= ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА =

VДК 551.24

DOI: 10.46698/VNC. 2021.72.56.006

Оригинальная статья

Особенности связи между пространственновременным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой Восточного Кавказа

Р. А. Магомедов

Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75, e-mail: ra-mag@yandex.ru

Статья поступила: 21.01.2021, после рецензирования: 18.02.2021, принята к публикации: 10.03.2021

Резюме: Актуальность работы. Возросший интерес к сейсмоактивному региону Восточного Кавказа включая самую сейсмоактивную в европейской части России область диктуется тем, что в сферу повышенных сейсмических воздействий попадают крупные энергетические объекты Сулакского каскада ГЭС, а также строящееся множество малых ГЭС, основные транспортные коммуникации, высоковольтные линии электропередач, нефте-газопроводы федерального и республиканского значений, аэро- и морской порты и крупные, разросшиеся города и поселки региона. Отсутствие исследований по проблеме оценки геодинамической и геотектонической ситуации с привлечением материала по истории геологического развития системы может привести к нежелательным экологическим последствиям. По своим разрушительным действиям, количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания человека, землетрясения занимают одно из первых мест среди других видов природных катастроф. Эти грозные явления природы опасны, прежде всего, потому, что происходят там, где человек живет и работает. Исторически так сложилось, что людям было удобно и экономически выгодно селиться именно там, где время от времени возникают землетрясения. Восточный Кавказ в этом плане не является исключением. Современные геодинамически активные зоны региона в условиях позднеальпийского тектогенеза характеризуются иными геодинамическими условиями по сравнению с герцинской и киммерийской. Альпийский этап тектогенеза характеризуется значительным максимумом своей активизации, с которым связаны современные геодинамические процессы и повышенная современная сейсмическая активность региона. Цель исследования. Установление особенностей связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой региона. Методы исследования. Основными методами исследования являются палеосейсмогеологический, структурно-тектонический с учетом геодинамического потенциала блоков региона и анализ пространственно-временного распределения сейсмичности за инструментальный период наблюдений. Результаты исследования. Установлены особенности связи между пространственновременным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой региона заключающиеся в том, что области с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с геодинамическими зонами, имеющими критический геодинамический потенциал и историческую активность. Составлены соответствующие сейсмотектонические схемы. Выявлены три субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона, контролируемые известными субкавказскими разломами. Составлена предварительная схема зон ВОЗ региона.

Ключевые слова: геологическое строение, региональная геотектоника, геодинамика, палеотектоника, современная сейсмичность, палеосейсмичность, современные движения земной коры, очаг землетрясения, зона ВОЗ.

Для цитирования: Магомедов Р. А. Особенности связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой Восточного Кавказа. *Геология и геофизика Юга России*. 2021. 11 (1): 69 — 80. DOI: 10.46698/VNC. 2021.72.56.006.

GEOTECTONICS AND GEODYNAMICS =

DOI: 10.46698/VNC. 2021.72.56.006

Original paper

Features of relationship between spatial-time distribution of seismicity, the level of geodynamic potential of the earth's crust blocks and fault-block tectonics of the Eastern Caucasus

R.A. Magomedov

Institute of Geology, Dagestan Fereral Research Center, Russian Academy of Sciences, 75 Yaragskogo Str., Makhachkala 367010, Republic of Dagestan, Russian Federation, e-mail: ramag@yandex.ru

Reseived: 21.01.2021, revised: 18.02.2021, accepted: 10.03.2021

Abstract: Relevance. The increased interest in seismically active region of the Eastern Caucasus, including the most seismically active in the European part of Russia, the region is dictated by the fact that elevated seismic effects get a large energy facilities Sulak cascade, and also built many small hydroelectric power station, the main transport lines, high voltage power lines, oil pipelines Federal and Republican values, aerial and sea ports, and a large, sprawling cities and towns of the region. The lack of research on the problem of assessing the geodynamic and geotectonic situation with the involvement of material on the history of the geological development of the system can lead to undesirable environmental consequences. Aim. To establish the relationship between the spatial-temporal distribution of seismicity, the level of geodynamic potential of the crustal blocks and the faultblock tectonics of the region. Methods. The main research methods are paleoseismogeological, structuraltectonic, taking into account the geodynamic potential of the blocks of the region, and the analysis of the spatial-temporal distribution of seismicity over the instrumental period of observations. Results. The features of the relationship between the spatial-temporal distribution of seismicity, the level of geodynamic potential of crustal blocks and the fault-block tectonics of the region are established, which consist in the fact that areas with increased modern seismic activity are well correlated with geodynamic zones with critical geodynamic potential and historical activity. The corresponding seismotectonic schemes are drawn up. Three sublatitudinal zones of increased tectonic activity in the Foothill and Mountainous parts of the region, controlled by known Subcaucasian faults, have been identified. A preliminary map of the WHO zones in the region has been drawn up.

