

УДК 550.348; 550.37

Взаимосвязи некоторых ключевых сегментов коллизии Тихоокеанской плиты с Охотской плитой в связи с сильнейшими землетрясениями 1952 и 2025 гг. на юго-востоке Камчатки

© 2025 г. А.С. Закупин

СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Поступила в редакцию 08.08.2025 г.

Аннотация. Рассматривается сейсмичность сегмента Центрально-Сахалинского разлома (ЦСР) на юге Сахалина (как продолжение коллизионной области Хидака) и примыкающие области Охотского моря в связи с сильнейшими землетрясениями 1952 и 2025 гг. на юго-востоке Камчатки. Из каталогов выделены сильнейшие коровые ($M > 5$) землетрясения в Анивско-Быковской зоне возможных очагов землетрясений Центрально-Сахалинского разлома (также известна как Апрельский разлом) с 1905 по 2025 год. Кроме того, в исследование включены сильнейшие глубокофокусные землетрясения ($M > 6$) в морской зоне на юго-востоке Сахалина. Зона вклинивания Тихоокеанской плиты Хидака рассматривается как южный аналог такой же зоны в районе курильской и алеутской островодужных систем, что предполагает наличие синхронизации при появлении знаковых событий. Показано, что рассматриваемый сегмент ЦСР находится во взаимодействии с Западно-Сахалинским и Хоккайдо-Сахалинским разломами (что сближает во времени ключевые события на этих разломах), при этом рассматриваемая Сахалинская часть продолжения зоны Хидака за несколько лет до обоих Камчатских мегаземлетрясений проявилась в сильнейших глубокофокусных землетрясениях, а в первом случае ещё и самым мощным коровым землетрясением на рассматриваемом сегменте ЦСР.

Ключевые слова: сегмент разлома, мегаземлетрясение, Тихоокеанская плита, зона коллизии Хидака.

Для цитирования: Закупин А.С. Взаимосвязи некоторых ключевых сегментов коллизии Тихоокеанской плиты с Охотской плитой в связи с сильнейшими землетрясениями 1952 и 2025 гг. на юго-востоке Камчатки // Российский сейсмологический журнал. — 2025. — Т. 7, № 3. — С. 60–65. — DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.3.05>. — EDN: UKRIKI

Введение

Землетрясение на Камчатке 29 июля 2025 г. с $M=8.8$ стало девятым землетрясением с магнитудой больше 8 в XXI столетии, а в статусе сильнейших (близко к 9) входит в десятку крупнейших сейсмических событий, произошедших в мире в течение последних 125 лет. Но при всей своей огромной энергии землетрясение нельзя назвать катастрофическим, так как оно неожиданно для учёных не причинило значительного ущерба и не унесло ни одной жизни. За ним последовали сотни афтершоков, которые также не принесли серьёзных последствий. Проблемы материального плана были лишь в Северо-Курильске, на о-ве Парамушир, где цунами накрыло береговую инфраструктуру,

включая единственный на острове рыбоперерабатывающий комплекс «Алайд». Землетрясению предшествовало около 50 форшоков с магнитудой больше 5, включая землетрясение 20 июля 2025 г. ($M=7.7$). Афтершоковый процесс будет долгим и со временем будет изучен. Уже через неделю после события зарегистрированы сотни афтершоков. Учёным придётся ответить на множество вопросов, в том числе на вопрос о повторяемости, ведь все невольно вспомнили о таком же, но более разрушительном землетрясении 4 ноября 1952 г. ($M_w=8.8-9.0$) в том же самом месте. Немногим более 70 лет — это конечно же не сотни лет, что сильно осложняет трактовку современных карт вероятности сейсмической опасности ОСР (Общее сейсмическое районирование). Ещё интереснее, как поведут

себя другие зоны коллизии Охотской плиты после этого мегасобытия, в частности, в районе острова Сахалин. Остров находится на противоположном конце сочленения Тихоокеанской и Охотской плит — в зоне вклинивания Хидака, которая, в том числе, связана с сейсмическим процессом на юге Сахалина через Центрально-Сахалинский разлом (рис. 1).



