

УДК 550.311

Картирование площадных сеймотектонических структур Северо–Западного Кавказа

© 2026 г. А.Н. Овсюченко, А.С. Ларьков, Г.Ю. Донцова, Н.В. Андреева,
Р.Н. Лукашова, В.В. Погребченко

ИФЗ РАН, г. Москва, Россия

Поступила в редакцию 21.01.2026 г.

Аннотация. Предпринято сеймотектоническое картирование Северо-Западного Кавказа с учётом иерархического устройства сеймогенерирующей среды. На данном этапе картирование выполнено на уровне площадных структур – крупных, однородных объёмов сеймогенерирующего слоя литосферы (доменов). В основу положен принцип картирования обобщённых морфотектонических вариаций проявлений орогенеза Кавказа с их параметризацией по комплексу геолого-геофизических признаков. Морфотектоническая зональность Северо-Западного Кавказа и прилегающих регионов находит чёткое и закономерное выражение в вариативности использованных геолого-геофизических параметров, которые отражают интенсивность сеймотектонического процесса. Это показывает пригодность использования морфотектонического подхода в картировании сеймотектонических доменов с параметризацией по комплексу геолого-геофизических признаков.

Ключевые слова: сеймотектоника, Северо-Западный Кавказ, сеймотектоническая модель, домены, сейсмическая опасность.

Для цитирования: Овсюченко А.Н., Ларьков А.С., Донцова Г.Ю., Андреева Н.В., Лукашова Р.Н., Погребченко В.В. Картирование площадных сеймотектонических структур Северо-Западного Кавказа // Российский сейсмологический журнал. – 2026. – Т. 8, № 2. – С. 24–35. – DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2026.2.02>. – EDN: GHISGN

Введение

Анализ результатов изучения очагов сильнейших землетрясений Кавказа показал, что они имеют сложное строение и не вписываются в модель простого разрыва [Рогожин и др., 2014; Овсюченко и др., 2023]. Сложные очаги представляют собой объёмные структуры, проекции которых на поверхность не соответствуют линейным структурам – сейсмолинеаментам, часто используемым в сеймотектонических моделях. Выход очага на поверхность может быть представлен складками и флексурами, т.е. деформациями изгиба на обширных территориях, или завуалирован гравитационно-сеймотектоническими структурами. В отдельных случаях проекция очагов на поверхность рассеивается пологими разновысотными плоскостями в осадочном чехле и может не соответствовать пространственным параметрам модели очага по сейсмологическим данным. Из этого следует, что наличие

или отсутствие активных разломов на поверхности далеко не всегда прямо отражает уровень сейсмической опасности.

При картировании сейсмической опасности на Кавказе реальное строение прогнозных очагов наиболее адекватно отражается картированием зон, параметры которых определяются исходя из размеров очага (что прямо соответствует магнитуде), глубинного и приповерхностного геологического строения. При этом неизбежно возникает вопрос: а что именно должны представлять собой такие зоны, т.е. по каким параметрам их картировать? Сложность решения озвученных вопросов отчасти упрощается учётом иерархического устройства сеймогенерирующей среды. Это подразумевает и стадийную последовательность в их решении. На настоящем этапе сеймотектоническое картирование выполнено на иерархическом уровне площадных структур Северо-Западного Кавказа – крупных, однородных объёмов сеймогенерирующего слоя литосферы (доменов).

Постановка задачи

В наборе сейсмоструктурных методов, как отдельное направление в выделении сейсмогенерирующих структур, картирование площадных объектов оформилось в виде метода квазиоднородных зон (доменов, площадных источников сейсмических воздействий) [Бунэ и др., 1968; Белоусов и др., 1973; Борисов и др., 1975; Рейснер, 1980; Shebalin et al., 2000; Несмеянов, 2004; Coppersmith et al., 2009; Grünthal et al., 2010; Гусев, Имаева, 2014; Morell et al., 2020; Jackson et al., 2021].

В простейшем варианте объёмно-площадная модель потенциальных сейсмических очагов разрабатывается на основе сейсмологических и геодезических данных и используется для учёта землетрясений, происходящих между активными разломами или на неизвестных ранее активных разломах [Coppersmith et al., 2009; Grünthal et al., 2010; Morell et al., 2020]. Более сложные варианты методики основаны на всестороннем анализе глубинного строения, тектонического устройства и истории геологического развития, включая известный сейсмический режим [Борисов и др., 1975; Рейснер, 1980; Несмеянов, 2004; Гусев, Имаева, 2014; Jackson et al., 2021].

Преимущества сейсмоструктурных моделей в виде набора площадных структур заключаются в возможности учёта:

- иерархической организации сейсмоструктурных систем;
- типа напряжённого состояния крупных объёмов литосферы;
- сейсмического потенциала (M_{\max}) «неожидаемых» землетрясений;
- повторяемости землетрясений разной силы, полученной по сейсмологическим данным инструментального этапа наблюдений или на эталонных объектах по палеосейсмологическим данным.

Среди недостатков площадных моделей можно отметить сложность задания кинематики прогнозных смещений и пространственных параметров очага. Поэтому в Общем сейсмическом районировании (ОСР) территории России площадные модели используются для характеристики слабой сейсмичности с $M \leq 5.5 \pm 0.2$, которая рассеивается случайным образом в пределах всего объёма сейсмоактивного слоя без пространственной привязки к конкретным структурам [Уломоу, Шумилина, 1999; Уломоу и др., 2016]. В то же время в мировой практике ОСР для высокоактивных регионов в моделях рассеянной сейсмичности M_{\max} достигает

уровня 7.2 (Национальная модель сейсмической опасности Новой Зеландии 2010 г. [Stirling et al., 2012]). Это оправдало себя при Дарфилдском землетрясении 2010 г. с $M_w=7.1$, которое произошло на неизвестном ранее активном разломе [Gledhill et al., 2011]. Текущий проект составления карт ОСР России отличается стандартным верхним уровнем M_{\max} для доменов в самых разных сейсмоструктурных условиях с различной интенсивностью современных тектонических процессов. Сильно генерализована модель ОСР и в пространственном отношении. Использование в таком виде модели сейсмоструктурных доменов карт ОСР напрямую для оценки сейсмической опасности конкретных проектируемых объектов является неоправданным. [Татевосян, 2024]. Вместе с тем, и использование для оценки сейсмической опасности исключительно активных разломов неизбежно приведёт к «пропуску цели» в условиях слабой сейсмоструктурной изученности, в разной степени характерной для всей территории России. Очевидно, что метод выделения квазиоднородных зон для уровня Детального сейсмического районирования (ДСР) требует развития с учётом региональных сейсмоструктурных условий.

