифицировать землетрясения в пространственно-временной величине, выявить тренды в сейсмическом режиме, в повторяемости сейсмических событий, исследовать сейсмическую обстановку, стационарность, закономерности проявления землетрясений. Вероятностный анализ сейсмической опасности идет в стыке с развитием статистической сейсмологии, которая позволяет оценить периодичность землетрясений, проводить кластеризацию и фрактальный анализ сейсмических событий, определить тенденции группирования (рой землетрясений), выявить скрытые слабые землетрясения за исторический период с использованием современных статистическо-математических методов и подходов. Однако вероятностный анализ не может учитывать геолого-геофизические характеристики зоны очагов землетрясений, но вполне пригоден для оперативного сейсмического зонирования.

Постановка задачи при детерминистском методе зависит от степени изученности геологических, геоморфологических, топографических, литологических, тектонических и сейсмологических условий территории исследования [Бабаев, 2017]. Этот подход позволяет определить места возникновения и магнитуды будущих землетрясений, составить их «сценарий» в значениях максимального ускорения, скорости и смещения грунта, интенсивности по макросейсмическим параметрам произошедших сейсмических событий, исследовать макросейсмические поля землетрясений, изучить динамические особенности грунта, разработать алгоритм оценки и картирования сейсмической опасности [Babayev et al., 2014; Babayev, Aliyev, 2019]. Детерминистский анализ сейсмической опасности идет в стыке с развитием методов сейсмического микрорайонирования, которые позволяют выявить сейсмоопасные зоны и обеспечить своевременное

планирование мероприятий по укреплению зданий и сооружений до землетрясения и ликвидации последствий бедствия.

Необходимо всесторонне изучать сейсмичность региона при проектировании сооружений, при инженерной подготовке, учитывая также проявление слабых землетрясений [Babayev, 2017a]. Очень важно также исследовать регион на наличие наведенной сейсмичности. Здесь важную роль будут играть особые объекты, такие как водохранилища, плотины, дамбы. Безусловно, их наличие значительно будет влиять на обобщение сейсмического режима и общего анализа сейсмического фона. Проявление землетрясений также взаимосвязано с эксплуатацией нефтяных месторождений. Землетрясения такого рода происходят после десяти и более лет после начала эксплуатации. Известно, что процессы образования очага таких землетрясений активизируются в период добычи углеводородов. При этом формируется сценарий землетрясения в кристаллическом фундаменте земной коры. Это означает, что в настоящее время, когда идет активное разработка месторождений нефти и газа, необходимо учитывать большой период времени от начала эксплуатации до проявления сейсмического события, так как в этот период может и произойти сильное землетрясение.

Существующие методы продолжают модифицироваться новыми дополнениями и подходами, обогащаются и модернизируются элементами сейсмического мониторинга.

Закключение. Человечество во всем мире бессильно перед этим природным катаклизмом. Современная наука еще далека от построения окончательной теории землетрясений. Есть много пока неразрешимых теоретических задач, хотя необходимо подчеркнуть, что сейсмологические работы в Азербайджане были частью взаимосвязанных исследований по грязевому вулканизму, геофизике, геодинамике, геотермии и другим направлениям наук о Земле.

Сейчас в XXI в. актуальны самые глав-

ные и общие задачи сейсмологических исследований, которые предстоит выполнять в течение следующих десятилетий.

1) продолжение и развитие наблюдений за сейсмической и грязевулканической деятельностью;

2) продолжение изучения природы, механизма и закономерностей сейсмических, грязевулканических и геодинамических процессов;

3) продолжение работ и развитие мультидисциплинарных, интегрированных методов и подходов по оценке сейсмической опасности и риска, детальному сейсмическому районированию, прогнозу сильных землетрясений; исследований извержений грязевых вулканов в связи с сейсмичностью; сравнение расхода и накопления сейсмической энергии в сейсмогенных зонах Азербайджана.