Keywords: geological structure, regional geotectonics, geodynamics, paleotectonics, modern seismicity, paleoseismicity, modern movements of the earth's crust, earthquake source, WHO zone.

For citation: Magomedov R. A. Features of relationship between spatial-time distribution of seismicity, the level of geodynamic potential of the earth's crust blocks and fault-block tectonics of the Eastern Caucasus. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South* (in Russ.). 2021. 11 (1): 69 – 80. DOI: 10.46698/VNC. 2021.72.56.006.

Введение

В работе сделана попытка установления связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой Восточного Кавказа. Современные геодинамически активные зоны региона в условиях позднеальпийского тектогенеза характеризуются иными геодинамическими условиями по сравнению с герцинской и киммерийской [Короновский, 1994; Милановский, 1968; Хаин, 1973 и др.]. Альпийский этап тектогенеза характеризуется значительным максимумом своей активизации, с которым связаны современные геодинамические процессы и повышенная современная сейсмическая активность региона. Геодинамически активные зоны развиваются, главным образом, в условиях сопряжения неотектонических структур, имеющих различные геодинамические условия, и имеют тектоническое происхождение. В регионе это – предгорная часть (зона коллизии Кавказского складчатого сооружения с Евроазиатской (Скифской и Туранской) плитой).

Исследуемый регион в геолого-геофизическом отношении считается хорошо изученным [Артюшков, 1979; Брод, 1938; Буторин, Галин, 1972; Геологическая изученность СССР, 1989; Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья, 1958; Геология и нефтегазоносность юга СССР, 1959; Короновский, 1994; Краснопевцева и др., 1966; Криволицкий, 1954; Маркус, 1986; Милановский, 1968; Милановский, Хаин, 1963; Васhmanov at el., 2017; Ітаеva at el., 2017; Вогпуакоv at el., 2017 и др.]. Поскольку наиболее изучен и достаточно хорошо подкреплен фактическим материалом северо-восточный сегмент Восточного Кавказа, в работе упор делается именно на этот участок, как объект нашего исследования. В основу изучения глубинного строения Восточного Кавказа положены представления о блоковом строении субстрата в горно-складчатых областях, которое формируется в результате подвижек по системе глубинных разломов разного заложения.

Цель исследования

Восточный Кавказ представляет собой энергонасыщенный блок земной коры, который в свою очередь состоит из блоков меньшего порядка, среди которых имеются блоки с аномальными по интенсивности (амплитуде) и импульсивности (скорости) проявлениями геодинамических процессов (с высоким геодинамическим потенциалом). Геодинамический потенциал обладает пространственно-временной нестабильностью, которая проявляется в квазипериодичности разного пространственно-временного масштаба [Магомедов, 2014 и др.; Магомедов, Мамаев, 2019]. На фоне выраженной региональной дифференцированности напряженного состояния земных недр имеют место локальные аномальные проявления современных геодинамических процессов (геодинамические аномалии). Отмечаются пространственно-временные закономерные связи между геодинамическим и флюидодинамическим режимами осадочного чехла (Вартанян, 1979; Вартанян, Куликов, 1983; Каракин, 1990; Касьянова, 1994; Киссин, 1985; Магомедов, 2001 и др.) и т. д. Целью данного исследования являлось установление особенностей связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой региона.