Картирование доменов

Интегральным показателем уровня современной тектонической активности для картирования доменов является тектоническая (геодинамическая) обстановка формирования новейших структурно-вещественных комплексов [Гусев, Имаева, 2014]. Различным тектоническим обстановкам соответствуют характерные наборы структурно-вещественных, морфометрических и геофизических показателей. Такой подход развивался при разработке карт ОСР-2012–ОСР-2014, но последовательно был реализован при составлении карты сейсмоструктуры Восточной Сибири [Имаева и др., 2015].

Современный структурный план, геодинамика и сейсмичность Кавказского региона определяются позднеальпийским орогенным циклом тектогенеза, характеризующим и современный тектонический режим. Исследования тектонической позиции очагов сильных землетрясений современности показывают, что подвижки в очагах продолжают тенденции развития структур (геодинамики), характерные для всего орогенного этапа. Это открывает возможность использования обобщённых морфотектонических вариаций проявлений орогенеза Кавказа для картирования сейсмоструктурных

структур. При этом использованы структурно-кинематические характеристики орогенеза (тип современного тектонического режима), свойственные однородным по этим показателям объёмам литосферы, масштабированным для уровня ДСР с учётом представительности имеющихся геолого-геофизических и сейсмологических данных.

Для привлечения количественных характеристик использован подход с подбором обобщённых геолого-геофизических параметров. Он уходит своими корнями в исследования геологических критериев сейсмичности, которые активно развивались в 50–70-е годы XX в., а в последнее время выведены на новый уровень с использованием современных вычислительных возможностей и уровня изученности. Для выделения и характеристики сеймотектонических площадных структур используется очень широ-

кий набор показателей: от двух-трёх сейсмологических параметров до 20 различных геолого-геофизических характеристик [Борисов и др., 1975; Рейснер и др., 1993; Coppersmith et al., 2009; Shebalin et al., 2000; Grünthal et al., 2010; Гусев, Имаева, 2014; Morell et al., 2020; Jackson et al., 2021; Соловьев, Лисенков, 2024]. С учётом региональных сеймотектонических условий Северо-Западного Кавказа и их изученности в масштабе ДСР (1:200 000–1:500 000), отображена группа из семи параметров (рисунок, таблица). Эти параметры в данных условиях максимально отражают интенсивность сеймотектонического процесса и его вариации в пространстве. Региональные сеймотектонические условия учтены использованием морфотектонической зональности Северо-Западного Кавказа и прилегающих регионов.

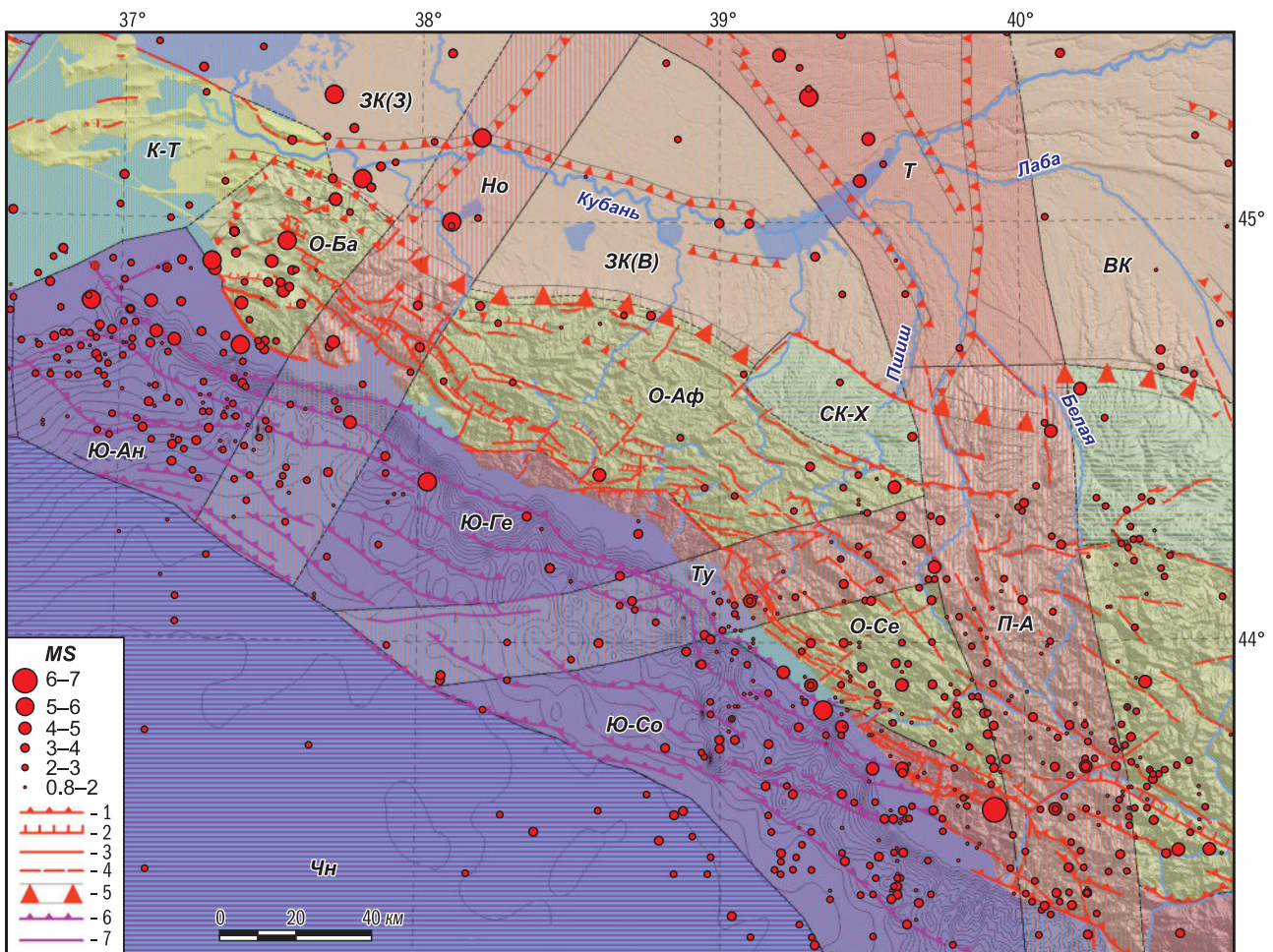


Рис. Модель площадных структур сеймогенерирующего слоя литосферы Северо-Западного Кавказа.

