

## ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

УДК 551.24

DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26786

## Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа

Р. А. Магомедов, С. А. Мамаев, к. т. н.

ФГБУН Институт геологии Дагестанского научного центра РАН,  
Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75,  
e-mail: dangeogis@mail.ru

**Аннотация:** Проведен анализ сейсмотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа. На основе накопленных геолого-геофизических материалов многими исполнителями и организациями составлена новая схема разломно-блоковой тектоники и обобщенная схема тектонического районирования с элементами разломно-блоковой тектоники в масштабе 1:500000. Сделан прогноз зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ). Новая обобщенная схема отражает все известные крупные дизъюнктивные нарушения и блоки фундамента и осадочного чехла Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности и служит основой для прогнозирования эндогенных процессов, локализации источников напряжений и выявления потенциальных сейсмических очагов.

В течение последних 30-40 лет инструментальным путем здесь зарегистрировано довольно много сильных землетрясений, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8-9 баллов), Салатауское – 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское – 9.01.1975 г. с силой в эпицентре равной 8 баллам, Кумторкалинские – (31.01. с силой в 7 баллов и 21.02., 14.04.1999 г.) и др. Пространственное распределение эпицентров землетрясений показывает, что, помимо отмеченной современной высокосейсмичной зоны, в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа выявлены еще четыре сейсмоактивные зоны: Дербентская, Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахская, Аргун-Гудермес-Хасавюртовская и Лагодехи-Белоканы-Закаталинская. Сейсмические циклы в этих зонах имеют другую периодичность и продолжительность.

По результатам анализа геодинамической активности за последние 30-40 лет сделан вывод о ее сейсмическом характере и установлены некоторые признаки вероятной подготовки сильного землетрясения в ближайшем будущем.

Одним из признаков вероятной подготовки сильного землетрясения является снижение дисперсии (уменьшение) между максимальными и минимальными магнитудами за исследуемый период времени.

**Ключевые слова:** разломно-блоковая тектоника, геодинамика, современная сейсмичность, эпицентр землетрясения, магнитуда, зона ВОЗ.

**Для цитирования:** Магомедов Р. А., Мамаев С. А. Некоторые результаты исследований геотектонических условий и современной сейсмичности Восточного Кавказа // *Геология и геофизика Юга России*. 2019. Том 9 № 1. С. 29-42. DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26786.

### Введение

В настоящей работе – результат очередного этапа исследований столь сложного и интересного, с геологической точки зрения, объекта как Восточный Кавказ представляющего собой горно-складчатое сооружение, который не претерпел полной инверсии, как это имело место на Западном Кавказе. На границе средней и верхней юры (Адыгейская фаза складчатости, около 150 млн лет назад) началась

инверсия геотектонического режима в пределах геосинклинальных зон Большого Кавказа, в том числе и Восточного Кавказа. Образование современной складчатости Восточного Кавказа произошло в Предплейстоценовой фазе складчатости, в период значительного максимума альпийской активизации, с которым связана и повышенная современная сейсмическая активность региона [Артюшов, 1979; Геолого-геофизические исследования..., 2017; Дёмина Л.И., Копп Л.И., Короновский Н.В. и др., 2007; Леонов Ю.Г., 2009; Тимошкина Е.П., Леонов Ю.Г., Михайлов В.О., 2010; Идрисов и др., 2017; Карта современных..., 1973, 1989; Касьянова и др., 1995; Короновский, 1994; Магомедов, 2013, 2014а, б, 2017; Мамаев и др., 2009; Маркус, 1986; Милановский, 1968 и др.]. Новейшим структурным элементом Кавказа и западной границей Дагестанского выступа является Аграхано-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона I порядка Н. В. Короновского [Короновский, 1994], которая отчетливо выделяется в рельефе поверхности Мохоровичича (рис. 1). Она пересекает Пшекиш-Тырныузскую шовную зону, которая проявляется в верхних структурных этажах зонами повышенных деформаций. Наибольшая геодинамическая активность наблюдается именно в районе пересечения этой зоны с субкавказскими разломами во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью.

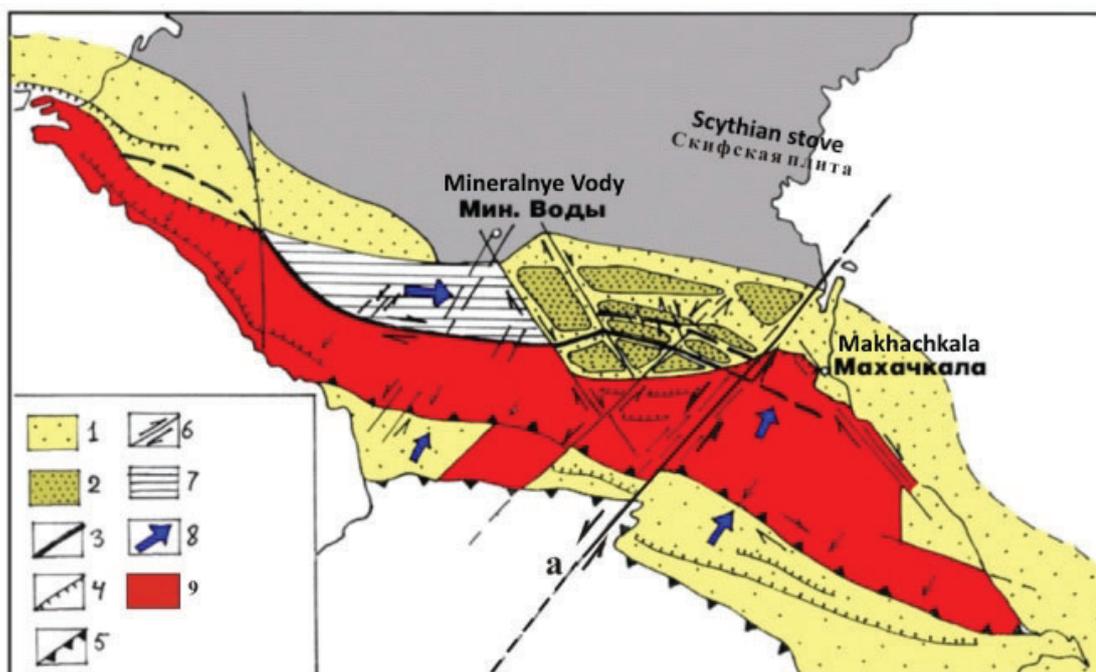


Рис. 1. Блочное строение докембрийского фундамента (по Н. В. Короновскому).