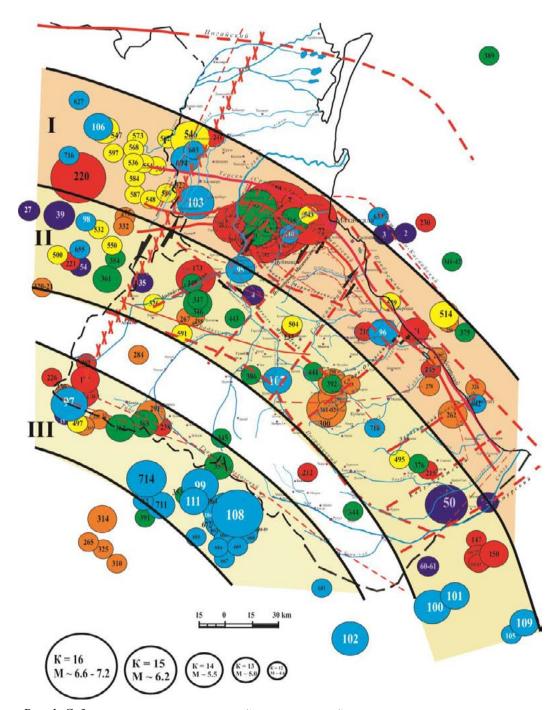


Рис. 1. Субширотные зоны повышенной тектонической активности на северо-восточном сегменте Восточного Кавказа.

Условные обозначения: Зоны повышенной тектонической активности: I — Предгорная, II — Центральная, III — Горная. Эпицентры землетрясений с энергетической характеристикой (в хронологическом порядке): 1960-69 гг. (фиолетовый цвет), 1970-1979 гг. (красный цвет), 1980-1990 гг. (коричневый цвет), 1991-2001 гг. (зеленый цвет), 2002-2010 гг. (желтый цвет), 2011-2020 гг. (синий цвет) /

Fig. 1. Sublatitudinal zones of increased tectonic activity in the northeastern segment of the Eastern Caucasus.

Legend: Zones of increased tectonic activity: I – Foothill, II-Central, III-Mountain. Earthquake epicenters with energy characteristics (in chronological order): 1960-1969 (purple), 1970-1979 (red), 1980-1990 (brown), 1991-2001 (green), 2002-2010 (yellow), 2011-2020 (blue color)

Методы исследования

Структурно-тектонический анализ показал что, существенная роль в формировании современного структурного плана Восточного Кавказа принадлежит разрывным нарушениям субширотного и субмеридионального направлений четко выраженным в рельефе фундамента и определяющих его блоковое строение. Основными методами исследования явились палеосейсмогеологический, структурнотектонический с учетом геодинамического потенциала блоков региона [Магомедов, 2020] и анализ пространственно-временного распределения сейсмичности за инструментальный период наблюдений (http://www.ceme.gsras.ru).

Результаты исследований

В результате проведенных исследований, на северо-восточном сегменте Восточного Кавказа нами выделены 9 квазиоднородных блоков местного порядка, а в пределах каждого — по 4 блока наименьшего порядка и определены их геодинамические потенциалы в условных единицах [Магомедов, 2020]. Условный геодинамический потенциал — энергия, необходимая для образования блока земной коры того размера и формы, который он имеет в настоящее время в данной структуре. Под значением геодинамического потенциала понимается функция, отражающая энергетическое состояние блоков литосферы. На следующем этапе исследований стояла задача определения особенностей связи между пространственно-временным распределением сейсмичности и разломно-блоковой тектоникой региона, а также, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры региона.

Анализ распределения сейсмичности за инструментальный период наблюдений (1960-2020 гг.) выявил 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона, контролируемые известными крупными разломами субширотного (кавказского) простирания (I – Предгорная, II – Центральная, III – Горная) (рис. 1).

Первая, наиболее активная – контролируется Терским (Срединным) разломом, переходящим в юго-восточном направлении на Прибрежный и Дербентский разломы, а также, Пшекыш-Тырныаузским разломом, который ориентирован параллельно первому.

Вторая зона контролируется Унцукуль-Мугибским предполагаемым глубинным разломом с продолжением в юго-восточном направлении в сторону Азербайджана и Пограничным разломом, который также ориентирован параллельно первому.

Третья зона контролируется так называемым Главным Кавказским разломом.

Все три зоны отмечены высокой современной тектонической и сейсмической активностью (рис. 1) и согласуются с исторической активностью (рис. 2).

На этом основании зонам повышенной тектонической активности присвоена потенциальная сейсмическая активность и составлены сейсмотектонические схемы в соответствующем масштабе. Результаты применения метода сейсмотектонических аналогий для региона представлены в табличной форме (табл. 1).

Проекции гипоцентров современных и исторических землетрясений с магнитудами более 5 на дневную поверхность отражают их пространственные положения на смесителях глубинных разломов при глубинах от ~ 20 до 80 км, что соответствует инструментальным данным и моделям сочленения Скифско-Туранской плиты и Кавказского складчатого сооружения [Милановский, 1968, 1987; Хаин, 1973; и т. д.].