Список литературы

- Абих Г. В. Землетрясения в Шемахе и Эрзеруме в мае 1859 г. В сб.: *Записки Кавказского Отдела Императорского Русского географического общества*. Тифлис, 1862. Книга V. С. 1—19.
- Агаева С. Т. Поля упругих напряжений сейсмогенных структур южного склона Большого Кавказа (в пределах Азербайджана): Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Баку, 1999. 150 с.
- Ахмедбейли Ф. С., Гасанов А. Г. Тектонические типы сейсмических очагов Азербайджана. Баку: Элм, 2004. 130 с.
- Агамирзоев Р. А. Сейсмоструктура азербайджанской части Большого Кавказа. Баку: Элм, 1987. 118 с.
- Ашурбейли С. Б. Абдар Рашид Бакуви. Азербайджанский ученый-географ начала XV в. *Изв. АН Азерб. ССР. Сер. общественных наук*. 1958. № 5. С. 17—22.
- Ашурбейли С. Б. История города Баку: период средневековья. Баку: Азернешр, 1992. 408 с.
- Бабаев Г. Р. Моделирование сильных колебаний грунта территории города Баку по микросейсмическим данным и параметрам ощутимых сценарных землетрясений: Дис. ... д-ра по наукам о Земле. Баку, 2017, 265 с.
- Бабаев Г. Р., Агаева С. Т., Исмаил-заде Т. Т., Муради И. Б., Алиев Я. Ш. Оценка сейсмических воздействий на южном склоне Большого Кавказа (Азербайджан) по сценарным землетрясениям: параметры и модели ускорения перемещения грунта. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 3. С. 170—188. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i3.2019.172471>.
- Бабаев Г. Р., Ахметова Э. В., Кадиров Ф. А. Анализ напряженно-деформированного состояния Кавказского региона (Азербайджан) по векторам максимальных горизонтальных напряжений и с использованием программ проекта «World Stress Map». *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 3. С. 26—39.
- Бунятов З. М. Абд ар-рашид ал-Бакуви. Китаб талхис ал-асар ва'аджа'иб ал-малик ал-каххар. Издание текста, перевод, примечания, приложения. Москва: Наука, Главная редакция восточной литературы, 1971. 162 с.
- Бюс Е. И. Сейсмические условия Закавказья. Ч. 1. Хронология землетрясений в Закавказье. Тбилиси: Изд-во АН Груз. ССР, 1948, 304 с.
- Вебер В. Н. Шемахинское землетрясение 31.01.1902 г. Труды геол. комитета СПб, 1903.
- Велиханлы Н. М. Арабские географы-путешественники IX—XII вв. об Азербайджане. Баку, 1974 (на азерб. яз.).
- Гасанов А. Г., Панахи Б. М., Агаева С. Т., Етирмишли Г. Д., Абдуллаева Р. Р. Каспийское землетрясение 25.11.2000. *Изв. НАН Азербайджана. Сер. Науки о Земле*. 2005. № 1. С. 43—51.
- Геология Азербайджана. Т. IV. Тектоника. Гл. ред. В. Е. Хаин, Ак. А. Ализаде. Баку: Нафтапресс, 2005, 506 с.
- Голинский Г. Л., Кондорская Н. В. и др. Каспийское землетрясение 6 марта. В кн.: *Землетрясения в СССР в 1986 году. Сборник научных трудов*. Москва: Наука, 1989. С. 58—77.
- Джанашвили М. Г. Землетрясения в прошлом.