1. Неоген-четвертичные Предкавказские прогибы и Закавказские межгорные впадины; 2. Наиболее прогнутые участки Терско-Каспийского прогиба; 3. Пшекиш-Тырныузская зона; 4. Перемещение по надвигам и вергентность складок; 5. Надвиги рудного тела; 6. Сдвиги: а – Аграхано-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона I порядка; 7. Лабино-Малкинская моноклираль; 8. Основные перемещения масс; 9. Горно-складчатое сооружение Большого Кавказа

Fig. 1. Block structure of the Precambrian basement (according to N. V. Koronovsky). 1. Neogene-Quaternary Ciscaucasian troughs and Transcaucasian intermountain depressions; 2. The most curved sections of the Tersk-Caspian foredeep; 3. Pshekish-Tyrnyauz zone; 4. Movement on the thrusts and vergence of folds; 5. Thrusts of the ore body; 6. Shifts: a – Agrakhan-Tbilisi-Levantine I order left-shift zone; 7. Laba-Malkinsk monocline; 8. Basic mass displacements; 9. Mining-folded structure of the Greater Caucasus.

Фактический материал

Результатом продолжения исследований по Восточному Кавказу явились составленные нами две схемы (рис. 2 и 3): новая обобщенная схема разломно-блоковой тектоники и схема тектонического районирования Дагестанского сектора Восточного Кавказа с элементами разломно-блоковой тектоники, в масштабах 1:500000.

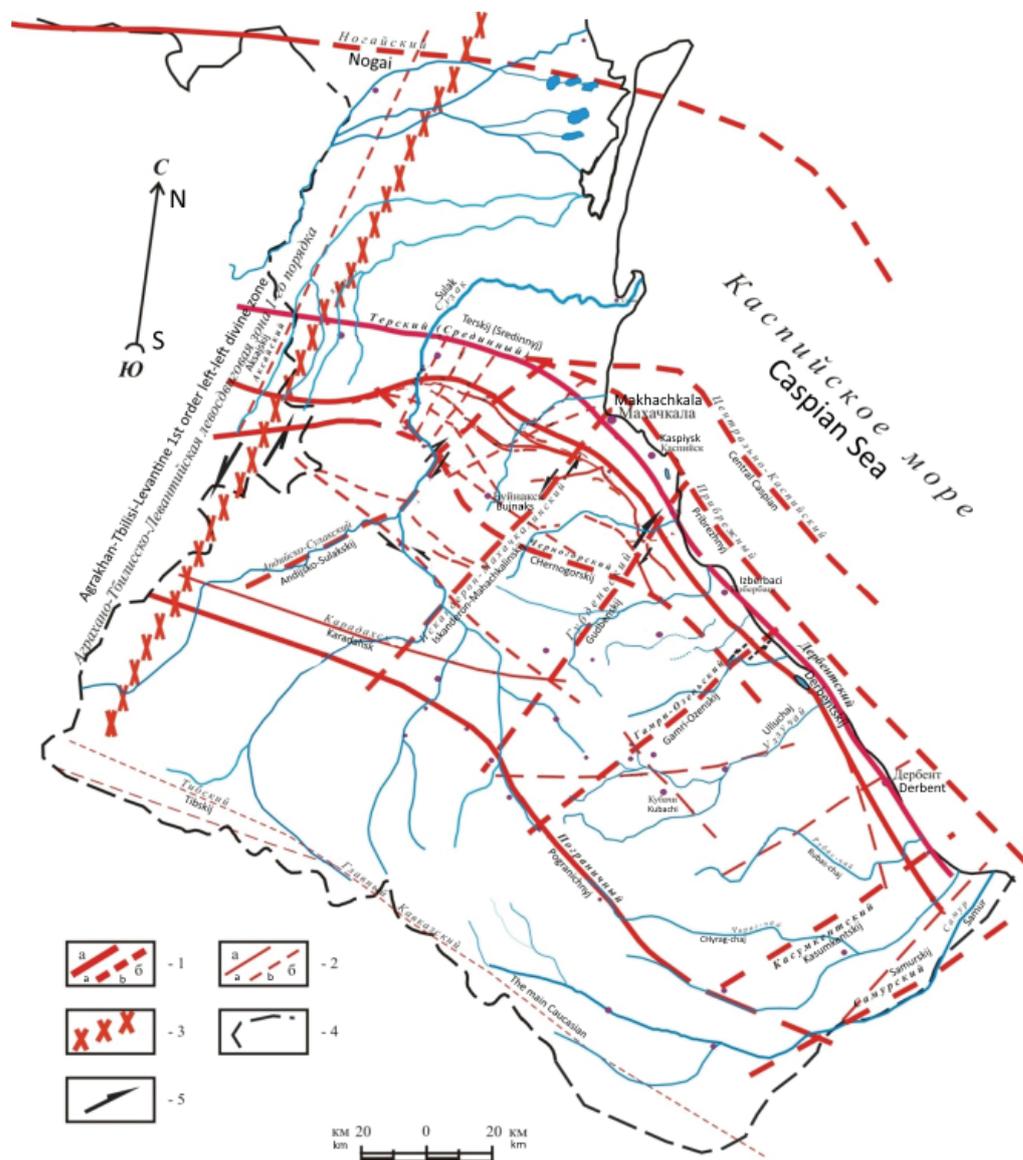


Рис. 2. Схема разломно-блокового строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа.

1 – границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны первого масштабно-временного уровня – **доюрского фундамента** (а – достоверные, б – предполагаемые). 2 – границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны второго масштабно-временного уровня – **осадочного чехла** (а – достоверные, б – предполагаемые). 3 – Аграхано-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона первого порядка. 4 – граница республики. 5 – направление движения блоков

Fig. 2. Scheme of the fault-block structure of the Dagestan sector of the Eastern Caucasus. 1 – boundaries of fault-block structures and destructive zones of the first time-scale level – the **Pre-Jurassic basement** (a – reliable, b – assumed). 2 – boundaries of fault-block structures and destructive zones of the second scale-time level – **sedimentary cover** (a – reliable, b – assumed). 3 – Agrakhan-Tbilisi-Levantine left-shift zone of the first order. 4 – the border of the republic. 5 – the direction of the block movement