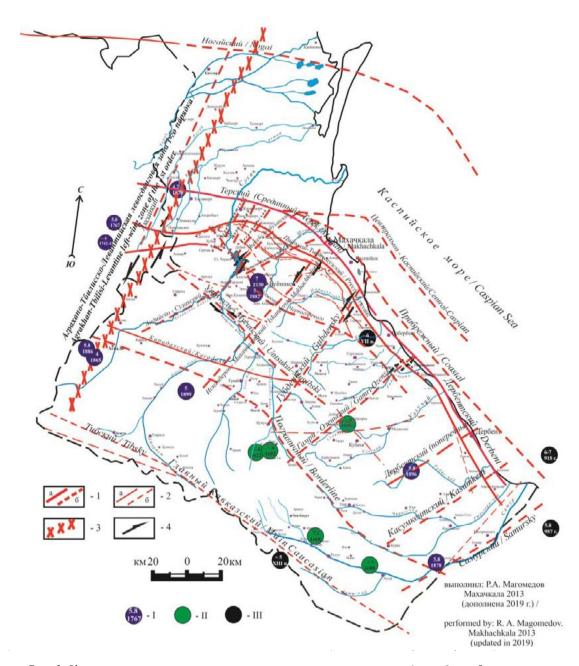


Рис. 2. Карта эпицентров исторических землетрясений с магнитудами более 5 на разломноблоковой структуре северо-восточного сегмента Восточного Кавказа. Условные обозначения:

1 – глубинные разломы (а – достоверные, б – предполагаемые), 2 – разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые), 3 – фрагмент Аграхано-Тбилисско-Левантийской левосдвиговой зоны 1-го порядка, 4 – направление смещения блоков. Эпицентры исторических землетрясений: І – землетрясения XVIII-XIX вв. (надпись: вверху – магнитуда, внизу – дата), ІІ – землетрясения XVII века, ІІІ – землетрясения VII-XIII веков /

Fig. 2. Map of epicenters of historical earthquakes with magnitudes greater than 5 on the fault-block structure of the north-eastern segment of the Eastern Caucasus.

Legend:

1 – deep faults (a – true, b -inferred), 2 – faults in the sedimentary cover (a – true, b – perceived) 3 – fragment Agrahara Tbilisi Levantine levaldigi zone of the 1st order, 4 – direction displacement of the blocks. Epicenters of historical earthquakes: I – earthquakes of the XVIII-XIX centuries (inscription: above-magnitude, below-date), II – earthquakes of the XVII century, III – earthquakes of the VII-XIII centuries

Таблица 1 / Table 1

Субширотные зоны повышенной тектонической активности СВ сегмента Восточного Кавказа / Sublatitudinal zones of increased tectonic activity of the NE segment of the Eastern Caucasus

Зоны повышенной тектонической активности / Zones of increased tectonic activity	$M_{ m max}^{\it Ha6n}$ / $M_{ m max}^{\it obser.}$	Интервал глубин очагов, км / Depth interval of foci, km	Сейсмичность, балл / Seismicity, point
I – Предгорная / Piedmont	6,6 (1970)	8-17, 25-40	9
II – Центральная / Central	5,8 (1988)	10-33, 50, 60	8
III – Горная / Mountain	5,8 (1988, 2012)	10-80	9

Примечание: При выделении зон максимальная наблюденная в зоне магнитуда принималась в качестве M_{max} . / Note: When identifying zones, the maximum observed magnitude in the zone was taken as M_{max} .

Первая зона повышенной тектонической активности выделяется среди остальных своей активностью и уровнем геодинамического потенциала. Здесь отмечается наибольшее количество глубинных поперечных активных разломов, таких как Чиркей-Экибулакский, Ахатлы-Кумторкалинский, Какаюртовский, Пираузский, Зурамакентский, Искандерон-Махачкалинский, Губденьский, Гамри-Озеньский, Дербентский (поперечный), Касумкентский, Самурский и др. Эпицентры землетрясений с магнитудами более 5 тяготеют к зонам пересечений этих разломов с субширотными.