- Изв. Кавказ. отделения Русского географического общества.* 1902. XV.
- Доценко С., Кузин И., Левин Б., Соловьева О. Цунами в Каспийском море: сейсмические источники и особенности распространения. *Океанология.* 2000. Т. 40. № 4. С. 509—518.
- Ивановский И. К. Красноводское землетрясение 27 июня 1895 г. Материалы для изучения землетрясений России. *Изв. Рус. географ. об-ва, приложение II.* 1899. 35 с.
- Кондорская Н. В., Шебалин Н. В. (ред.) Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. Москва: Наука, 1977, 536 с.
- Кузнецов В. П., Рагимов Ш. С. и др. Каспийское землетрясение 23 января 1963 года. *Изв. АН СССР. Сер. геофиз.* 1963. № 9.
- Малиновский Н. В. Каталог землетрясений в Азерб. ССР. Труды Азерб. отд. Закавказ. филиала АН СССР. Баку, 1935.
- Малиновский Н. В. Материалы по сейсмическому изучению Азерб. ССР. Баку: Изд-во Азерб. фил. АН СССР, 1940, 62 с.
- Михайлевский А. И. Землетрясения на Кавказе и их связь с дислокацией края. *Изв. Алтайского государственного университета. Отг. естествознания и медицины.* 1926. Т. IV. С. 151—157.
- Мушкетов И. В. Орлов А. П. Каталог землетрясений Российской Империи. *Записки Рос. геогр. об-ва.* 1893. Т. XXXI. 582 с.
- Никифоров П. М. (ред.) Каталог землетрясений на территории СССР (с 1908 по 1936 г. включительно): Труды Сейсмологического института. Вып. 3. Кавказ и Средняя Азия. Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1941. 74 с.
- Никонов А. А. Сильнейшие землетрясения Большого Кавказа 14 января 1668 г. *Известия АН СССР. Физика Земли.* 1982. № 9. С. 90—106.
- Панахи Б. М. Сейсмичность. В кн.: Э. Ш. Шихалибейли (ред.), Геология и полезные ископаемые Нагорного Карабаха Азербайджана. Баку: Элм, 1994. С. 196—201.
- Сихарулидзе Д. И., Тутберидзе Н. П. и др. Строение, напряженно-деформированное состояние и условия сейсмичности литосферы Малого Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1983. 122 с.
- Стратановский Г. А. Страбон. География. Перевод и примечания. Ленинград: Наука, 1964, 788 с.
- Султанова З. З. Землетрясения Азербайджана. Баку: Гянджлик, 1969, 86 с.
- Султанова З. З. Ощутимые землетрясения Азербайджана в 1966—1982 гг. Баку: Элм, 1986, 96 с.
- Хромовских В. С., Никонов А. А. По следам сильных землетрясений. Москва: Наука, 1984. С. 98—99.
- Цулукидзе Г. Г. Шемахинские землетрясения. *Изв. Кавказ. отг. Рус. географ. общества.* 1872. Т. 1.
- Ямпольский В. И. О землетрясении III века до нашей эры на юге Каспия. *Материалы конференции по изучению сейсмичности и глубинного строения Азербайджана.* Баку: Элм, 1974. С. 164—165.
- Agayeva, S. T., & Babayev, G. R. (2009). Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map: *Proc. of the Geology Institute Azerbaijan National Academy of Sciences* (pp. 40—44). Baku: Nafta-Press.
- Alizadeh, A. A., Guliyev, I. S., Kadirov, F. A., & Eppelbaum, L. V. (2016). *Geosciences of Azerbaijan. Vol. I: Geology.* Springer International Publishing, 340 p. <https://doi.org/1007/978-3-319-27395-2.239>.
- Babayev, G., & Aliyev, M. (2019). Seismic B-Value Study in Southern Slope of Greater Caucasus (Azerbaijan). *Proceedings 2nd International Electronic Conference on Geosciences, 24, 9.* doi:10.3390/IECG2019-06227.
- Babayev, G., Gadirov, F., Agayeva, S., & Ismailzade, T. (2017). Assessment of seismic processes in the southern slope of the Greater Caucasus (Azerbaijan): *Proc. of AASSA NAS KR Regional Workshop «Science, State, Structures and Public — Joint Efforts to Reduce the Risks and Consequences of Earthquakes», Bishkek, Kirgizistan, October* (pp. 25—30). «Printhouse» Publishing House.