Рис. 1. Возможные границы литосферных плит в северо-восточной части Японии.

I — предложенные К. Nakamura [Nakamura, 1983] и Y. Kobayasi [Kobayasi, 1983]; II — граница, предложенная в работе [Chapman, Solomon, 1976] (из работы [Kato et al., 2004])

В недавней публикации [Zakupin et al., 2024] авторы обнаружили в южной части о. Сахалин в 2023 г. аномалии параметра LURR [Yin et al., 2000] (load-unload response ratio), которые свидетельствовали о значительной вероятности землетрясения с магнитудой больше 5 в районе Центрально-Сахалинского и больше 6 — в районе Западно-Сахалинского (ЗСР) разломов (до широты 48°N) до конца 2025 года. Кроме того, в работе [Стовбун и др., 2025] в 2024 г. были выделены аномалии вертикальной компоненты электротеллурического поля (ЭТП) и значительная сейсмическая активность как коровой, так и глубокофокусной сейсмичности. Однако после

такого масштабного регионального события вблизи Камчатки оценка существующей ситуации стала значительно сложнее. Впрочем, учитывая, что уже есть два подобных землетрясения в одной и той же зоне субдукции, можно сравнить сейсмический процесс на Сахалине в районе ЦСР (продолжение зоны Хидака) в обоих случаях (в ноябре 1952 г. и в июле 2025 г.), а также за небольшой предшествующий период.

Исходные данные и результаты

Сейсмичность на юге Сахалина интересна прежде всего тем, что для Охотской плиты зона вклинивания Хидака, которая, по некоторым данным, связана с Центрально-Сахалинским разломом, похожа на такую же в районе встречи Алеутской и Курильской дуг, рядом с которой и произошло землетрясение 30 июля 2025 года. Гипотетически при накоплении напряжений в районе одного клина напряжённо-деформированное состояние в другом должно также меняться, что особенно может быть заметно при подготовке в зоне коллизии событий планетарного масштаба. Продолжением зоны вклинивания Хидака на юге Сахалина является, как уже было сказано, Центрально-Сахалинский разлом, а нас будет интересовать его часть, которая находится в Анивско-Быковской зоне (рис. 2) очагов возможных землетрясений (ВОЗ).

Для исследования на таких промежутках времени (от 1952 до 2025 г.) необходимо использовать каталог с большим историческим запасом. Поэтому для данного исследования использовался, во-первых, каталог исторических сахалинских землетрясений Л.Н. Поплавской (с 1905 по 2005 г.) [Поплавская и др., 2006], а, во-вторых, современный каталог СФ ФИЦ ЕГС РАН (с 2005 по 2025 г.). С 1997 г. СФ ФИЦ ЕГС РАН ежегодно формирует каталог, который охватывает весь Сахалин и пополняется по настоящее время в виде ежегодных выпусков, например, [Фокина и др., 2003]. Таким образом, был проанализирован объединённый каталог, и было определено, что за весь период времени в пределах Анивско-Быковской ВОЗ произошло всего четыре землетрясения с $M > 5$ (табл. 1, рис. 2).

Два из них произошли в южной части данного сегмента ЦСР и получили названия Анивских землетрясений. Одно с магнитудой $M=5.5$ было 2 февраля 1951 г., а второе — 10 мая 1964 г. с $M=5.0$.

Третье (и второе по силе) землетрясение в Анивско-Быковской ВОЗ с $M=5.2$ (Такойское) было в сентябре 2001 г., и его эпицентр находился в северной части сегмента.

Четвёртое землетрясение произошло почти там же, где и Такойское (между посёлками Сокол и Такое) 21 сентября 2007 г. и имело магнитуду 5.0.