Высокая концентрация эпицентров землетрясений с М более 5 отмечается на стыке геодинамического блока (Чиркей-Буйнакск-Махачкалинская зона), имеющего наибольший геодинамический потенциал и современную активность [Магомедов, 2020]. Это высокосейсмичный район к западу от Махачкалы и приурочен он к вершине поперечного поднятия Дагестанского выступа и одновременно к вероятному продолжению Пшекиш-Тырныаузской шовной зоны. Эта зона современной сейсмической активности также одновременно приурочена к зоне сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому. Здесь же простираются узкие (шириной несколько км) линейно-вытянутые в субкавказском направлении, межблоковые зоны (участки новейших поднятий и опусканий земной коры) – район Миатлов, Шамхал-Булака и Экибулака, где в майкопское время отмечалось интенсивное грабенообразование, в которых мощность осадков в 2 и более раз превышала значения в сопряженных блоках. Глубины гипоцентров в горстах в среднем составляют 25 км, а в смежных грабенах – около 10 км, что однозначно свидетельствует об их принадлежности к наклонным сейсмофокальным пластинам, о чем свидетельствует и интенсивность сотрясаемости до 9 баллов при разных глубинах гипоцентров.

Таким образом, вышеизложенное, а также, распределение современной сейсмичности и уровень геодинамического потенциала блока 56 позволяет нам принять эту область за потенциальную зону BO3 (рис. 3).

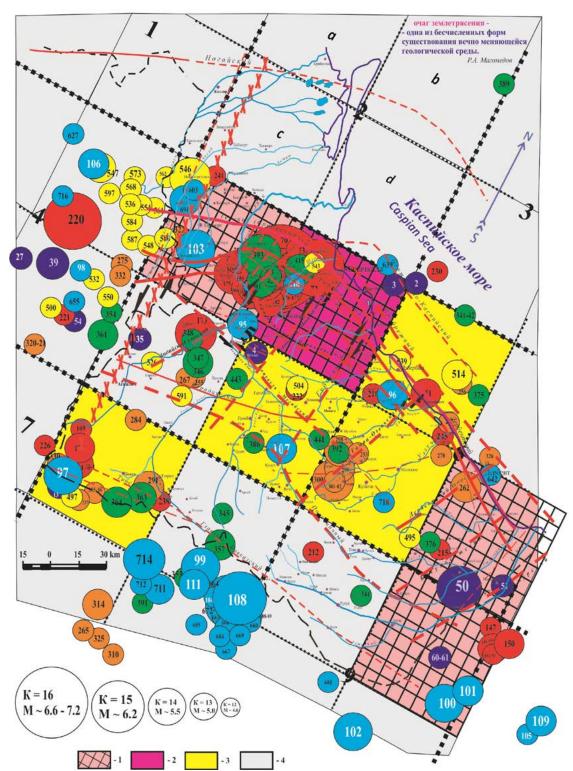


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений с магнитудами более 5 наложенная на схему геодинамических блоков с разломно-блоковой структурой северо-восточного сегмента Восточного Кавказа с вычисленными геодинамическими потенциалами (с 1960 по 2020 гг.). Условные обозначения: 1 — потенциальные зоны ожидания возможных очагов сильных землетрясений, имеющие суммарные значения геодинамического потенциала, в условных единицах, в пределах от 3,8 до 5,8. 2 — блок, имеющий наибольший геодинамический потенциал (5,8) и современную активность. 3 — блоки, имеющие критический (более 2,9 ед. — 50% барьер) геодинамический потенциал. 4 — прочие блоки, имеющие геодинамический потенциал ниже критического. Остальные условные обозначения — как на рисунке 1 /

Fig. 3. Map of earthquake epicenters with magnitudes greater than 5 superimposed on a diagram of geodynamic blocks with a fault-block structure of the north-eastern segment of the Eastern Caucasus with calculated geodynamic potentials (from 1960 to 2020).

Legend: 1 – potential waiting zones for possible foci of strong earthquakes, having the total values of the geodynamic potential, in conventional units, ranging from 3.8 to 5.8. 2 – the block with the highest geodynamic potential (5.8) and current activity. 3 – blocks that have a critical (more than 2.9 units – 50% barrier) geodynamic potential. 4 – other blocks that have a geodynamic potential below the critical one.

The remaining symbols are as shown in Figure 1

Следующей активной зоной является Дербентская, с приграничной с Азербайджаном областью, где также отмечается повышенная современная и историческая сейсмическая активность и критический уровень геодинамического потенциала. Помимо отмеченных зон выделяются еще две потенциальные зоны ВОЗ: Лагодехи-Белоканы-Закаталинская и Чеченская (Аргун-Гудермес-Хасавюртовская), где также отмечается высокая современная и историческая сейсмическая активность.