Заливкой и штриховкой показаны площадные структуры, названия см. в таблице. 1–7 – активные геологические структуры: 1 – преимущественно взбросо-надвиги; 2 – преимущественно сбросы и сбросо-сдвиги; 3 – преимущественно сдвиги; 4 – разломы по дистанционным и структурно-геоморфологическим данным; 5 – флексурно-разрывные зоны; 6, 7 – разломы по геофизическим данным: 6 – взбросо-надвиги; 7 – преимущественно сдвиги

Таблица. Осреднённые характеристики площадных структур сейсмогенерирующего слоя (доменов) Северо-Западного Кавказа

Домен, современный тектонический (геодинамический) режим	1. Мощность земной коры, км	2. Глубина кристаллического фундамента, км	3. Мощность синорогенного чехла, км	4. Высоты синорогенного вершинного уровня, м	5. Тепловой поток, мВт/м ²	6. Скорость современных вертикальных движений, мм/год	7. Преобладающая кинематика активных разломов
1	2	3	4	5	6	7	8
К-Т. Керченско-Таманская складчатая зона, вовлечённая в орогенез окраина предгорного прогиба	40–42	10–12	0–0.2	←	30–80	0–1	взбросо-сдвиг
О-Ба, Баканский. Осевая зона горного сооружения наиболее напряжённых и контрастных разрывно-блоковых деформаций	42–44	10–14	0–0.1	350–500	50–60	1–2	сбросо-сдвиг
О-Аф, Афицкий. Осевая зона горного сооружения наиболее напряжённых и контрастных разрывно-блоковых деформаций	36–44	10–12	0–0.1	500–800	50–70	3–4	сбросо-сдвиг, сдвиго-взброс
О-Се, Семашинский. Осевая зона горного сооружения наиболее напряжённых и контрастных разрывно-блоковых деформаций	36–42	0–12	0–0.1	1000–1400	50–70	3–5	сдвиг
Но, Новоросийский. Крупная поперечная тектоническая ступень в рельефе и фундаменте с погружением горного сооружения и предгорных прогибов	36–44 (суша)	10–13	1–1.5 (море) 0–0.5 (суша)	450–600	30–70	2–3	сдвиг
Ту, Туапсинский. Крупная поперечная тектоническая ступень в рельефе и фундаменте с погружением горного сооружения и предгорных прогибов	36–42 (суша)	8–13	0–1.5	400–500	30–70	3–4 (суша)	сдвиг

1	2	3	4	5	6	7	8
П-А, Пшехско-Адлерский. Крупная поперечная тектоническая ступень в рельефе и фундаменте с погружением горного сооружения и предгорных прогибов	35–45	0–6	0–1	1000–2200	50–120	1–6 (суша)	сдвиг
СК-Х, Хадыженский. Северное пологое крыло асимметричного горного сооружения с моноклиналильным перекосом поверхности выравнивания	36–40	8–9	0–0.2	400–500	50–80	3–4	взброс
Ю-Ан, Анапский. Складчато-надвиговая зона на крутом (южном), максимально деформированном крыле асимметричного горного сооружения	33–37	7–10	1.5–2	←	20–60	–	взбросо-сдвиг
Ю-Ге, Геленджикский. Складчато-надвиговая зона на крутом (южном), максимально деформированном крыле асимметричного горного сооружения	27–37	10–14	2–2.5	←	30–70	–	взбросо-надвиг
Ю-Со, Сочинский. Складчато-надвиговая зона на крутом (южном), максимально деформированном крыле асимметричного горного сооружения	30–40	2–9	1–1.5	←	30–60	–	взбросо-надвиг
ЗК(В). Западно-Кубанский предгорный прогиб с мощной толщей молодого осадочного чехла. Восточный сегмент	36–38	8–12	0.5–1	←	50–80	0–3	–
ЗК(З). Западно-Кубанский предгорный прогиб с мощной толщей молодого осадочного чехла. Западный сегмент	36–40	10–13	1–1.5	←	50–80	–1	–

Первые два параметра в таблице (мощность земной коры и глубина залегания разновозрастного кристаллического фундамента) характеризуют осреднённые пространственные параметры сейсмогенерирующего слоя в недрах. Вместе с параметром 3 они имеют хорошую представительность, равномерное покрытие и отражены в результатах разномасштабного геологического картирования [Андреев и др., 2022; Корсаков и др., 2000; 2002; 2004; 2009; Лаврищев и др., 1999; 2011; 2021], а также специализированных геофизических исследований тектонической направленности [Крипиневиц и др., 1989; Мейснер, Туголесов, 1998; Глузов и др., 2014; Nikishin et al., 2015].

Мощность синорогенного (позднеплиоцен-четвертичного) чехла (параметр 3) характеризует интенсивность вертикальных тектонических движений в прогибах, где они имеют отрицательную направленность, а подошва чехла характеризует величину деформации за орогенный этап. Современное положение поверхностей выравнивания (параметр 4) характеризует интенсивность вертикальных положительных тектонических движений горного сооружения Большого Кавказа. По данным об осадконакоплении в предгорных прогибах, орогенный этап начался в позднем миоцене [Милановский, 1968]. В общих чертах, деформации орогенного этапа на Западном Кавказе маркируются положением позднемиоцен-раннеплиоценовой поверхности выравнивания, формирование которой закончилось примерно 3.6 млн. лет назад и фиксируется началом накопления позднеплиоцен-раннечетвертичных грубообломочных отложений в Предкавказском прогибе [Трихунков и др., 2024].

Тепловой поток является очевидным и общепринятым геофизическим индикатором современной тектонической активности. Данные по тепловому потоку были обобщены в работе [Глузов и др., 2014] в виде карты с однородным покрытием всего региона. В целом, структура теплового потока состоит из нескольких компонентов, происхождение которых связано не только с радиоактивным распадом, но с трансформацией потенциальной энергии плотностной дифференциации в тепловую, а также с тепловой энергией, поступающей в литосферу при конвекции магмы и флюидов из нижележащих геосфер во время орогенеза [Хуторской и др., 2023]. Исследования вклада этих компонентов имеют важное значение для определения современного энергетического состояния земной коры. На Кавказе конкретные взаимосвязи теплового потока с тектоническими процессами почти не изучены, что позволяет рассматривать его

как фактор, лишь дополняющий общую картину показателей уровня современной тектонической активности.

Из других геофизических параметров, используемых в сейсмотектоническом анализе, наиболее информативны аномалии силы тяжести в изостатической редукции, позволяющие количественно определять величину напряжений, действующих в земной коре [Кропоткин, Макеев, 1987]. На примере Кавказа показано, что нарушения изостазии служат таким же показателем современной активности того или иного региона, как современные движения земной коры, вулканизм и сейсмичность, и могут быть использованы для выделения сейсмоопасных зон [Артемьев и др., 1972]. Этот метод может быть применён в целях оценки сейсмического потенциала на следующем этапе после сейсмотектонического районирования. Наиболее важной и нерешённой задачей в целях сейсмотектонического анализа представляется определение возраста возникновения конкретных нарушений изостатического равновесия в литосфере.