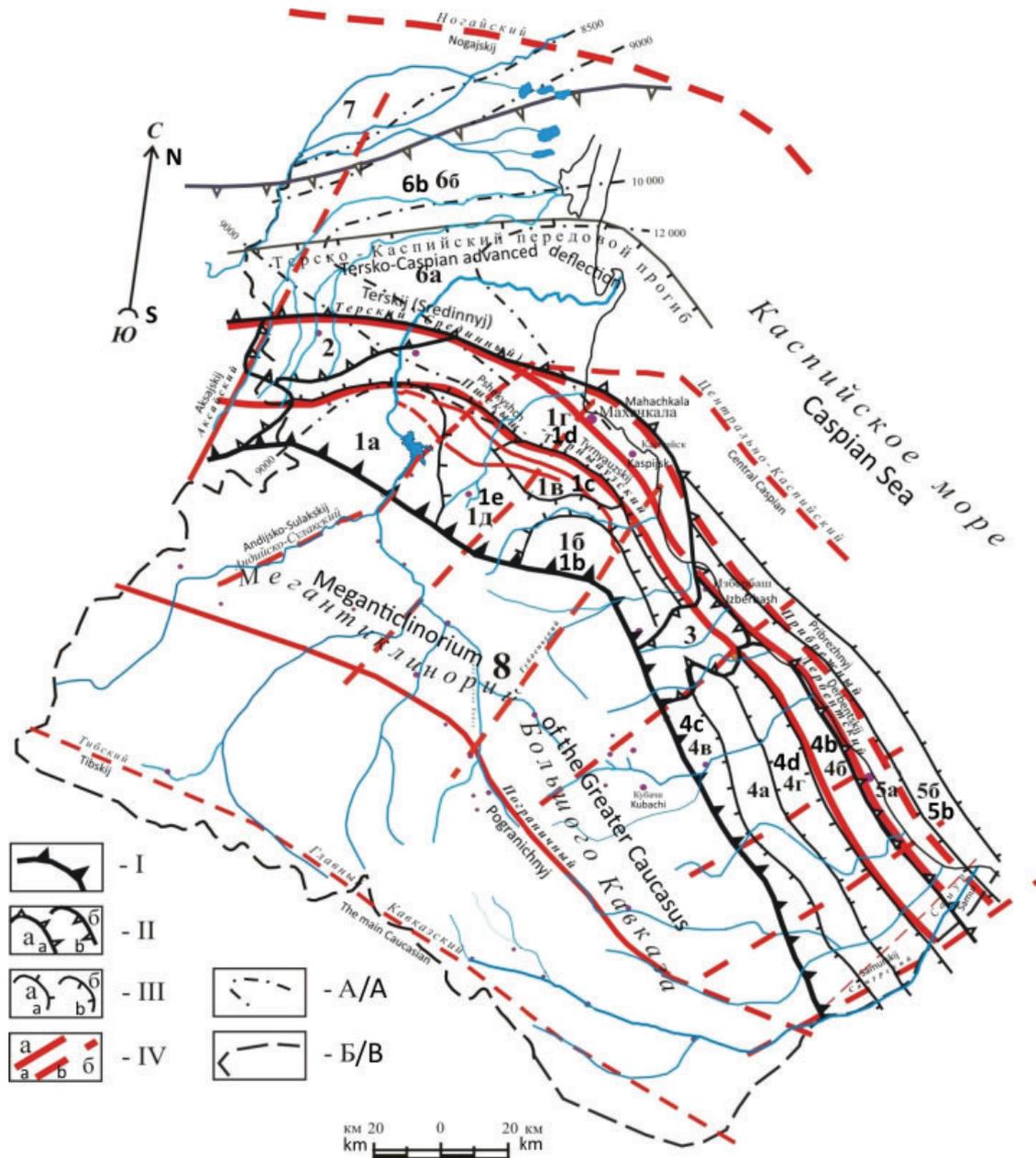


Рис. 3. Обобщенная схема тектонического районирования Дагестанского сектора Восточного Кавказа с элементами разломно-блоковой тектоники.

I – Крупнейшие тектонические элементы. II – Крупные тектонические элементы:

IIa – положительные, IIб – отрицательные. III – Средние тектонические элементы:

IIIa – положительные, IIIб – отрицательные. IV – Региональные глубинные разломы: IVa –

достоверные, IVб – предполагаемые. A – изогипсы поверхности фундамента. Б – граница республики. 1 – Дагестанский выступ: 1a – Сулакский выступ; 1б – Эльдама-Иргартбаишский

выступ; 1в – Талгинское поднятие; 1г – Нараттютинская складчато-надвиговая зона; 1д – зона внутренних депрессий. 2 – Акташ-Аксайская депрессия. 3 – Каранайская депрессия. 4 – Южно-Дагестанская область линейных складок: Антиклинальные зоны: 4a – Западная, 4б – Восточная.

Синклинальные зоны: 4в – Утемиш-Карчагская (Алхаджикентская депрессия), 4г – Каранай-Бильгадинская (Бильгадинская). 5 – Дербентская ступень: 5a – Дербентская депрессия, 5б – Морская антиклинальная зона. 6 – Терско-Каспийский передовой прогиб: 6a – Сулакская впадина

(осевая зона прогиба), 6б – Аграханская моноклираль (платформенный склон прогиба). 7 – Прикумская область поднятий (северный борт передового прогиба), (1+2+3+4) – южный борт

передового прогиба. 8 – Дагестанский сегмент мегантиклинория Большого Кавказа (Горный Дагестан)

Fig. 3. Generalized tectonic zoning of the Dagestan sector of the Eastern Caucasus with elements of fault-block tectonics. I – *The largest tectonic elements*. II – *Large tectonic elements*: IIa – positive, IIb – negative. III – *Middle tectonic elements*: IIIa – positive, IIIb – negative. IV – *Regional deep faults*: IVa – reliable, IVb – supposed. A – *isohypses of the surface of the basement*. B – *the border of the republic*. 1 – *Dagestan bench*: 1a – Sulak bench; 1b – Eldama-Irgartbash bench; 1c – Talginsk uplift; 1d – Narattyubinsk fold-thrust zone; 1e – zone of internal depression. 2 – *Aktash-Aksai depression*. 3 – *Karanai depression*. 4 – *South Dagestan region of linear folds*: Anticlinal zones: 4a – Western, 4b – Eastern. Synclinal zones: 4c – Utemish-Karchagsk (Alhajikentsk depression), 4d – Karanai-Bilgadinsk (Bilgadinsk). 5 – *Derbent bench*: 5a – Derbent depression, 5b – Marine anticlinal zone. 6 – *Tersk-Caspian foredeep*: 6a – Sulak depression (axial deflection zone), 6b – Agrakhan monocline (platform foredeep slope). 7 – *Prikumsk region of uplifts* (northern side of the foredeep), (1 + 2 + 3 + 4) – *southern border of the foredeep*. 8 – *Dagestan segment of the mega-anticlinorium of the Greater Caucasus (Mountainous Dagestan)*.

Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле региона, по данным сейсморазведки, настолько многочисленны, а изучены за редким исключением так слабо, что задача приведения в систему представлений о разломно-блоковой тектонике приобретает принципиальное значение. При составлении обеих схем учтены: крупномасштабные геологические, тектонические, геолого-структурные карты И. О. Брода, Л. А. Варданынца, В. П. Ренгартена, Н. Н. Ростовцева, Ю. Г. Леонова и других, а также мелкомасштабные карты А. И. Летавина, В. Л. Галина, Д. Г. Шарафутдинова, Г. Д. Буторина, Г. Г. Гасангусейнова, Д. А. Мирзоева, В. М. Пирбудагова и многих других, детальный анализ накопленных геолого-геофизических материалов производственных предприятий «Дагнефть», Дагнефтегаз, «Дагестангеология», ИГ ДНЦ РАН и др.