Следует обратить внимание и на область пересечения Гамри-Озеньского глубинного разлома с Унцукуль-Мугибским (Дейбук-Харбук-Уркарахская зона), где концентрируются активные разломы осадочного чехла и отмечается повышенная сейсмическая активность в инструментальный период наблюдений, которая не наблюдалась, по историческим данным, за последние 400 лет (зона сейсмического затишья) [Мамаев и др., 2009].

В результате проведенных исследований составлена предварительная схема зон ВОЗ региона (рис. 4).

Заключение

В результате проведенных исследований:

- 1. Выявлены 3 субширотные зоны повышенной тектонической активности в Предгорной и Горной частях региона, контролируемые известными субкавказскими разломами.
- 2. Установлены особенности связи между пространственно-временным распределением сейсмичности, уровнем геодинамического потенциала блоков земной коры и разломно-блоковой тектоникой региона заключающиеся в том, что области с повышенной современной сейсмической активностью хорошо коррелируются с геодинамическими зонами, имеющими критический (50%-й барьер и выше) геодинамический потенциал и историческую активность.
- 3. Предварительно, в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа, выделены потенциальные зоны ВОЗ. Составлена предварительная схема зон ВОЗ региона.

Конечно, многие узловые вопросы геотектоники региона до сих пор являются дискуссионными. Возникновение очагов землетрясений в регионе, по результатам наших исследований, является следствием повышенной новейшей (голоценовой) тектонической активности, следствием которой является накопление тектонических напряжений, возникающих как вдоль основных разломов (Пшекиш-Тырныа-узский, Терский или Срединный, Черногорский и др.), так и сдвигов внутри самих блоков вдоль поперечных разломов (Чиркей-Экибулакский, Искандерон-Махачкалинский, Губденский, Гамри-Озеньский, Аграхано-Тбилисско-Левантийский 1-го порядка и др.).

Предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ в уточненном варианте, могут послужить основанием для постановки дополнительных геофизических и GPS (ГЛОНАС) – наблюдений, а также геодеформационных наблюдений (совмест-

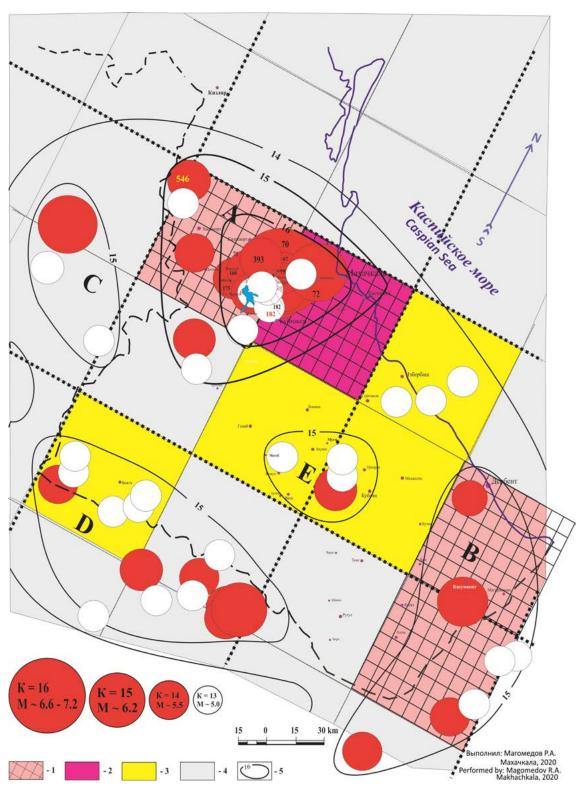


Рис. 4. Предварительная схема зон ВОЗ северо-восточного сегмента Восточного Кавказа. Условные обозначения: <u>Зоны ВОЗ</u>: А— Чиркей-Буйнакск-Махачкалинская, В— Дербентская, С— Чеченская, D— Лагодехи-Белоканы-Закаталинская, Е— Дейбук-Харбук-Уркарахская. 5— изолинии K_{max} . Остальные условные обозначения— как на рисунке 3 /

Fig. 4. Preliminary map of WHO zones in the north-eastern segment of the Eastern Caucasus. Legend: WHO zones: A — Chirkei-Buinaksk-Makhachkala, B — Derbent, C-Chechen, D-Lagodekhi-Belokany-Zakatala, E — Deibuk-Harbuk-Urkarakh. 5 — K_{max} isolines. The remaining symbols are as shown in Figure 3

но с наблюдением за ГГД-полем) в режиме мониторинга и полевых работ по картированию палеосейсмодислокаций и палеодеформаций [Таймазов и др., 2019].