- Babayev, G., Kadirov, F., Tibaldi, A., Bonali, F., & Aliyev, Y. (2019). Dynamic triggering of mud volcanos in Azerbaijan by Caspian earthquakes. *ANAS Transactions, Earth Sciences* (No 2, pp. 47—53). doi:10.33677/ggianas20190200031.
- Babayev, G., & Telesca, L. (2014). Strong motion scenario of 25th November 2000 earthquake for Absheron peninsula (Azerbaijan). *Natural Hazards*, 73, 1647—1661. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1159-7>.
- Babayev, G., Tibaldi, A., Bonali, F., & Kadirov, F. (2014). Evaluation of earthquake-induced strain in promoting mud eruptions: the case of Shamakhi—Gobustan—Absheron areas, Azerbaijan. *Natural Hazards*, 72(2), 789—808. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1035-5>.
- Mellors, R., Kilb, D., Aliyev, A., Gasanov, G., & Yetirmishli, G. (2007). Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(B4), B04304. <https://doi.org/10.1029/2006JB004489>.
- Telesca, L., Kadirov, F., Yetirmishli, G., Safarov, F., Babayev, G., & Ismaylova, S. (2017). Statistical analysis of the 2003—2016 seismicity of Azerbaijan and surrounding areas. *Journal of Seismology*, 21(6), 1467—1485. doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-017-9677-x>.
- Telesca, L., Lovallo, M., Babayev, G., & Kadirov, F. (2013). Spectral and informational analysis of seismicity: an application to the 1996—2012 seismicity of Northern Caucasus-Azerbaijan part of Greater Caucasus-Kopet Dag Region. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(23), 6064—6078. doi: 10.1016/j.physa.2013.07.031.
- Yetirmishli, G. J., & Kazimova, S. E. (2018). Focal mechanisms of earthquakes and stress field of the earth crust in Azerbaijan. In S. D'Amico (Ed.), *Moment Tensor Solutions* (pp. 481—495). Springer Natural Hazards. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77359-9_21.

Strong earthquakes in Azerbaijan for historical and contemporary periods (conceptual review)

G. R. Babayev, S. T. Agayeva, 2021

Institute of Geology and Geophysics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan

Based on the results of the study of literary and archival primary sources, the paper clarifies the available information about catastrophic and destructive earthquakes in Azerbaijan for the historical period with a magnitude of $M \geq 6$. Among the strong historical earthquakes in Azerbaijan there are the following: earthquakes in 427, the Ganja (Goygol in 1139), the Ganja in 1235, the East Caucasian in 1667 (± 1 year), the Mashtaga (1842), numerous Shamakhi earthquakes (1192, 1667, 1668, 1669, 1828, 1859, 1868, 1872, 1902), Ardebil (1924), Lankaran (1913), Caspian earthquakes (957, 1812, 1842, 1852, 1911, 1935, 1961, 1963, 1986, 1989, 2000), which caused both changes in the relief of the Earth's surface, and the destruction of buildings and numerous human casualties. The background seismicity was investigated based on the results of continuous instrumental observations for the period 1902—2019. Seismic processes are unevenly distributed on the territory of Azerbaijan. Existing catalogs of seismic events have been investigated. The behavioral changes in seismicity parameters have been studied. An overview conceptual analysis of two main methods for assessing seismic hazard is given: probabilistic and deterministic, which have found their wide application in recent decades. In conclusion, the most important and general tasks of future seismological studies are emphasized, which are to be performed in the next decades.

Key words: destructive earthquakes, Azerbaijan, seismicity of the region, seismic hazard, intensity of shaking at the epicenter, methods of assessing seismic hazard.