В разное время разными авторами были составлены структурно-тектонические схемы региона, его отдельных частей, отражающие отдельные вопросы региональной геотектоники или узкоспециальные вопросы промысловой геологии. Но единой картины разломно-блокового строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности до сих пор нет, как нет и общей картины тектонического районирования региона с элементами разломно-блоковой тектоники. Видимо, отсутствие или недостаток геофизической информации о глубинном строении и строении осадочного чехла не позволили авторам различных схем региона предложить законченные его модели. Многие узловые вопросы геотектоники региона до сих пор являются дискуссионными.

### Обсуждение результатов

С учетом вышеизложенного в работе сделана попытка собрать разрозненную геолого-геофизическую информацию в единую схему разломно-блоковой тектоники и схему тектонического районирования региона. Нам пришлось стать на путь создания новых схем (учитывающих во многом идеи наших предшественников), схем по возможности наиболее наглядных и простых, а кроме того – приспособленных для целей наших исследований в рамках фундаментальной проблемы по изучению катастрофических геологических процессов природного и техногенного происхождения на территории Восточного Кавказа.

В исследовании использовался метод структурного анализа, основанный на изучении геологических карт и разрезов. Основные принципы построения схемы заключались в объединении разломно-блоковых структур литосферы и ее деструктивных зон (разрывных нарушений) на двух масштабно-временных уровнях с учетом их возраста и структурно-исторических особенностей.

Таблица 1 / Table 1.

**Распределение землетрясений по магнитудам /  
The distribution of earthquakes by magnitude**

Магнитуда / Magnitude	Количество землетрясений / Earthquake amount	%
4 (3,8-4,4)	667	80,65
5 (4,5-5,4)	143	17,29
6 (5,5-6,4)	16	1,94
7 (6,5-7,4)	1	0,12
8 (7,5-8,4)	-	
$\Sigma$	<b>827</b>	<b>100</b>

Новая обобщенная схема отражает почти все известные крупные дизъюнктивные нарушения и блоки фундамента и осадочного чехла Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности и служит необходимым основанием для изучения процессов взаимодействия блоков, локализации источников напряжений, исследования движений по границам блоков, для выявления потенциальных сейсмических очагов, долгосрочного прогноза их очередной активизации и адекватной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска в этом густонаселенном и промышленно развитом регионе страны.

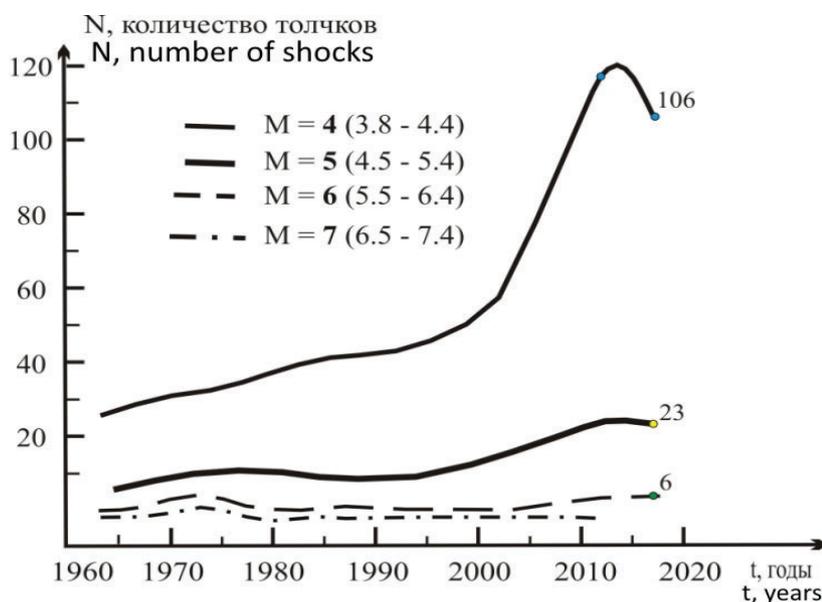
**Современная сейсмичность.** Как известно, Восточный Кавказ характеризуется самой высокой сейсмической активностью в европейской части России. В течение последних 30-40 лет инструментальным путем здесь зарегистрировано довольно много сильных землетрясений, в том числе: Дагестанское – 14.05.1970 г. (8-9 баллов), Салатауское – 23.12.1974 г. (7 баллов), Буйнакское – 9.01.1975 г. с силой в эпицентре равной 8 баллам, Кумторкалинские – (31.01. с силой в 7 баллов и 21.02., 14.04.1999 г.) и др. [<http://www.seme.gsras.ru> и др.].

Анализ пространственного распределения эпицентров землетрясений показывает, что, помимо отмеченной современной высокосейсмичной зоны, в северо-восточном сегменте Восточного Кавказа выявлены еще четыре сейсмоактивные зоны: Дербентская, Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахская, Аргун-Гудермес-Хасавюртовская и Лагодехи-Белоканы-Закаталинская. Сейсмические циклы в этих зонах имеют другую периодичность и продолжительность. Например, по палеосейсмическим данным, в историческом прошлом (1620-е гг.) в Кубачи-Дейбук-Харбук-Уркарахской зоне произошли сейсмические события с  $M=5$  и выше. В последующий период, вплоть до настоящего времени, эта зона представляет собой зону сейсмического затишья. Потенциально новой очаговой зоной землетрясений является место сочленения Талгинского выдвинутого блока с Капчугайским грабежом и Губденским блоком.

«Сейсмическую погоду» определяют сильные землетрясения, периодичность которых (точнее – квазипериодичность) по историческим данным превышает сто лет [21-29 и др.]. Инструментальный период (с 1960-х годов) для определения закономерностей сильных и сильнейших землетрясений региона слишком мал.

Для анализа некоторых закономерностей и пространственной локализации очагов сильных землетрясений региона нами проведен анализ каталога землетрясений с 1960 по 2017 гг. [<http://www.seme.gsras.ru>; Мамаев, 1991]. По результатам анализа составлены карты эпицентров землетрясений. Для анализа использовались данные более чем 800 землетрясений с магнитудой  $M \geq 3,8$ , происшедших на территории региона. Представительной магнитудой среди ощутимых землетрясений за данный период является  $M \geq 4$  (табл. 1). В качестве минимальной выбрана магнитуда 3,8, так как при относительно более низких значениях представительность ощутимых сейсмических событий резко падает.

За последние 10-15 лет наблюдается резкий рост землетрясений представительной магнитуды (рис. 4), что, вероятно, является форшоковой активностью более сильного ближайшего будущего землетрясения. Пик активности – 2013 г.