Ввиду слабой представительности данных о современных горизонтальных движениях, в первую очередь — крайне неоднородного покрытия пунктами ГНСС-наблюдений [Milyukov et al., 2022], для характеристики интенсивности современной тектонической активности использованы данные о современных вертикальных движениях по данным высокоточного повторного нивелирования [Лилиенберг и др., 1997]. Результаты повторного нивелирования имеют однородное покрытие (на суше) и охватывают представительный промежуток времени. За период наблюдений (1925–1992 гг.), включивший три полноценных цикла измерений, горные системы Большого и Малого Кавказа испытывали чередующиеся во времени поднятия и опускания. Результаты измерений были осреднены для всего периода наблюдений [Овсяченко, 2006]. Период наблюдений сопоставим с порядком осреднения данных о медленных смещениях по активным разломам для последних примерно 300 лет (средний возраст смещённых по разломам современных почв). Полученные для этого интервалы скорости вертикальных смещений по разломам согласуются с осреднёнными (суммарными) скоростями современных движений по данным нивелирования (параметр 6 в таблице).

Кинематические параметры современной тектонической активности площадных структур охарактеризованы преобладающим типом смещений по активным разломам, определённым

в результате полевых сейсмоструктурных или геофизических (в море) исследований (параметр 7). В таблице указана кинематика разломов, ориентированных вдоль простирания домена.

Обсуждение результатов

Морфотектоническая зональность Северо-Западного Кавказа и прилегающих регионов находит чёткое и закономерное проявление в вариативности использованных геолого-геофизических параметров, которые отражают интенсивность сейсмоструктурного процесса. Это показывает пригодность использования морфотектонического подхода в картировании сейсмоструктурных доменов с параметризацией по комплексу геолого-геофизических признаков.

По отношению к простиранию горного сооружения Большого Кавказа выделяется два основных типа доменов: продольные и поперечные. Продольную зональность определяют следующие зоны: Южного склона, Осевая, Северного крыла, Предкавказского (Западно-Кубанского) и Туапсинского прогибов. В пределах каждой из этих зон выделяется два-три домена с разными характеристиками. Исключение составляет зона Северного крыла, которая в масштабе модели Северо-Западного Кавказа может быть обособлена в качестве домена только в его восточной части (Хадыженский домен).

Поперечные домены являются сквозными по отношению к структурам Северо-Западного Кавказа, прилегающих прогибов и Скифской плиты, т.е. они отражают деформации на более глубоких уровнях литосферы, чем продольные зоны. В рамках геодинамической модели Большого Кавказа они могут рассматриваться в качестве глубинных поперечных структурных барьеров на пересечении с фронтом латерального тектонического потока, направленного из наиболее поднятого, сжатого и деформированного ядра Центрального Кавказа вдоль простирания горного сооружения [Konn, 1997; Rastsvetaev et al., 2010]. В направлении с юго-востока на северо-запад структуры мезозойского складчатого основания, морские террасы, поверхности выравнивания и общая высота рельефа Северо-Западного Кавказа испытывают ступенчатое погружение в зонах глубинных разломов: Пшехско-Адлерского, Туапсинского, Геленджикского и Анапского [Милановский, 1968; Несмеянов, 2004]. Эта поперечная ступенчатость выявлена также и при анализе более древней складчатой структуры, которая почти полностью унаследо-

вана новейшим структурным планом. Однако чётко выраженных, протяжённых разломных зон поперечной ориентировки по данным геологического картирования на Северо-Западном Кавказе не выделяется. Выделение доменов поперечной ориентировки в качестве структур с обособленным современным тектоническим режимом позволяет учесть наличие этих крупных неоднородностей литосферы в сейсмоструктурной модели.

Заключение

Выполненная площадная регионализация позволила обособить крупные объёмы литосферы с разными показателями современной тектонической активности. Полученные пространственные параметры доменов соответствуют вариациям значений геолого-геофизических признаков – индикаторов современной тектонической активности. Можно полагать, что выделенные домены имеют и разный сейсмический потенциал, глубину очагов и повторяемость землетрясений. Созданная доменная модель и методология, оптимизированная с учётом региональных сейсмоструктурных условий, представляют собой «пилотный» проект, который может стать началом разработки новой сейсмоструктурной основы для работ по ДСР в пределах всего Большого Кавказа, Предкавказья и в других регионах. Для этого необходимо выполнить анализ сейсмического режима с использованием палео- и сейсмологических данных в пределах каждого выделенного домена. Это позволит получить уже не только пространственные, но динамические параметры доменов, что позволит использовать их в оценке сейсмической опасности наряду с другими элементами сейсмоструктурной модели.

Исследование выполнено в рамках Госзадания ИФЗ РАН.

Литература

Андреев В.М., Шельтинг С.К., Глебов А.Ю., Неводниченко С.П. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXII (Кабардинка) / Минприроды России, Роснедра, ГНЦ ФГУП «Южморгеология». – М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2022.

Артемов М.Е., Бунэ В.И., Камбаров Ш.Н. Использование данных о нарушениях изостатического равновесия для выделения сейсмоопасных зон Крымско-Кавказского региона // Физика Земли. – 1972. – № 11. – С. 8–27.