Применение дополнительных геолого-геофизических методов и поиск признаков палеосейсмичности позволит уточнить предварительно выделенные потенциальные зоны ВОЗ, оценить максимально возможные магнитуды и снизить риск экологических последствий современной сейсмичности.

Литература

- 1. Артюшков Е.В. Геодинамика. M.: Hayka, 1979. 327 с.
- 2. Брод И.О. Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья. // Советская геология. -1938. Т. VIII. № 7. С. 3-23.
- 3. Буторин Г.Д., Галин В.Л. Тектоника передовой складчатой зоны Дагестанского выступа в связи с поисками залежей нефти и газа. // Советмкая геология. 1972. № 9. С. 127-133.
- 4. Геологическая изученность СССР. Дагестанская АССР. Т. 13. Период 1971-75 гг. Вып. 1. Министерство геологии СССР. Северокавказское производственное геологическое объединение «Севкавгеология», ДГРЭ. Москва: Недра, 1989.
- 5. Геология и нефтегазоносность Восточного Предкавказья. Вып. 1. Тр. КЮГЭ. / Под ред. И.О. Брода. Ленинград: Гостоптехиздат, 1958. 622 с.
- 6. Геология и нефтегазоносность юга СССР. Дагестан. Вып. 4. Тр. КЮГЭ. / Под ред. И.О. Брода. Ленинград: Гостоптехиздат, 1959. 432 с.
- 7. Короновский Н.В. Аграхан-Тбилисско-Левантийская левосдвиговая зона важнейшая структура Кавказского региона. // Доклады РАН. 1994. Т. 337. № 1. С. 83-89.
- 8. Краснопевцева Г.В. и др. Результаты глубинного сейсмического зондирования земной коры Кавказа. // В кн.: Глубинное строение Кавказа. М.: Наука, 1966. С. 43-56.
- 9. Криволицкий Н.В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана. // Труды ВНИГРИ. -1954. -№4. С. 148-193.
- 10. Магомедов Р. А., Мамаев С. А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа. // Геология и геофизика Юга России. -2019. Т. 9. № 1. С. 29-42. DOI: 10.23671/VNC. 2019.1.26786.
- 11. Магомедов Р. А. Геодинамический потенциал блоков Восточного Кавказа. // Труды ИГ ДНЦ РАН. -2020. -№ 3. С. 56-63.
- 12. Магомедов Р. А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа // Отечественная геология. 2014. № 3. С. 69-77.
- 13. Мамаев С. А. и др. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана. Ресурсы подземных вод Юга России и меры по их рациональному использованию, охране и воспроизводству. // Труды ИГ ДНЦ РАН. 2009. Вып. 55. С. 279-281.
- 14. Маркус М. А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа. // Советская геология. 1986. N 10. С. 63-69.
 - 15. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. 484 с.
- 16. Милановский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез в подвижных поясах). М.: Недра, 1987.
- 17. Милановский Е. Е., Хаин В. Е. Геологическое строение Кавказа. М.: Изд-во МГУ, 1963. 240 с.
- 18. Таймазов Д. Г., Мамаев С. А., Мамаев А. С. О перспективных направлениях развития средств и методов повышения сейсмической безопасности территории Дагестана. // Геология и Геофизика Юга России. − 2019. − Т. 9. № 4. − С. 126-139. DOI: 10.23671/VNC. 2019.4.44536.
 - 19. Xаин В. Е. Общая геотектоника. M.: Недра, 1973. 512 с.
- 20. Bachmanov D. M., Kozhurin A. I., Trifonov V. G. The active faults of Eurasia database. // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. Vol. 8 (4). pp. 711-736.
- 21. Imaeva L. P., Gusev G. S., Imaev V. S., Ashurkov S. V., Melnikova V. I., Seredkina A. I. Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in northeast Asia. // Geodynamics & Tectonophysics. 2017. Vol. 8 (4). pp. 737-768.

22. Bornyakov S.A., Ma J., Miroshnichenko A.I., Guo Y., Salko D.V., Zuev F.L. Diagnostics of meta-instable state of seismically active fault. // Geodynamics & Tectonophysics. – 2017. – Vol. 8 (4). – pp. 989-998.