N, number of shocks (by decades)

N, количество толчков (по десятилетиям!)

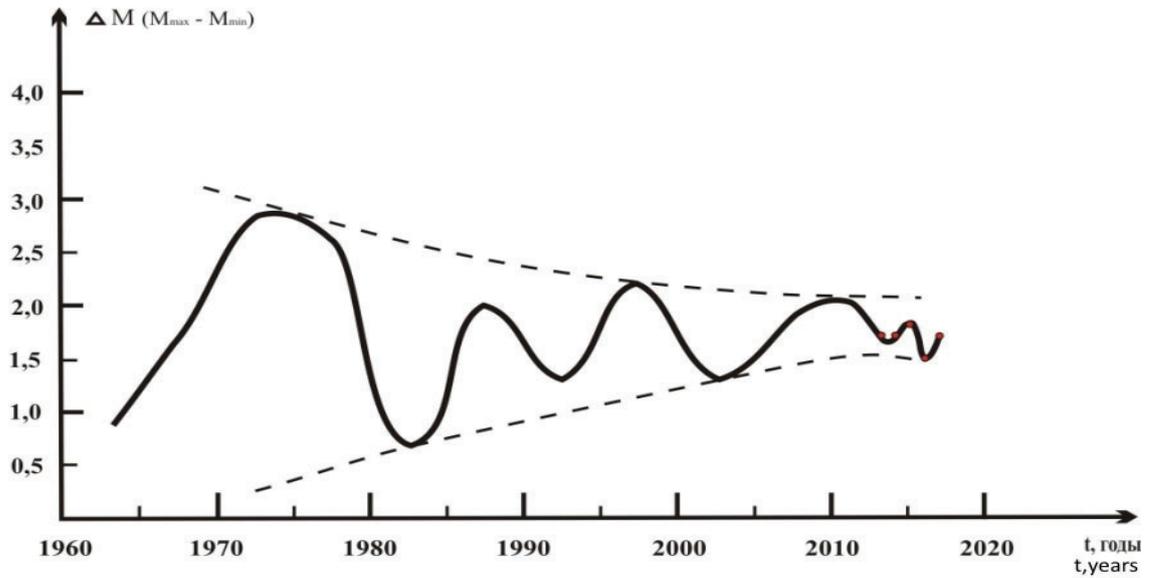
Рис. 4. Изменение количества землетрясений во времени /

Fig. 4. The change in the number of earthquakes in time

Одним из признаков вероятной подготовки сильного землетрясения является и изменение дисперсии (уменьшение) между максимальными и минимальными магнитудами за исследуемый период времени (рис. 5).

Все изложенное выше, согласуется с выводом о росте сейсмической активности за последние 30-40 лет.

В зоне современной сейсмической активности, приуроченной к области сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном по Чиркей-Экибулакскому глубинному разлому, отмечено чередование циклов сейсмической активности и спада (с  $M \geq 4,6$ ,  $K \geq 12$ ) продолжительностью около 10 лет: 1960-1969 гг. – спад активности, 1970-1979 гг. – повышение, 1980-1990 гг. – спад, 1991-2001 гг. – повышение, 2002-2010 гг. – спад, 2011-2020 гг. – ожидается повышение сейсмической активности (рис. 6).



2013 г. (5.5-3.8) = 1.7

Рис. 5. Изменение дисперсии между  $M_{\max}$  и  $M_{\min}$ . /  
 Fig. 5. Variance of dispersions between  $M_{\max}$  and  $M_{\min}$ .

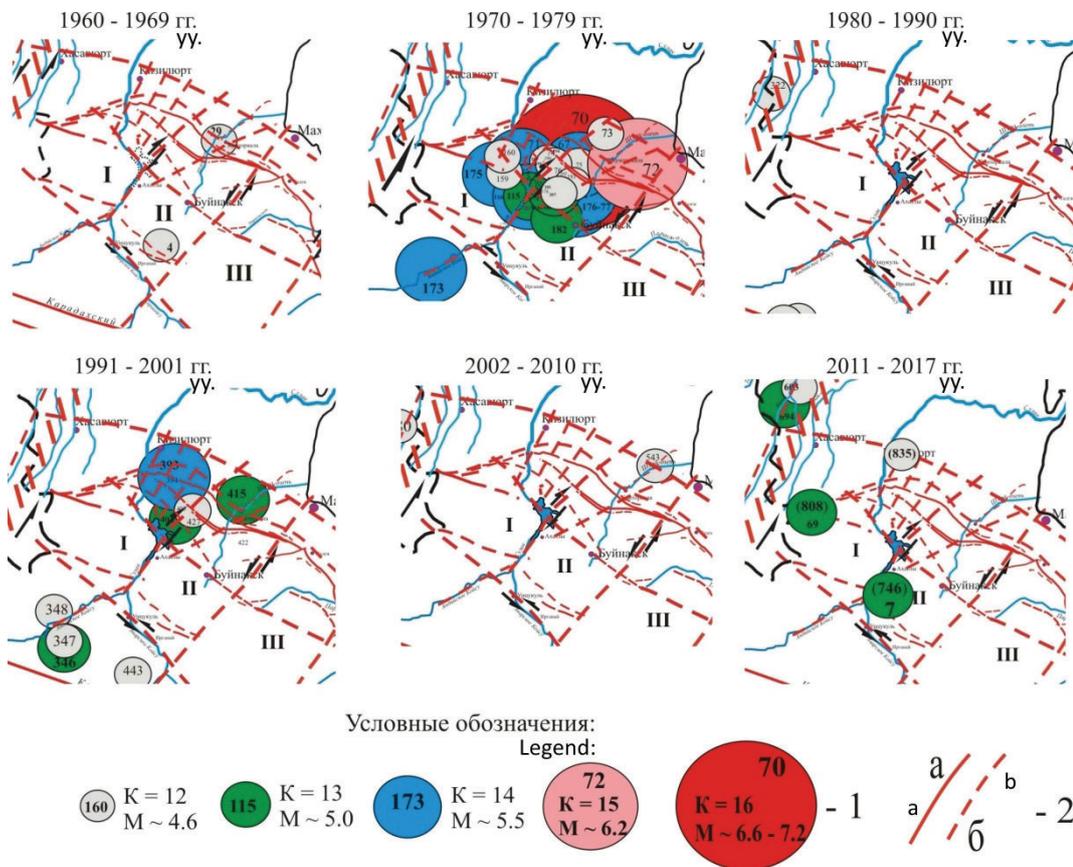


Рис. 6. Чередование циклов сейсмической активности и спада продолжительностью ~ 10 лет в области сочленения Сулакского выступа с Капчугайским грабеном.