На юго-восточной окраине острова Сахалин, в Охотском море, также присутствует активность глубокофокусной сейсмичности. Рассмотрим её отдельно. В табл. 2 показаны землетрясения

с магнитудой больше 6 (они же показаны на карте на рис. 2 синим цветом). Всего за 120 лет таких землетрясений в этой зоне оказалось пять. Сразу бросается в глаза, что между последними двумя сильными глубокими землетрясениями интервал 74 года, и оба они произошли за несколько лет до мегаземлетрясений в Авачинском заливе.

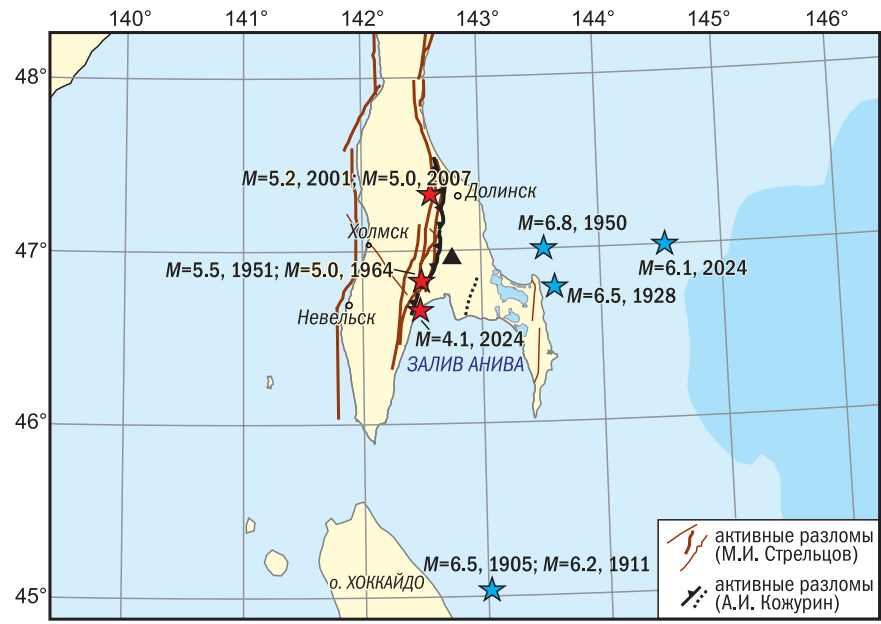


Рис. 2. Сильнейшие землетрясения на Анивско-Быковской ВОЗ ($M > 5$, красные звёздочки) и глубокофокусные землетрясения ($M > 6$, синие звёздочки) в юго-восточной прибрежной зоне Охотского моря за период с 1905 по 2025 г.

Таблица 1. Коровые землетрясения Южного Сахалина (Анивско-Быковская зона ВОЗ) с 1905 по 2025 г. с $M > 5$

№	Дата дд.мм.гггг	Время в очаге, чч:мм:сс	Координаты		Глубина, км	Магнитуда M
			φ, °N	λ, °E		
1	02.02.1951	16:44:36	46.70	142.50	10	5.5
2	10.05.1964	08:12:34	46.70	142.40	13	5.0
3	01.09.2001	13:08:14	47.30	142.60	7	5.2
4	21.09.2007	00:34:44	47.26	142.70	5	5.0

Таблица 2. Глубокофокусные землетрясения юго-восточной Охотоморской зоны Сахалина с 1905 по 2025 г. с $M > 6$

№	Дата дд.мм.гггг	Время в очаге, чч:мм:сс	Координаты		Глубина, км	Магнитуда M
			φ, °N	λ, °E		
1	01.09.1905	02:45:36	45.00	143.0	230	6.5
2	06.09.1911	00:54:20	45.50	143.0	360	6.2
3	22.04.1928	04:55:09	46.67	143.6	340	6.5
4	28.02.1950	10:20:59	46.97	143.5	340	6.8
5	10.08.2024	03:28:31	46.97	144.6	428	6.1

Нетрудно заметить ещё одну важную деталь — между глубоким землетрясением в Охотском море 1950 г. и землетрясением 1952 г. расположилось самое сильное землетрясение (Анивское) из табл. 1.