- Белоусов В.В., Борисов Б.А., Кириллова И.В., Петрушевский Б.А., Рейснер Г.И., Шолло В.Н. Определение зон повышенной сейсмической опасности по геологическим данным // Предвестники землетрясений. — М.: Наука, 1973. — С. 6–18.
- Борисов Б.А., Рейснер Г.И., Шолло В.Н. Выделение сейсмоопасных зон в альпийской складчатой области (по геологическим данным). — М.: Наука, 1975. — 140 с.
- Бунэ В.И., Введенская Н.А., Гзовский М.В. Методические основы обзорного сейсмического районирования (на примере Средней Азии) // Сейсмическое районирование СССР. — М.: Наука, 1968. — С. 26–61.
- Глумов И.Ф., Гулев В.Л., Сенин Б.В., Карнаухов С.М. Региональная геология и перспективы нефтегазоносности Черноморской глубоководной впадины и прилегающих шельфовых зон / Под ред. Б.В. Сенина. — М.: Недра, 2014. — Ч. 1. — 279 с.
- Гусев Г.С., Имаева Л.П. Новейшая и современная тектоническая (геодинамическая) активность территории России // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 12. — С. 23–29. — EDN: TBFDRТ
- Имаева Л.П., Имаев В.С., Смекалин О.П., Козьмин Б.М., Гриб Н.Н., Чипизубов А.В. Карта сейсмоструктоники Восточной Сибири. — Иркутск-Нерюнгри: ТИ (ф) СВФУ, 2015. — 128 с.
- Копп М.Л. Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском коллизийном поясе. — М.: Научный мир, 1997. — 313 с.
- Корсаков С.Г., Белуженко Е.В., Черных В.И., Соколов В.В., Андреев В.М., Шелтинг С.К. Геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L-37-XXVI (Новороссийск). — СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2009.
- Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Белуженко Е.В., Черных В.И., Токарев В.Н., Деркачёва М.Г., Тузиков Г.Р. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L-37-XXVII (Краснодар). — СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2004.
- Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Горбова С.М., Андреев В.М. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXIII (Геленджик). — СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2000.
- Корсаков С.Г., Семенуха И.Н., Горбова С.М., Зарубин В.В., Соколов В.В., Тузиков Г.Р., Черных В.И., Терещенко Л.А., Прокуронов П.В., Андреев В.М. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXIV (Туапсе). — СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2002.
- Крипиневиц В.Л., Михайленко Р.С., Корнеев В.И., Кондратьев И.А. Новые данные о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Западного Предкавказья // Геология нефти и газа. — 1989. — № 8. — С. 2–8.
- Кропоткин П.Н., Макеев В.М. Современное напряжённое состояние земной коры // Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. — М.: Наука, 1987. — С. 192–200.
- Лаврищев В.А., Семенуха И.Н., Андреев В.М., Горшков А.С. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Кавказская. Лист K-37-IV (Сочи). — СПб.: ФГУП «Кавказгеолсъемка», 1999.
- Лаврищев В.А., Шейков А.А., Андреев В.М., Семенов В.М. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000. Третье поколение. Серия Скифская. Лист K-37 (Сочи), K-38 (Махачкала). — СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011.
- Лаврищев В.А., Шейков А.А., Семенова Л.Р., Семенуха И.Н., Терещенко В.В., Серебряков А.А., Снежко В.А., Саванин В.В., Горбачевич Н.Р., Белоглазов В.П., Бахтеев А.Р. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000. Третье поколение. Серия Скифская. Лист L-37 (Ростов-на-Дону). — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2021.
- Лилиенберг Д.А., Кафтан В.И., Кузнецов Ю.Г., Серебрякова Л.И. Картографические модели вариаций современных тектонических движений морфоструктур Кавказа и Закавказья для разных эпох // Геоморфология. — 1997. — № 4. — С. 63–75. — EDN: SGJXIP
- Мейснер Л.Б., Туголесов Д.А. Туапсинский прогиб — впадина с автономной складчатостью // Геотектоника. — 1998. — № 5. — С. 76–85.
- Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. — М.: Недра, 1968. — 483 с.
- Несмеянов С.А. Инженерная геотектоника. — М.: Наука, 2004. — 780 с. — EDN: ОТОКАЗ
- Овсюченко А.Н. Соотношение различных форм современных тектонических деформаций на Северо-Западном Кавказе // Исследования по сейсмоструктурной и современной геодинамике. Сборник научных трудов Института физики Земли РАН, посвящённый юбилею Е.А. Рогожина / Отв. ред. А.О. Глико. — М.: ИФЗ РАН, 2006. — С. 89–105. — EDN: QKGFYD
- Овсюченко А.Н., Ларьков А.С., Андреева Н.В., Лукашова Р.Н. Сейсмоструктоника очагов сильных землетрясений Кавказа: итоги исследований Евгения Александровича Рогожина // Российский сейсмологический журнал. — 2023. — Т. 5, № 3. — С. 28–44. — DOI: 10.35540/2686-7907.2023.3.02. — EDN: GFJYNA
- Рейснер Г.И. Геологические методы оценки сейсмической опасности. — М.: Недра, 1980. — 174 с.
- Рейснер Г.И., Иогансон Л.И., Рейснер М.Г., Баранов Ю.Е. Типизация земной коры и современные геологические процессы. — М.: ИФЗ РАН, 1993. — 210 с.
- Рогожин Е.А., Овсюченко А.Н., Лутиков А.И., Собищев А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатов А.В. Эндеогенные опасности Большого Кавказа. — М.: ИФЗ РАН, 2014. — 256 с. — EDN: ZPKBCV
- Соловьев А.А., Лисенков И.А. Обзор и перспективы использования современных подходов комплексного анализа геоданных для прогноза пространственного распределения геолого-геофизических параметров // Геофизические исследования. — 2024. — Т. 25,

№ 2. – С. 20–45. – DOI: 10.21455/gr2024.2-2. – EDN: CDMYDP

Татевосян Р.Э. Об уровне генерализации сейсмо тектонических моделей // *Динамические процессы в геосферах.* – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 114–121. – DOI: 10.26006/29490995_2024_16_3_114. – EDN: GITFZI

Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Титов В.В., Ломов В.С., Соколов С.А., Латышев А.В., Симанова А.Н., Сыромятникова Е.В., Челик Х., Щелинский В.Е., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Никольская П.П. Верхнемолассовая Белореченская свита Западного Предкавказья (верхний плиоцен – нижний плейстоцен) в контексте новейшей тектоники и палеогеографии региона // *Стратиграфия. Геологическая корреляция.* – 2024. – Т. 32, № 4. – С. 21–49. – DOI: 10.31857/S0869592X24040024. – EDN: СМРСWP

Уломов В.И., Богданов М.И., Трифонов В.Г., Гусев А.А., Гусев Г.С., Акатова К.Н., Антикаев Ф.Ф., Данилова Т.И., Кожурин А.И., Медведева Н.С., Никонов А.А., Перетонкин С.А., Пустовитенко Б.Г., Стром А.Л. Пояснительная записка к комплекту карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2016 // *Инженерные изыскания.* – 2016. – № 7. – С. 49–121. – EDN: WJDTLZ

Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000: Объяснительная записка и список городов и населённых пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.

Хуторской М.Д., Гнатусь Н.А., Демежко Д.Ю., Ермаков А.В., Никитин Д.С., Поляк Б.Г., Тевелева Е.А. Геотермия: XX-XXI век // *Труды Геологического института.* Вып. 636. – М.: Наука, 2023. – 436 с. – EDN: DWIZRT

Coppersmith K.J., Youngs R.R., Sprecher C. Methodology and main results of seismic source characterization for the PEGASOS Project, Switzerland // *Swiss Journal of Geosciences.* – 2009. – V. 102, N 1. – P. 91–105. – DOI: 10.1007/s00015-009-1309-1

Gledhill K., Ristau J., Reyners M., Fry B., Holden C. The Darfield (Canterbury, New Zealand) Mw 7.1 earthquake of September 2010: A preliminary seismological report //

Seismological Research Letters. – 2011. – V. 82, N 3. – P. 378–386. – DOI: 10.1785/gssrl.82.3.378

Grünthal G., Arvidsson R., Bosse C. Earthquake model for the European-Mediterranean Region for the purpose of GEM1 / Scientific Technical Report STR; 10/04. – Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 2010. – 35 p. – DOI: 10.2312/GFZ.b103-10043

Jackson J., McKenzie D., Priestley K. Relations between earthquake distributions, geological history, tectonics and rheology on the continents // *Philosophical Transactions A.* – 2021. – A. 379. – DOI: 10.1098/rsta.2019.0412

Milyukov V.K., Mironov A.P., Ovsyuchenko A.N., Gorbati-kov A.V., Steblov G.M., Korzhenkov A.M., Agibalov A.O., Sentsov A.A., Drobyshev V.N., Khubaev K.M., Dogan U., Ergintav S. Contemporary tectonic movements of the Western Caucasus and the Ciscaucasia based on satellite-geodetic observations // *Geotectonics.* – 2022. – V. 56, N 1. – P. 41–54. – DOI: 10.1134/S0016852122010058. – EDN: TGMOQY