*Тектонические элементы:* I – Сулакский выступ; II – Капчугайский грабень; III – Талгинский (Эльдамо-Кукуртауский) выступ. 1 – эпицентры землетрясений с порядковыми номерами и энергетической характеристикой; 2 – глубинные разломы в доюрском фундаменте и разрывные нарушения в осадочном чехле (а – достоверные, б – предполагаемые) /

Fig. 6. The alternation of cycles of seismic activity and decay lasting ~ 10 years in the area of the junction of the Sulak bench with the Kapchugay graben. *Tectonic elements:* I – Sulak bench; II – Kapchugay graben; III – Talginsk (Eldamo-Kukurtau) bench. 1 – earthquake epicenters with sequence numbers and energy characteristics; 2 – deep faults in the pre-Jurassic basement and faults in the sedimentary cover (a – reliable, b – assumed).

Наблюдается закономерность временного распределения землетрясений (рис. 7) с магнитудами более 5,5 (макс. 6,6): периодичность их свершения (точнее – квазипериодичность) составляет  $9,5 \pm 3$  года (~ 10 лет).

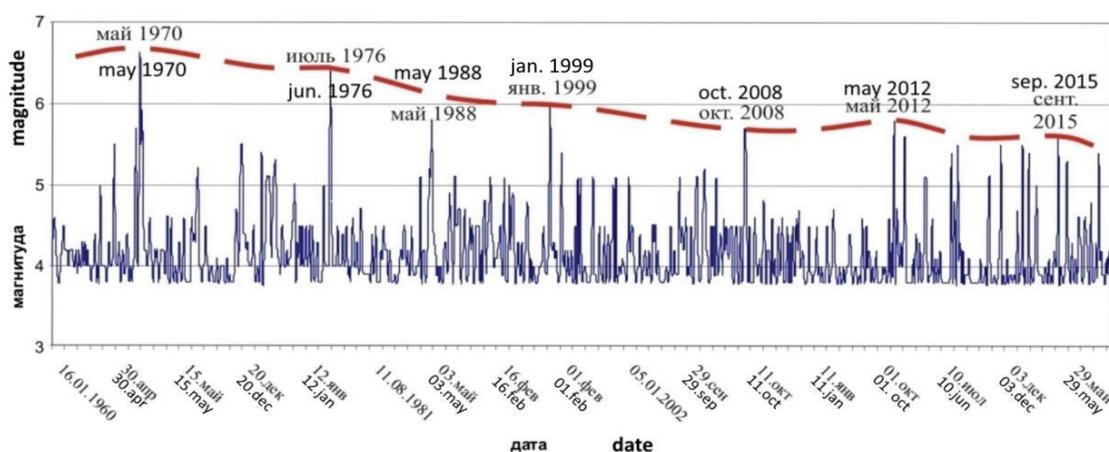


Рис. 7. График временного распределения землетрясений с  $M \geq 3,8$  (с 1960 по 2017 гг.) /

Fig. 7. Graph of the temporal distribution of earthquakes with  $M \geq 3.8$  (from 1960 to 2017).

График временного распределения землетрясений показывает (рис. 7) наличие за последние полвека снижения сейсмической активности по максимальным магнитудам, что может быть связано с периодичностью сильных землетрясений Восточного Кавказа.

В данном случае снижение активности связано с периодом ее спада продолжительностью 50-60 лет. Периодичность сильных землетрясений для территории Восточного Кавказа по данным анализа исторических событий составляет примерно  $90-120 \pm 10$  лет. Таким образом, следующее сильное землетрясение на территории региона, вероятно, следует ожидать в  $2070 \pm 10$  лет. Это не означает, что в ближайшее десятилетие не может случиться подобное событие. Здесь действуют много факторов, в том числе, не познанные глубинные и не до конца осознанные исследователями космические, и нелинейность самих процессов протекающих в вечно меняющейся геологической среде. Все эти и другие, еще не познанные механизмы, действуя вместе, превращают литосферу в хаотичную нелинейную, вечно меняющуюся систему. В такой системе, как известно, прошлое не определяет будущее. В нашем понимании «очаг землетрясения – одна из бесчисленных форм существования вечно меняющейся геологической среды». Как говорят в народе:

«дважды в одну и то же реку не войдешь». Отсюда и трудности с прогнозом времени свершения землетрясения.

### Заключение

Анализируя вышеизложенное и не только, мы приходим к выводу о том, что современный и последний (30-40-летний) всплеск сейсмической активности на Восточном Кавказе отражает естественный ход геологических процессов в регионе с «расконсервацией» генетически обретенных и накопленных в современный период геонапряжений в результате встречных движений Аравийской и Евразийской (Скифской и Туранской) плит и глубинных субвертикальных вихревых перемещений масс, вызывающих образование или оживление разрывов и разнонаправленные блоково-глыбовые перемещения, затронувшие земную кору на всю мощность, источником энергии которых являются внутренняя энергия Земли и ее ротационно-пульсационный режим как планеты.

Таким образом, проявление современной сейсмичности (миграция очагов землетрясений, усиление активности, группирование очагов и т. д.) – результат и реакция геологической среды на современные геотектонические и геодинамические процессы.

### Литература

1. Артюшков Е. В. Геодинамика. – М.: Наука, 1979. – 327 с.
2. Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований // Под ред. Заалишвили В. Б. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017. – 619 с.
3. Дёмина Л. И., Копп Л. И., Короновский Н. В. и др. Большой Кавказ в альпийскую эпоху /Отв. ред. Ю. Г. Леонов. – М.: ГЕОС, 2007. – 366 с.
4. Идрисов И. А., Магомедов Р. А., Мамаев С. А., Гусейнова А. Ш. Разрывные нарушения Восточного Кавказа по данным анализа космических снимков // Геолого-геофизические исследования глубинного строения Кавказа: геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. Материалы Международной научно-практической конференции. 22-24 сентября 2017 г. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН, 2017 – С. 429-434.
5. Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М 1:2500000. – М.: ГУГК СССР, 1973.
6. Карта современных вертикальных движений земной коры по геодезическим данным на территории СССР. М 1:5000000. – М.: ГУГК СССР, 1989.
7. Касьянова Н. А., Абрамова М. А., Гайрабеков И. Г. О горизонтальных деформациях Восточного Кавказа на основе высокоточных геодезических измерений // Геотектоника. – 1995. – №2. – С. 86-90.
8. Короновский Н. В. Аграхан-Тбилиско-Левантийская левосдвиговая зона – важнейшая структура Кавказского региона // Докл. РАН. – 1994. – Т. 337. № 1. – С. 83-89.
9. Леонов Ю. Г. О некоторых особенностях геологии на современном этапе // История наук о Земле. Вып. 3. – М.: Ин-т истории естествознания и техники, 2009. С. 9-27.
10. Магомедов Р. А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа // Отечественная геология. – 2014а. – №3. – С. 69-77.
11. Магомедов Р. А. Особенности пространственно-временного распределения и миграции очагов сильных землетрясений Восточного Кавказа // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – №4. – С. 34-43.
12. Магомедов Р. А. Развитие геодинамических процессов и современная сейсмичность Восточного Кавказа // Геология и геофизика Кавказа: современные вызовы и методы исследований. Материалы Международной научно-практической конференции. 22-24 сентября 2017 г. – Владикавказ: ГФИ ВНИЦ РАН. – С. 199-205.