References

- 1. Artyushkov E. V. Geodynamics. Moscow, Nauka, 1979. 327 p. (In Russ.)
- 2. Brod I.O. Tectonics and oil-bearing capacity of the Eastern Ciscaucasia. Soviet Geology, 1938. Vol. VIII. No. 7. pp. 3-23. (In Russ.)
- 3. Butorin G. D., Galin V. L. Tectonics of the forward fold zone of the Dagestan uplift in connection with the search for oil and gas deposits. Soviet Geology, 1972. No. 9. pp. 127-133. (In Russ.)
- 4. Geological study of the USSR. Dagestan ASSR. Vol. 13. Period 1971-75. Issue 1. Ministry of Geology of the USSR. North Caucasian Production Geological Association "Sevkavgeologiya", DGRE. Moscow. Nedra, 1989. (In Russ.)
- 5. Geology and oil and gas content of the Eastern Ciscaucasia. Issue 1. Proceedings of KYuge. Leningrad. Gostoptekhizdat, 1958. 622 p. (In Russ.)
- 6. Geology and oil and gas content of the south of the USSR. Dagestan. Issue 4. Proceedings of KYuge. Leningrad. Gostoptekhizdat, 1959. 432 p. (In Russ.)
- 7. Koronovskii N. V. The Agrakhan-Tbilisi-Levantine left-lateral shear zone is the most important structure of the Caucasus region. Reports of RAS, 1994. Vol. 337. No. 1. pp. 83-89. (In Russ.)
- 8. Krasnopevtseva G.V. et al. Results of deep seismic sounding of the Earth's crust in the Caucasus. In: The deep structure of the Caucasus. Moscow. Nauka, 1966. pp. 43-56. (In Russ.)
- 9. Krivolitskii N. V. Tectonic characteristics of the Limestone Dagestan region. In: Proceedings of VNIGRI, 1954. No. 4. pp. 148-193. (In Russ.)
- 10. Magomedov R.A., Mamaev S.A. Some results of research of geotectonic conditions, geodynamics and modern seismicity East Caucasus. Geology and Geophysics of Russian South. 2019. Vol. 9 (1). pp. 29-42. DOI: 10.23671/VNC. 2019.1.26786. (In Russ.)
- 11. Magomedov R.A. Geodynamic potential of the blocks of the Eastern Caucasus. In: Proceedings of the IG DSC RAS, 2020. No. 3. pp. 56-63. (In Russ.)
- 12. Magomedov R.A. Disjunctive tectonics and modern seismicity of the territory of the Eastern Caucasus. Otechestvennaya geologiya, 2014. No. 3. pp. 69-77. (In Russ.)
- 13. Mamaev S.A. et al. Observations of microseismic emission in the territory of Dagestan. Groundwater resources of the South of Russia and measures for their rational use, protection and reproduction. In: Proceedings of the IG DSC RAS, 2009. Issue. 55. pp. 279-281. (In Russ.)
- 14. Markus M. A. Long-lived structures of the Eastern Caucasus. Soviet Geology, 1986. No. 10. pp. 63-69. (In Russ.)
 - 15. Milanovskii E. E. The latest tectonics of the Caucasus. Moscow. Nedra, 1968. 484 p. (In Russ.)
- 16. Milanovskii E.E. Rifting in the history of the Earth (rifting in mobile belts). Moscow. Nedra, 1987. (In Russ.)
- 17. Milanovskii E. E., Khain V. E. Geological structure of the Caucasus. Moscow. Publishing house of MSU, 1963. 240 p. (In Russ.)
- 18. Taymazov D. G., Mamaev S. A., Mamaev A. S. On the promising areas for the development of tools and methods of improving the seismic safety of the territory of Dagestan. Geology and Geophysics of Russian South. 2019. Vol. 9 (4). pp. 126-139. DOI: 10.23671/VNC. 2019.4.44536x. (In Russ.)
 - 19. Khain V. E. General geotectonics. Moscow. Nedra, 1973. 512 p. (In Russ.)
- 20. Bachmanov D. M., Kozhurin A. I., Trifonov V. G. The active faults of Eurasia database. Geodynamics & Tectonophysics, 2017. Vol. 8 (4). pp. 711-736.
- 21. Imaeva L.P., Gusev G.S., Imaev V.S., Ashurkov S.V., Melnikova V.I., Seredkina A.I. Geodynamic activity of modern structures and tectonic stress fields in northeast Asia. Geodynamics & Tectonophysics, 2017. Vol. 8 (4). pp. 737-768.
- 22. Bornyakov S.A., Ma J., Miroshnichenko A.I., Guo Y., Salko D.V., Zuev F.L. Diagnostics of meta-instable state of seismically active fault. Geodynamics & Tectonophysics, 2017. Vol. 8 (4). pp. 989-998.