References

- Abikh, G. V. (1862). Earthquakes in Shemakha and Erzurum in May 1859. In *Notes of the Caucasian Department of the Imperial Russian Geographical Society* (Book V, pp. 1—19). Tiflis (in Russian).
- Agayeva, S. (1999). *Fields of elastic stresses of seismogenic structures of the southern slope of the Greater Caucasus (within Azerbaijan)*: Candidate's thesis. Baku, 150 p. (in Russian).
- Akhmedbeyli, F. S., & Gasanov, A. G. (2004). *Tectonic types of seismic foci in Azerbaijan*. Baku: Elm, 130 p. (in Russian).
- Agamirzoyev, R. A. (1987). *Seismotectonics of the Azerbaijan part of the Greater Caucasus*. Baku: Elm, 118 p. (in Russian).
- Ashurbeyli, S. B. (1958). Abdar Rashid Bakuvi. Azerbaijani scientist-geographer of the beginning of the 15th century. *Izvestiya AN Azerb. SSR. Ser. obshchestvennykh nauk*, (5), 17—22 (in Russian).
- Ashurbeyli, S. B. (1992). *History of the city of Baku: the period of the Middle Ages*. Baku: Azerneshr, 408 p. (in Russian).
- Babayev, G. R. (2017). Modeling of strong ground fluctuations in the territory of the city of Baku according to microseismic data and parameters of tangible scenario earthquakes: *Doctor's thesis*. Baku, 265 p. (in Russian).
- Babaev, G. R., Agayeva, S. T., Ismail-zade, T. T., Muradi, I. B., & Aliev, Ya. Sh. (2019). Seismic effect assessment of the southern slope of Greater Caucasus (Azerbaijan) based on the earthquakes scenarios: ground parameters and acceleration models. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(3), 170—188. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i3.2019.172471> (in Russian).
- Babayev, G. R., Akhmedova, E. V., & Kadirov, F. A. (2017). Analysis of stress-strain state of Caucasus region (Azerbaijan) on the basis of maximum horizontal stress vectors and World Stress Map. Application technique. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 39(3), 26—39. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i3.2017.104026> (in Russian).
- Buniyatov, Z. M. (1971). *Abd ar-rashid al-Bakuvi. Kitab talhis al-asar wa'aja'ib al-malik al-kahhar*. Text publishing, translation, notes, appendices. Moscow: Nauka, Main edition of oriental literature, 162 p. (in Russian).
- Byus, E. I. (1948). *Seismic conditions of Transcaucasia. Part 1. Chronology of earthquakes in Transcaucasia*. Tbilisi: Publishing House of the Academy of Sciences of the Georgian SSR, 304 p. (in Russian).
- Weber, V. N. (1903). Shemakha earthquake of January 31, 1902. *Proc. of the St. Petersburg Geological Committee* (in Russian).
- Velikhanly, N. M. (1974). *Arab geographers-travelers of the 9th-12th centuries about Azerbaijan*. Baku, (in Azeri).
- Gasanov, A. G., Panakhi, B. M., Agaeva, S. T., Etirmishli, G. D., & Abdullaeva, R. R. (2005). Caspian earthquake 11/25/2000. *Izvestiya NAN Azerbaydzhana. Ser. Nauki o Zemle*, (1), 43—51 (in Russian).
- Khain, V. E., Alizade, Ak, A. (Eds.). (2005). *Geology of Azerbaijan, Vol. IV. Tectonics*. Baku: Nafta Press (in Russian).
- Golinskiy, G. L., Kondorskaya, N. V. and others (1989). Caspian earthquake on March 6. In *Earthquakes in the USSR in 1986. Collection of scientific papers* (pp. 58—77). Moscow: Nauka (in Russian).
- Dzhanashvili, M. G. (1902). Earthquakes in the past. *Izvestia of the Caucasian Branch of the Russian Geographical Society, XV*.
- Dotsenko, S., Kuzin, I., Levin, B., & Solovyova, O. (2000). Tsunami in the Caspian Sea: seismic sources and distribution features. *Okeanologiya*, 40(4), 509—518 (in Russian).
- Ivanovskiy, I. K. (1899). Krasnovodsk earthquake on June 27, 1895 Materials for the study of earthquakes in Russia. *Izvestia of the Russian Geographical Society, appendix II*, 35 p. (in Russian).
- Kondorskaya, N. V., & Shebalin, N. V. (Eds.). (1977). *New catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975*. Moscow: Nauka, 536 p. (in Russian).
- Kuznetsov, V. P., Ragimov, Sh. S. and others (1963). Caspian earthquake on January 23, 1963. *Izvestia AN SSSR. Ser. geofizicheskaya*, (9) (in Russian).