13. Магомедов Р. А. Современная геодинамика и особенности дизъюнктивной тектоники области Дагестанского выступа Восточного Кавказа // Тектоника складчатых поясов Евразии: сходство, различие, характерные черты новейшего горообразования, региональные обобщения. Материалы XLVI Тектонического совещания. Том I. – М.: ГЕОС, 2014б. – С. 240-244.

14. Мамаев С. А. Оценка статистической динамической модели здания и статистической модели сейсмического воздействия на основе инженерно-сейсмометрической информации // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт комплексных проблем строительных конструкций и сооружений им. В. А. Кучеренко. – М. – 1991. – 144 с.

15. Мамаев С. А., Таймазов Д. Г., Магомедов Р. А. и др. Наблюдения за микросейсмической эмиссией на территории Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2009. – № 55. – С. 279-281.

16. Маркус М. А. Долгоживущие структуры Восточного Кавказа // Сов. геология. – 1986. – № 10. – С. 63-69.

17. Милановский Е. Е. Новейшая тектоника Кавказа. – М. – 1968. – 484 с.

18. Тимошкина Е. П., Леонов Ю. Г., Михайлов В. О. формирование системы горное сооружение предгорный прогиб: геодинамическая модель и ее сопоставление с данными по Северному Предкавказью // Геотектоника, 2010, том 44, № 5, с. 371-387.

19. Черкашин В. И., Дорофеев В. М., Крамынин П. И., Магомедов Р. А., Мамаев С. А., Никуев Р. Ю. Организация инженерно-сейсмометрической службы в республике Дагестан // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2003. – № 14. – С. 25-37.

20. <http://www.seme.gsras.ru/new/struct/contact.htm>.

21. Чжо Я., Го Я., Борняков С. А., Ма Ц. Сравнение модели косоугольного рифтинга и деформаций трансферной зоны, расположенной в северном сегменте рифта Фен-вей: последствия роя землетрясений 1989 года в районе Датун-янгао (Китай). *Геодинамика и тектонофизика*. 2019;10 (1):43-51. <https://doi.org/10.5800/GT-2019-10-1-0403>.

22. Bachmanov D.M., Kozhurin A.I., Trifonov V.G. The active faults of Eurasia database. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4):711-736.

23. 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;8 (4):737-768.

24. Sokolov S.Y., Abramova A.S., Moroz E.A., Zaraiskaya Y.A. Amplitudes of disjunctive dislocations in the knipovich ridge flanks (northern Atlantic) as an indicator of modern regional geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4):769-789.

25. Gayday N.K. assessment of the localization of hypocenters of crustal earthquakes relative to the depth and relief of the border density stratification in the crust of the northeastern section of the reference geological-geophysical profile 3-dv. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4):849-861.

26. Bornyakov S.A., Ma J., Miroshnichenko A.I., Guo Y., Salko D.V., Zuev F.L. Diagnostics of meta-unstable state of seismically active fault. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4):989-998.

27. Leonov Y.G., Volozh Y.A., Antipov M.P., Kheraskova T.N. the Ural – herirud transcontinental postcollisional strike-slip fault and its role in the formation of the earth's crust // *Geotectonic*, 2015, том 49, № 6, с. 515-523.

28. Hays W.W. Seismic microzoning along the Wasatch Fault Zone, ОТАН // Proc. 8<sup>th</sup> Europ. Conf. on Earthquake Eng. Vol. 2. Top. 5. Lisbon, 1986. P. 41-48.

29. Hough S.E., Jakob K.H., Seeber L. High-Frequency seismic wave propagation. Seismic Wave Propagation Geological Observatory of Columbia Univ. Palisades. N. Y., 1989. P. 58-65.

DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26786

## Some results of research of geotectonic conditions, geodynamics and modern seismicity East Caucasus

R. A. Magomedov, S. A. Mamaev, Cand. Sci. (Tech.)

Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 75 Yaragskiy Str., Russia, Makhachkala 367010, Russia,  
e-mail: dangeogis@mail.ru

**Abstract:** The analysis of seismotectonic conditions and modern seismicity of the East Caucasus is carried out. Based on a detailed analysis of the accumulated geological and geophysical materials of the industrial enterprises “Dagneft”, Dagneftegaz, “Dagestangeologia”, the Institute of Geology of Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences and large-scale geological, tectonic, geological and structural maps of I. O. Brod, L. A. Vardanyants, V. P. Rengarten, N. N. Rostovtsev, Yu. G. Leonov and others, as well as small-scale maps of A. I. Letavin, V. L. Galin, D. G. Sharafutdinov, G. D. Butorin, G. G. Gasanguseinov, D. A. Mirzoev, V. M. Pirbudagov and many others, a new scheme of fault-block tectonics and a generalized tectonic zoning scheme with elements of fault-block tectonics on a scale of 1: 500000 have been compiled. According to the results of the research, prediction of zones of possible seismic sources (PSS) was performed. The new generalized scheme reflects all known major disjunctions and blocks of the basement and sedimentary cover of the Dagestan sector of the Eastern Caucasus at the present stage of its study and serves as a basis for predicting endogenous processes, localizing sources of stress and identifying potential seismic sources.

During the last 30-40 years, quite a lot of strong earthquakes have been recorded here by instrumental means, including: Dagestan – 14.05.1970 (8-9 points), Salatau – 23.12.1974 (7 points), Buynaksk – 9.01. 1975 with the magnitude in the epicenter equal to 8 points, the Kumtorkala earthquakes – (31.01. with the magnitude of 7 points and 21.02., 14.04.1999), etc. The spatial distribution of earthquake epicenters shows that, in addition to the marked modern high-seismic zone, four more seismically active zones were identified in the northeast segment of the Eastern Caucasus: Derbent, Kubachi-Deybuk-Harbuk-Urkarakh, Argun-Gudermes-Khasavyurt and Lagodekhi-Belokany-Zakatalinsk. Seismic cycles in these zones have a different frequency and duration.

According to the analysis of the modern seismicity, it was concluded that seismic activity has increased over the past 30-40 years and some signs of a possible preparation of a strong earthquake in the near future revealed.

One of the signs of probable preparation of a strong earthquake is a reduction in dispersion (decrease) between the maximum and minimum magnitudes for the studied period of time.