Интересной оказывается и судьба оставшихся трёх коровых событий из табл. 1. При детальном рассмотрении каталога выясняется, что 2 октября 1964 г., через пять месяцев после землетрясения № 2, произошло известное Ногликское землетрясение с $M=5.8$ (в структурах Хоккайдо-Сахалинского разлома), которое в данной области на севере Сахалина оставалось самым сильным до Нефтегорского землетрясения 1995 года. А землетрясения 2001 и 2007 гг. (№ 3 и 4) произошли после близких землетрясений (для Сахалина их можно назвать «мега») на Западно-Сахалинском разломе в 2000 г. (Углегорское, $M=7.0$) и 2007 г. (Невельское, $M=6.2$). В целом землетрясения № 2–4 так или иначе связаны с общим напряжённо-деформированным состоянием локальной системы разломов и в одном случае (для дальнего Ногликского землетрясения) опережают важное локальное событие, а в двух (для близкого ЦСР, Крильонско-Томаринская подзона) являются их следствием.

Складывается ранее предположенная нами картина, что существуют не только локальные связи (триггеры), но и региональные (на примере мегаземлетрясений около Камчатки 1952 и 2025 гг.). Перед обоими землетрясениями в Авачинском заливе (за два с небольшим года в 1950 г. и за один год в 2024 г.) в Охотском море у юго-восточного побережья Сахалина происходят сильнейшие глубокофокусные землетрясения (за последние 100 лет). В первом случае после такого землетрясения ЦСР также принимает часть нагрузки и выдаёт самое сильное за время наблюдений землетрясение (1951 г.). А во втором случае таковых нет, несмотря на то, что в 2024 г. в районе Южного Сахалина отмечалась значительная активизация [Стовбун и др., 2025], причём как коровых, так и глубокофокусных землетрясений. Максимальным в 2024 г. на ЦСР стало Таранайское землетрясение 15 июня 2024 г. с магнитудой $M=4.1$, которое, однако, произошло до глубокофокусного 10 августа 2024 года.

Из представленных результатов можно сделать вывод о том, что общий характер сейсмичности присутствует и в случае 1952 и 2025 гг., когда часть избыточной нагрузки транслируется в зону Хидака через глубокоководные структуры. Единственное различие — это передача части нагрузки в ЦСР в 1951 г. и соответственно — сильное для этой структуры землетрясение.

Есть и другие доказательства синхронизации деформационного процесса на границе Тихоокеанской и Охотской плит. Как и в рассмотренных случаях, это проявляется в близких по времени и значимости процессах на разных её участках. Например, это подтверждается и поведением ЦСР, где Невельское землетрясение произошло через семь месяцев после Симуширских землетрясений ноября 2006 г. ($M=8.3$) и января 2007 г. ($M=8.1$), которые, как и Невельское для Сахалина, для средних Курил имеют статус «мега». Также одно из самых масштабных по последствиям землетрясений в Нефтегорске произошло в мае 1995 г., через восемь месяцев после Шикотанского землетрясения 1994 г. (не менее трагического).

Заключение

Рассмотрена сейсмичность Анивско-Быковского сегмента Центрально-Сахалинского разлома и прилегающих районов Охотского моря. Отмечено, что сегмент проявляет чувствительность к землетрясениям на Западно-Сахалинском разломе, как в случае с его сильнейшими представителями в XXI веке — Углегорским и Невельским землетрясениями. При этом отклики происходили оба раза в северной части сегмента в виде землетрясений близких к максимально наблюденным в данной зоне ВОЗ. Отмечена и почти совместная отработка нагрузки с Хоккайдо-Сахалинским разломом (с разницей в пять месяцев с сильнейшим Ногликским землетрясением), который сближается с ЦСР на юге.