- Malinovskiy, N. V. (1935). Catalog of earthquakes in Azerbaijan SSR. *Proceedings of the Azerbaijan Branch of the Transcaucasian Branch of the USSR Academy of Sciences, Baku* (in Russian).
- Malinovskiy, N. V. (1940). *Materials on the seismic study of the Azerbaijan SSR*. Baku: Publ. House of the Azerbaijan Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 62 p. (in Russian).
- Mikhaylevskiy, A. I. (1926). Earthquakes in the Caucasus and their relationship with the dislocation of the region. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. Otd. yestestvoznaniya i meditsiny, IV*, 151—157 (in Russian).
- Mushketov, I. V. & Orlov, A. P. (1893). Catalog of earthquakes of the Russian Empire. *Notes of the Russian Geographical Society, XXXI*, 582 p. (in Russian)
- Nikiforov, P. M. (Ed.). (1941). *Catalog of earthquakes on the territory of the USSR (from 1908 to 1936 inclusive): Proceedings of the Seismological Institute. Issue 3. Caucasus and Central Asia*. Moscow, Leningrad: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 74 p. (in Russian).
- Nikonov, A. A. (1982). The strongest earthquakes in the Greater Caucasus on January 14, 1668. *Izvestiya AN SSSR. Fizika Zemli*, (9), 90—106 (in Russian).
- Panakhi, B. M. (1994). Seismicity. In E. Sh. Shikhalibeyli (ed.), *Geology and Mineral Resources of Nagorno-Karabakh of Azerbaijan* (pp. 196—201). Baku: Elm (in Russian).
- Sikharulidze, D. I., Tutberidze, N. P. and others (1983). *Structure, stress-strain state and seismicity conditions of the lithosphere of the Lesser Caucasus*. Tbilisi: Metsniereba, 122 p. (in Russian).
- Stratanovskiy, G. A. (1964). *Strabon. Geography*. Translation and notes. Leningrad: Nauka, 788 p. (in Russian).
- Sultanova, Z. Z. (1969). *Earthquakes in Azerbaijan*. Baku: Gandzhlik, 86 p. (in Russian).
- Sultanova, Z. Z. (1986). *Perceptible earthquakes in Azerbaijan in 1966—1982*. Baku: Elm, 96 p. (in Russian).
- Khromovskikh, V. S., & Nikonov, A. A. (1984). *In the wake of strong earthquakes* (pp. 98—99). Moscow: Nauka (in Russian).
- Tsulukidze, G. G. (1872). Shamakhi earthquakes. *Izvestia of the Caucasian Branch of the Russian Geographical Society*, 1.
- Yampolskiy, V. I. (1974). About the earthquake of the 3rd century BC in the south of the Caspian Sea. Materials of the conference on the study of seismicity and deep structure of Azerbaijan (pp. 164—165). Baku: Elm (in Russian).
- Agayeva, S. T., & Babayev, G. R. (2009). Analysis of earthquake focal mechanisms for Greater and Lesser Caucasus applying the method of World Stress Map: *Proc. of the Geology Institute Azerbaijan National Academy of Sciences* (pp. 40—44). Baku: Nafta-Press.
- Alizadeh, A. A., Guliyev, I. S., Kadirov, F. A., & Eppelbaum, L. V. (2016). *Geosciences of Azerbaijan. Vol. I: Geology*. Springer International Publishing, 340 p. <https://doi.org/1007/978-3-319-27395-2.239>.
- Babayev, G., & Aliyev, M. (2019). Seismic B-Value Study in Southern Slope of Greater Caucasus (Azerbaijan). *Proceedings 2nd International Electronic Conference on Geosciences, 24*, 9. doi:10.3390/IECG2019-06227.
- Babayev, G., Gadirov, F., Agayeva, S., & Ismail-Zade, T. (2017). Assessment of seismic processes in the southern slope of the Greater Caucasus (Azerbaijan): *Proc. of AASSA NAS KR Regional Workshop «Science, State, Structures and Public — Joint Efforts to Reduce the Risks and Consequences of Earthquakes»*, Bishkek, Kirgizistan, October (pp. 25—30). «Printhouse» Publishing House.
- Babayev, G., Kadirov, F., Tibaldi, A., Bonali, F., & Aliyev, Y. (2019). Dynamic triggering of mud volcanos in Azerbaijan by Caspian earthquakes. *ANAS Transactions, Earth Sciences* (No 2, pp. 47—53). doi:10.33677/ggianas20190200031.
- Babayev, G., & Telesca, L. (2014). Strong motion scenario of 25th November 2000 earthquake for Absheron peninsula (Azerbaijan). *Natural Hazards*, 73, 1647—1661. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1159-7>.
- Babayev, G., Tibaldi, A., Bonali, F., & Kadirov, F. (2014). Evaluation of earthquake-induced strain in promoting mud eruptions: the case of Shamakhi—Gobustan—Absheron areas,