Morell K.D., Styron R., Stirling M., Griffin J., Archuleta R., Onur T. Seismic hazard analyses from geologic and geomorphic data: Current and future challenges // *Tectonics.* – 2020. – V. 39, N 10. – DOI: 10.1029/2018TC005365

Nikishin A.M., Okay A.I., Tüysüz O., Demirer A., Amelin N., Petrov E. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill // *Marine and Petroleum Geology.* – 2015. – V. 59. – P. 638–655. – DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017

Rastsvetaev L.M., Tveritinova T.Y., Marinin A.V. Late-Alpine fault systems and geodynamics of the West Caucasus // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth.* – 2010. – V. 46, N 5. – P. 394–403. – DOI: 10.1134/S1069351310050046. – EDN: MXFEDR

Shebalin N.V., Trifonov V.G., Kozhurin A.I., Ulomov V.I., Tatevossian R.E., Ioffe A.I. A unified seismotectonic zonation of Northern Eurasia // *Journal of Earthquake Prediction Research.* – 2000. – V. 8, N 1. – P. 8–31.

Stirling M., McVerry G., Gerstenberger M., Litchfield N., Van Dissen R., Berryman K. National seismic hazard model for New Zealand: 2010 update // *Bulletin of the Seismological Society of America.* – 2012. – V. 102, N 4. – P. 1514–1542. – DOI: 10.1785/0120110170

Сведения об авторах

Овсяченко Александр Николаевич, канд. геол.-мин. наук, зав. лаб. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН), г. Москва, Россия. E-mail: ovs@ifz.ru

Ларьков Александр Сергеевич, канд. геол.-мин. наук, зав. лаб. ИФЗ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: las119@yandex.ru

Донцова Галина Юрьевна, науч. сотр. ИФЗ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: donzova@ifz.ru

Андреева Надежда Вячеславовна, канд. геол.-мин. наук, ст. науч. сотр. ИФЗ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: znv@ifz.ru

Лукашова Раиса Николаевна, науч. сотр. ИФЗ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: lur@ifz.ru

Погребченко Владимир Викторович, ст. науч. сотр. ИФЗ РАН, г. Москва, Россия. E-mail: pogr@ifz.ru

Mapping areal seismotectonic structures of the Northwest Caucasus

© 2026 A.N. Ovsyuchenko, A.S. Larkov, G.Yu. Dontsova, N.V. Andreeva, R.N. Lukashova, V.V. Pogrebchenko

IPE RAS, Moscow, Russia

Received January 21, 2026

Abstract Seismotectonic zonation of the Northwest Caucasus, taking into account the hierarchical structure of the seismogenic environment, was undertaken. At this stage, zonation was performed at the level of areal structures - large, homogeneous volumes of the seismogenic layer (domains). The study is based on the principle of mapping generalized morphotectonic variations of the manifestations of the Caucasus orogenesis, parameterizing them using a set of geological and geophysical features. The morphotectonic zonation of the Northwest Caucasus and adjacent regions is clearly and consistently expressed in the variability of the geological and geophysical parameters used, which reflect the intensity of the seismotectonic process. This demonstrates the suitability of a morphotectonic approach to mapping seismotectonic domains with parameterization based on a set of geological and geophysical features.

Keywords Seismotectonics, Northwest Caucasus, seismotectonic model, domains, seismic hazard.

For citation Ovsyuchenko, A.N., Larkov, A.S., Dontsova, G.Yu., Andreeva, N.V., Lukashova, R.N., & Pogrebchenko, V.V. (2026). [Mapping areal seismotectonic structures of the Northwest Caucasus]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 8(2), 24-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2026.2.02>. EDN: GHISGN

References

- Andreev, V.M., Shelting, S.K., Glebov, A.Yu., & Nevodnichenko, S.P. (2022). *Gosudarstvennaia geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii mashtaba 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya Kavkazskaya. List L-37-XXXII (Kabardinka)* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000. 2nd edition. Caucasian Series. Sheet L-37-XXXII (Kabardinka)]. Moscow, Russia: Moscow Branch of the FSBI "VSEGEI". (In Russ.).
- Artemyev, M.E., Bune, V.I., & Kambarov, Sh.N. (1972). [Using data on isostatic equilibrium disturbances to identify seismically hazardous zones in the Crimean-Caucasian region]. *Fizika Zemli* [Physics of the Solid Earth], (11), 8-27. (In Russ.).
- Belousov, V.V., Borisov, B.A., Kirillova, I.V., Petrushevsky, B.A., Reisner, G.I., & Sholpo, V.N. (1973). [Determination of zones of increased seismic hazard based on geological data]. In *Predvestniki zemletriasenii* [Harbingers of earthquakes] (pp. 6-18). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Borisov, B.A., Reisner, G.I., & Sholpo, V.N. (1975). *Vydeniye seismoopasnykh zon v al'piiskoi skladchatoi oblasti (po geologicheskim dannym)* [Identification of seismically hazardous zones in the Alpine folded region (based on geological data)]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 140 p. (In Russ.).
- Bune, V.I., Vvedenskaya, N.A., & Gzovsky, M.V. (1968). [Methodological principles of survey seismic zoning (using Central Asia as an example)]. In *Seismicheskoe raionirovaniye SSSR* [Seismic zoning of the USSR] (pp. 26-61). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Coppersmith, K.J., Youngs, R.R., & Sprecher, C. (2009). Methodology and main results of seismic source characterization for the PEGASOS Project, Switzerland. *Swiss Journal of Geosciences*, 102(1), 91-105. DOI: [10.1007/s00015-009-1309-1](https://doi.org/10.1007/s00015-009-1309-1)
- Gledhill, K., Ristau, J., Reyners, M., Fry, B., & Holden, C. (2011). The Darfield (Canterbury, New Zealand) Mw 7.1 earthquake of September 2010: A preliminary seismological report. *Seismological Research Letters*, 82(3), 378-386. DOI: [10.1785/gssrl.82.3.378](https://doi.org/10.1785/gssrl.82.3.378)
- Glumov, I.F., Gulev, V.L., Senin, B.V., & Karnaukhov, S.M. (2014). *Regional'naya geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Chernomorskoj glubokovodnoi vpadiny i priliegaiushchikh shel'fovykh zon. Ch. 1. Pod red. B.V. Senina* [Regional geology and oil and gas potential of the Black Sea deep-sea basin and adjacent shelf zones. Ch. 1. Ed. B.V. Senin]. Moscow, Russia: Nedra Publ., 279 p. (In Russ.).
- Grünthal, G., Arvidsson, R., & Bosse, C. (2010). Earthquake model for the European-Mediterranean region for the purpose of GEM1 (Scientific Technical Report STR; 10/04). Potsdam, Germany: Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 35 p. DOI: [10.2312/GFZ.b103-10043](https://doi.org/10.2312/GFZ.b103-10043)
- Gusev, G.S., & Imaeva, L.P. (2014). [The latest and modern tectonic (geodynamic) activity of the territory of Russia]. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration

- and Protection of Mineral Resources], (12), 23-29. (In Russ.). EDN: TBFDRТ
- Imaeva, L.P., Imaev, V.S., Smekalin, O.P., Kozmin, B.M., Grib, N.N., & Chipizubov, A.V. (2015). *Karta seismotektoniki Vostochnoi Sibiri* [Seismotectonics map of Eastern Siberia]. Irkutsk-Nerungri, Russia: NTI (b.) NEFU Publ., 128 p. (In Russ.).
- Jackson, J., McKenzie, D., & Priestley, K. (2021). Relations between earthquake distributions, geological history, tectonics and rheology on the continents. *Philosophical Transactions A: A* 379. DOI: 10.1098/rsta.2019.0412
- Khutorskoy, M.D., Gnatus, N.A., Demezhko, D.Yu., Ermakov, A.V., Nikitin, D.S., Polyak, B.G., & Tevel'eva, E.A. (2023). [Geothermy: XX-XXI centuries]. In *Trudy GIN. Vyp. 636* [Transactions of the Geological Institute. Iss. 636]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 436 p. (In Russ.). EDN: DWIZRT
- Kopp, M.L. (1997). *Struktury lateral'nogo vyzhmaniia v Al'piisko-Gimalaiskom kollizionnom poiaze* [Lateral extrusion structures in the Alpine-Himalayan collision belt]. Moscow, Russia: "Nauchnyi mir" Publ., 313 p. (In Russ.).
- Korsakov, S.G., Beluzhenko, E.V., Chernykh, V.I., Sokolov, V.V., Andreev, V.M., & Shelting, S.K. (2009). *Geologicheskaiia karta RF masshtaba 1:200000. Izd. 2-e. Seriiia Kavkazskaia. List L-37-XXVI (Novorossiisk)* [Geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000. 2nd edition. Caucasian series. Sheet L-37-XXVI (Novorossiisk)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI map factory. (In Russ.).
- Korsakov, S.G., Semenukha, I.N., Beluzhenko, E.V., Chernykh, V.I., Tokarev, V.N., Derkacheva, M.G., & Tuzikov, G.R. (2004). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta RF masshtaba 1:200000. Izd. 2-e. Seriiia Kavkazskaia. List L-37- XXVII (Krasnodar)* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000. 2nd edition. Caucasian Series. Sheet L-37-XXVII (Krasnodar)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI map factory. (In Russ.).
- Korsakov, S.G., Semenukha, I.N., Gorbova, S.M., & Andreev, V.M. (2000). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta RF masshtaba 1:200000. Izd. 2-e. Seriiia Kavkazskaia. List L-37-XXXIII (Gelendzhik)* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000. 2nd edition. Caucasus Series. Sheet L-37-XXXIII (Gelendzhik)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI map factory. (In Russ.).
- Korsakov, S.G., Semenukha, I.N., Gorbova, S.M., Zarubin, V.V., Sokolov, V.V., Tuzikov, G.R., Chernykh, V.I., Tereshchenko, L.A., Prokuronov, P.V., & Andreev, V.M. (2002). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta RF masshtaba 1:200000. Izd. 2-e. Seriiia Kavkazskaia. List L-37-XXXIV (Tuapse)* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1:200,000. 2nd edition. Caucasian Series. Sheet L-37-XXXIV (Tuapse)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI map factory. (In Russ.).
- Kripinevich, V.L., Mikhailenko, R.S., Korneev, V.I., & Kondratyev, I.A. (1989). [New data on the geological structure and oil and gas potential of the Western Caspian]. *Geologiiia nefi i gaza* [Oil and Gas Geology], (8), 2-8. (In Russ.).
- Kropotkin, P.N., & Makeev, V.M. (1987). [Modern stress state of the earth's crust]. In *Sovremennaia tektonicheskaiia aktivnost' Zemli i seismichnost'* [Modern tectonic activity of the Earth and seismicity] (pp. 192-200). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
- Lavrishchev, V.A., Semenukha, I.N., Andreev, V.M., & Gorshkov, A.S. (1999). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta RF masshtaba 1:200000. Izd. 2-e. Seriiia Kavkazskaia. List K-37-IV (Sochi)* [State geological map of the Russian Federation on a scale of 1:200000. 2nd edition. Caucasian series. Sheet K-37-IV (Sochi)]. Saint Petersburg, Russia: Federal State Unitary Enterprise "Kavkazgeolsemka". (In Russ.).
- Lavrishchev, V.A., Sheikov, A.A., Andreev, V.M., & Semenov, V.M. (2011). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1000000 (tre'e pokolenie). Seriiia Skifskaiia. List K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala)* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000. Third generation. Scythian Series. Sheet K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI map factory. (In Russ.).
- Lavrishchev, V.A., Sheikov, A.A., Semenova, L.R., Semenukha, I.N., Tereshchenko, V.V., Serebryakov, A.A., Snezhko, V.A., Savanin, V.V., Gorbatsevich, N.R., Beloglazov, V.P., & Bakhteev, A.R. (2021). *Gosudarstvennaia geologicheskaiia karta Rossiiskoi Federatsii masshtaba 1:1000000. Tre'e pokolenie. Seriiia Skifskaiia. List L-37 (Rostov-na-Donu)* [State geological map of the Russian Federation, scale 1:1,000,000. Third generation. Scythian series. Sheet L-37 (Rostov-na-Donu)]. Saint Petersburg, Russia: Publ. house of the VSEGEI. (In Russ.).
- Lilienberg, D.A., Kaftan, V.I., Kuznetsov, Yu.G., & Serebryakova, L.I. (1997). [Cartographic models of variations in modern tectonic movements of the morphostructures of the Caucasus and Transcaucasia for different eras]. *Geomorfologiiia* [Geomorphology], (4), 63-75. (In Russ.). EDN: SGJXIP
- Meissner, L.B., & Tugolesov, D.A. (1998). [Tuapse Trough – a depression with autonomous folding]. *Geotektonika* [Geotectonics], (5), 76-85. (In Russ.).
- Milanovsky, E.E. (1968). *Noveishaia tektonika Kavkaza* [Recent tectonics of the Caucasus]. Moscow, Russia: Nedra Publ., 483 p. (In Russ.).
- Milyukov, V.K., Mironov, A.P., Ovsyuchenko, A.N., Gorbatikov, A.V., Steblou, G.M., Korzhenkov, A.M., Agibalov, A.O., Sentsov, A.A., Drobyshev, V.N., Khubaev, K.M., Dogan, U., & Ergintav, S. (2022). Contemporary tectonic movements of the Western Caucasus and the Ciscaucasia based on satellite-geodetic observations. *Geotectonics*, 56(1), 41-54. DOI: 10.1134/S0016852122010058. EDN: TGMOQY
- Morell, K.D., Styron, R., Stirling, M., Griffin, J., Archuleta, R., & Onur, T. (2020). Seismic hazard analyses from geologic and geomorphic data: Current and future challenges. *Tectonics*, 39(10). DOI: 10.1029/2018TC005365