**Keywords:** fault-block tectonics, geodynamics, modern seismicity, earthquake epicenter, magnitude, PSS zone.

**For citation:** Magomedov R. A., Mamaev S. A. Some results of research of geotectonic conditions, geodynamics and modern seismicity East Caucasus. *Geology and Geophysics of the South of Russia*. 2019;9 (1): 29-42. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.1.26786.

### References

1. Artyushkov E. V. Geodynamics. M. Nauka, 1979. 327 p. (in Russ.)
2. Geological and geophysical investigations of the deep structure of the Caucasus: geology and geophysics of the Caucasus: current challenges and research methods. Edited by Zaalishvili V. B. – Vladikavkaz. GPI VSC RAS, 2017. 619 p. (in Russ.)
3. Demina L. I., Kopp L. I., Koronovsky N. V. et al. Greater Caucasus in the Alpine era / Ed. by Yu. G. Leonov. Moscow. GEOS, 2007. 366 p. (in Russ.)

4. Idrisov I.A., Magomedov R.A., Mamaev S.A., Guseinova A. Sh. Faulting of the Eastern Caucasus according to the analysis of satellite imagery. Geological-geophysical Studies of the Deep Structure of the Caucasus: Geology and Geophysics of Caucasus: Contemporary Challenges and Research. Materials of the International Scientific and Practical Conference. On 22-24 September 2017. Vladikavkaz. GPI VSC RAS. pp. 429-434. (in Russ.)
5. Map of the modern vertical movements of the earth crust of Eastern Europe. Scale 1: 2,500,000. M.: GUGK SSSR, 1973. (in Russ.)
6. Map of the modern vertical movements of the earth's crust according to geodetic data on the territory of the USSR. Scale 1: 5,000,000. M.: GUGK SSSR, 1989. (in Russ.)
7. Kas'yanova N. A., Abramova M. A., Gairabekov I. G. About horizontal deformations of the Eastern Caucasus based on high-precision geodetic measurements. Geotectonics. 1995. No. 2. Pp. 86-90. (in Russ.)
8. Koronovskii N. V. Agrakhan-Tbilisi-Levantine left-shift zone – the most important structure of the Caucasus region. Reports of the RAS. 1994. Vol. 337. No. 1. pp. 83-89. (in Russ.)
9. Leonov Yu. G. On some features of geology at the present stage. History of Earth Sciences. Issue 3. Moscow. Institute of the history of science and technology, 2009. pp. 9-27. (in Russ.)
10. Magomedov R.A. Disjunctive tectonics and modern seismicity of the territory of the Eastern Caucasus. Otechestvennaya geologiya. 2014a. No. 3. pp. 69-77. (in Russ.)
11. Magomedov R.A. Features of the spatial and temporal distribution and migration of the centers of strong earthquakes in the Eastern Caucasus. Geology and Geophysics of the South of Russia. 2013. No. 4. pp. 34-43. (in Russ.)
12. Magomedov R.A. Development of geodynamic processes and modern seismicity of the Eastern Caucasus. Geological-geophysical Studies of the Deep Structure of the Caucasus: Geology and Geophysics of Caucasus: Contemporary Challenges and Research. Materials of the International Scientific and Practical Conference. On 22-24 September 2017. Vladikavkaz. GPI VSC RAS. pp. 199-205. (in Russ.)
13. Magomedov R.A. Modern geodynamics and features of the disjunctive tectonics of the Dagestan region of the Eastern Caucasus. Tectonics of the fold belts of Eurasia: similarity, difference, characteristic features of mountain building, regional generalizations. Materials of the XLVI tectonic meeting. Vol. I. M. GEOS, 2014b. pp. 240-244. (in Russ.)
14. Mamaev S.A., Taimazov D.G., Magomedov R.A. et al. Observations of microseismic emission in Dagestan. Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN. 2009. No. 55. Pp. 279-281. (in Russ.)
15. Markus M.A. Long-lived structures of the Eastern Caucasus. Soviet geology. 1986. No. 10. pp. 63-69. (in Russ.)
16. Milanovskii E. E. The newest tectonics of the Caucasus. M. 1968. 484 p. (in Russ.)
17. Cherkashin V.I., Dorofeev V.M., Kramynin P.I., Magomedov R.A., Mamaev S.A., Nikuev R. YU. Organization of engineering seismometric service in the Republic of Dagestan. Herald of Dagestan Scientific Center RAS. 2003. No. 14. pp. 25-37. (in Russ.)
18. Timoshkina, E. P., Leonov, Yu. G., Mikhailov, V. O. Formation of the system of the mountain structure foothill deflection: a geodynamic model and its comparison with the data on the Northern Ciscaucasia. Geotectonics. 2010. vol. 44, No. 5. p. 371-387. (in Russ.)
19. Cherkashin V.I., Dorofeev V.M., Kramynin P.I., Magomedov R.A., Mamaev S.A., Nikuev R. Yu. Organization of Engineering Seismometric Service in the Republic of Dagestan. Bulletin of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2003. No. 14. pp. 25-37. (in Russ.)
20. <http://www.ceme.gsras.ru/new/struct/contact.htm>.
21. Chzho Ya., Go Ya., Bornyakov S.A., Ma Ts. Comparison of the model oblique rifting and strain transfer zone located in the northern segment of the rift Feng Wei: Implications earthquake swarm in 1989 in the area of Datong-Yanggao (China). Geodynamics and Tectonophysics. 2019;10 (1). pp. 43-51. DOI:10.5800/GT-2019-10-1-0403.

22. Bachmanov D. M., Kozhurin A. I., Trifonov V. G. The active faults of Eurasia database. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4). pp. 711-736.
23. 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;8 (4). pp. 737-768.
24. Sokolov S. Y., Abramova A. S., Moroz E. A., Zaraiskaya Y. A. Amplitudes of disjunctive dislocations in the knipovich ridge flanks (northern Atlantic) as an indicator of modern regional geodynamics. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4). pp. 769-789.
25. Gayday N. K. assessment of the localization of hypocenters of crustal earthquakes relative to the depth and relief of the border density stratification in the crust of the northeastern section of the reference geological-geophysical profile 3-dv. *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017;8 (4). pp. 849-861.
26. 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;8 (4). pp. 989-998.
27. Leonov Y. G., Volozh Y. A., Antipov M. P., Kheraskova T. N. the Ural – herirud transcontinental postcollisional strike-slip fault and its role in the formation of the earth's crust. *Geotectonic*. 2015. Vol. 49, No. 6. pp. 515-523.
28. Hays W. W. Seismic microzoning along the Wasatch Fault Zone, ОТАН. Proc. 8th Europ. Conf. on Earthquake Eng. Vol. 2. Top. 5. Lisbon, 1986. pp. 41-48.
29. Hough S. E., Jakob K. H., Seeber L. High-Frequency seismic wave propagation. *Seismic Wave Propagation Geological Observatory of Columbia Univ. Palisades. N. Y.*, 1989. pp. 58-65.