- Azerbaijan. *Natural Hazards*, 72(2), 789—808. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1035-5>.
- Mellors, R., Kilb, D., Aliyev, A., Gasanov, G., & Yetirmishli, G. (2007). Correlations between earthquakes and large mud volcano eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112(B4), B04304. <https://doi.org/10.1029/2006JB004489>.
- Telesca, L., Kadirov, F., Yetirmishli, G., Safarov, F., Babayev, G., & Ismaylova, S. (2017). Statistical analysis of the 2003—2016 seismicity of Azerbaijan and surrounding areas. *Journal of Seismology*, 21(6), 1467—1485. doi: <https://doi.org/10.1007/s10950-017-9677-x>.
- Telesca, L., Lovallo, M., Babayev, G., & Kadirov, F. (2013). Spectral and informational analysis of seismicity: an application to the 1996—2012 seismicity of Northern Caucasus-Azerbaijan part of Greater Caucasus-Kopet Dag Region. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(23), 6064—6078. doi: 10.1016/j.physa.2013.07.031.
- Yetirmishli, G. J., & Kazimova, S. E. (2018). Focal mechanisms of earthquakes and stress field of the earth crust in Azerbaijan. In S. D'Amico (Ed.), *Moment Tensor Solutions* (pp. 481—495). Springer Natural Hazards. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77359-9_21.

Сильні землетруси Азербайджану за історичний і сучасний періоди (концептуальний огляд)

Г. Р. Бабаєв, С. Т. Агаєва, 2021

Інститут геології і геофізики НАН Азербайджану, Баку, Азербайджан

За результатами вивчення літературних й архівних першоджерел уточнено наявні відомості про катастрофічні та руйнівні землетруси на території Азербайджану за історичний період з магнітудою $M \geq 6$. Серед сильних історичних землетрусів в Азербайджані можна назвати землетруси 427 р., Гянджинське (Гейгельське 1139 р.), Гянджинське 1235 р., Східнокавказьке 1667 р. (± 1 рік), Маштагінське 1842 р., численні Шамахінські землетруси (1192, 1667—1669, 1828, 1859, 1868, 1872, 1902 рр.), Ардебільське 1924 м, Ленкоранське 1913 р., Каспійські землетруси (957, 1812, 1842, 1852, 1911, 1935, 1961, 1963, 1986, 1989, 2000 рр.), що спричинили як зміни рельєфу земної поверхні, так і руйнування будівель й численні людські жертви. За рівнем сейсмічної активності та характером просторового розподілу вогнищ сильних і слабких землетрусів територію республіки розділено на декількох окремих великих зон: південний схил східній частини Великого Кавказу, Куринська западина, північний схил Малого Кавказу, Талиш, Гусар-Дівічінська (нині Гусар-Шабранська) депресія, Каспійське море. Досліджено фонову сейсмічність за результатами безперервних інструментальних спостережень за період 1902—2019 рр. На території Азербайджану сейсмічні процеси розподілені нерівномірно. Досліджено існуючі каталоги сейсмічних подій. Вивчено характер зміни параметрів сейсмічності. Наведено оглядовий концептуальний аналіз двох основних методик з оцінювання сейсмічної небезпеки: ймовірнісний і детерміністський, які широко застосовують в останні десятиліття. У висновку виділені найголовніші та спільні завдання майбутніх сейсмологічних досліджень, які належить виконувати протягом наступних десятиліть.

Ключові слова: руйнівні землетруси, Азербайджан, сейсмічність регіону, сейсмічна небезпека, інтенсивність струсів в епіцентрі, методики оцінювання сейсмічної небезпеки.