- Nesmeyanov, S.A. (2004). *Inzhenernaia geotektonika* [Engineering geotectonics]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 780 p. (In Russ.). EDN: OTOKAZ
- Nikishin, A.M., Okay, A.I., Tüysüz, O., Demirer, A., Amelin, N., & Petrov, E. (2015). The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill. *Marine and Petroleum Geology*, 59, 638-655. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017
- Ovsiuchenko, A.N., Lar'kov, A.S., Andreeva, N.V., & Lukashova, R.N. (2023). [Seismotectonics of sources of strong earthquakes in the Caucasus: Results of studies by Evgeny Alexandrovich Rogozhin]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 5(3), 28-44. (In Russ.). DOI: 10.35540/2686-7907.2023.3.02. EDN: GFJYHA
- Ovsiuchenko, A.N. (2006). [The relationship between various forms of modern tectonic deformations in the North-west Caucasus]. In *Gliko, A.O. (red.). Issledovaniia po seismotektonike i sovremennoi geodinamike* [Research in seismotectonics and modern geodynamics. Ed. A.O. Gliko] (pp. 89-105). Moscow, Russia: IPE RAS Publ. (In Russ.). EDN: QKGFYD
- Rastsvetaev, L.M., Tveritinova, T.Yu., & Marinin, A.V. (2010). Late-Alpine fault systems and geodynamics of the West Caucasus. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, 46(5), 394-403. DOI: 10.1134/S1069351310050046. EDN: MXFEDR
- Reisner, G.I. (1980). *Geologicheskie metody otsenki seismicheskoi opasnosti* [Geological methods for seismic hazard assessment]. Moscow, Russia: Nedra Publ., 174 p. (In Russ.).
- Reisner, G.I., Ioganson, L.I., Reisner, M.G., & Baranov, Yu.E. (1993). *Tipizatsiia zemnoi kory i sovremennye geologicheskie protsessy* [Typification of the earth's crust and modern geological processes]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 210 p. (In Russ.).
- Rogozhin, E.A., Ovsiuchenko, A.N., Lutikov, A.I., Sobisevich, A.L., Sobisevich, L.E., & Gorbatiykov, A.V. (2014). *Endogennye opasnosti Bol'shogo Kavkaza* [Endogenous dangers of the Greater Caucasus]. Moscow, Russia: IPE RAS Publ., 256 p. (In Russ.). EDN: ZPKBCV
- Shebalin, N.V., Trifonov, V.G., Kozhurin, A.I., Ulomov, V.I., Tatevossian, R.E., & Ioffe, A.I. (2000). A unified seismotectonic zonation of Northern Eurasia. *Journal of Earthquake Prediction Research*, 8(1), 8-31.
- Soloviev, A.A., & Lisenkov, I.A. (2024). [Review and prospects of applying modern approaches to comprehensive geodata analysis for predicting the spatial distribution of geological and geophysical parameters]. *Geofizicheskie issledovaniia* [Geophysical Research], 25(2), 20-45. (In Russ.). DOI: 10.21455/gr2024.2-2. EDN: CDMYDP
- Stirling, M., McVerry, G., Gerstenberger, M., Litchfield, N., Van Dissen, R., & Berryman, K. (2012). National seismic hazard model for New Zealand: 2010 update. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(4), 1514-1542. DOI: 10.1785/0120110170
- Tatevossian, R.E. (2024). [On the level of generalization of seismotectonic models]. *Dinamicheskie protsessy v geosferakh* [Dynamic Processes in the Geosphere], 16(3), 114-121. (In Russ.). DOI: 10.26006/29490995_2024_16_3_114. EDN: GITFZI
- Trikhunkov, Ya.I., Bachmanov, D.M., Tesakov, A.S., Titov, V.V., Lomov, V.S., Sokolov, S.A., Latyshev, A.V., Simakova, A.N., Syromyatnikova, E.V., Qelik, H., Shchelin, V.E., Frolov, P.D., Shalaeva, E.A., & Nikolskaya, P.P. (2024). [Upper pliocene-lower pleistocene upper molasse Belorechensk formation of Western Caucasasia in context of regional neotectonics and paleogeography]. *Stratigrafiia. Geologicheskaiia korreliatsiia* [Stratigraphy. Geological Correlation], 32(4), 21-49. (In Russ.). DOI: 10.31857/S0869592X24040024. EDN: CMPCWP
- Ulomov, V.I., & Shumilina, L.S. (1999). *Komplekt kart obshchego seismicheskogo raionirovaniia territorii Rossiiskoi Federatsii – OSR-97. Masshtab 1:8000000. Ob"iasnitel'naia zapiska i spisok gorodov i naseleennykh punktov, raspolozhennykh v seismoopasnykh raionakh* [Set of maps of general seismic zoning of the territory of the Russian Federation - OSR-97. Scale 1:8,000,000: Explanatory note and list of cities and towns located in seismically hazardous areas]. Moscow, Russia: UIPE RAS Publ., 57 p. (In Russ.).
- Ulomov, V.I., Bogdanov, M.I., Trifonov, V.G., Gusev, A.A., Gusev, G.S., Akatova, K.N., Aptikaev, F.F., Danilova, T.I., Kozhurin, A.I., Medvedeva, N.S., Nikonov, A.A., Peretokin, S.A., Pustovitenko, B.G., & Strom, A.L. (2016). [Explanatory note to the set of maps of general seismic zoning of the territory of the Russian Federation OSR-2016]. *Inzhenernye izyskaniia* [Engineering Surveys], (7), 49-121. (In Russ.). EDN: WJDTLZ

Information about authors

Ovsiuchenko Alexander Nikolayevich, PhD, Head of Laboratory of the Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IPE RAS), Moscow, Russia. E-mail: ovs@ifz.ru

Larkov Alexander Sergeevich, PhD, Head of the Laboratory of the IPE RAS, Moscow, Russia. E-mail: las119@yandex.ru

Donzova Galina Yurievna, Researcher of the IPE RAS, Moscow, Russia. E-mail: donzova@ifz.ru

Andreeva Nadezhda Vyacheslavovna, PhD, Senior Researcher of the IPE RAS, Moscow, Russia. E-mail: znv@ifz.ru

Lukashova Raisa Nikolaevna, Researcher of the IPE RAS, Moscow, Russia. E-mail: lur@ifz.ru

Pogrebchenko Vladimir Viktorovich, Senior Researcher of the IPE RAS, Moscow, Russia. E-mail: pogr@ifz.ru