В обоих случаях с субдукционными мегаземлетрясениями на границе Охотской и Тихоокеанской плит в районе Авачинского залива за несколько лет до них в прибрежных районах Охотского моря у острова Сахалин регистрируются сильнейшие глубокофокусные землетрясения (за последние 100 лет наблюдений). В 1950 г., перед Северо-Курильским землетрясением 1952 г. (которое было сильнее, чем в 2025 г.), глубокофокусное землетрясение у берегов Сахалина вообще стало самым сильным в истории наблюдений. Также есть понимание, что именно высокий уровень нагрузки в зонах вклинивания Тихоокеанской плиты на севере и на юге не позволил ограничиться $M=6.8$ в Охотском море, но и дополнительно привёл к разгрузке сегмента ЦСР самым сильным землетрясением за всю историю наблюдений в 1951 году.

Полученная информация об истории сейсмичности сегмента ЦСР на Сахалине

и особенностях формирования на нём сильнейших землетрясений имеет большой вес в силу того, что именно данный сегмент определяет сейсмическую опасность для самого густонаселённого района Сахалинской области (включая областной центр, где проживает половина населения). Как полученные результаты можно использовать для оценки текущей обстановки на юге Сахалина? Можно предположить, что произошла значительная разгрузка по всей длине Курильской дуги (Шикотанское, 1994 г.; Симуширские, 2006 и 2007 гг.; Петропавловское, 2025 г.), что может снизить вероятность сильных землетрясений в ближайшие годы на главных сахалинских разломах.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-00604-25) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

Литература

- Поплавская Л.Н., Иващенко А.И., Оскорбин Л.С., Нагорных Т.В., Пермикин Ю.Ю., Поплавский А.А., Фокина Т.А., Ким Ч.У., Краева Н.В., Рудик М.И. и др. Региональный каталог землетрясений острова Сахалин, 1905–2005 гг. — Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2006. — 103 с.
- Стовбун Н.С., Закупин А.С., Богомолов Л.М., Костылев Д.В., Дудченко И.П., Гуляков С.А. Вариации вертикальной компоненты электротеллурического поля на Южно-Сахалинском геофизическом полигоне в 2024 году // Геосистемы переходных зон. — 2025. — Т. 9, № 2. — С. 125–144. — DOI: 10.30730/gtr.2025.9.2.125-144. — EDN: RRJEOC
- Фокина Т.А., Паршина И.А., Рудик М.И., Бобков А.О., Шолохова А.А. Сахалин // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. — Обнинск: ГС РАН, 2003. — С. 122–128. — EDN: VBAFXJ
- Chapman M.E., Solomon S.C. North American–Eurasian plate boundary in Northeast Asia // Journal of Geophysical Research. — 1976. — V. 81. — P. 921–930.
- Kato N., Sato H., Orito M., Hirakawa K., Ikeda Y., Ito T. Has the plate boundary shifted from central Hokkaido to the eastern part of the Sea of Japan? // Tectonophysics. — 2004. — V. 388. — P. 75–84.
- Kobayasi Y. Initiation of subduction of a plate // Earth Monit. — 1983. — V. 5. — P. 510–514. (In Japanese).
- Nakamura K. Possibility of a nascent plate boundary at the eastern margin of the Japan Sea // Bulletin of the Earthquake Research Institute. University of Tokyo. — 1983. — V. 58. — P. 711–722. (In Japanese).
- Yin X.C., Wang Y.C., Peng K.Y., Bai Y.L., Wang H.T., Yin X.F. Development of a new approach to earthquake prediction: The Load/Unload Response Ratio (LURR) theory // Pure and Applied Geophysics. — 2000. — V. 157, N 11. — P. 2365–2383. — DOI: 10.1007/PL00001088
- Zakupin A.S., Andreeva M.Yu., Zherdeva O.A., Zakarov A.I., Stovbun N.S., Gulyakov S.A. On the possible relationship between magnetic storms and earthquakes in certain tectonic conditions (using the example of Sakhalin Island) // Геосистемы переходных зон. — 2024. — Т. 8, № 3. — С. 161–173. — DOI: 10.30730/gtr.2024.8.3.161-173. — EDN: NBFGES. (Англ.).

Сведения об авторе

Закупин Александр Сергеевич, канд. физ.-мат. наук, зам. директора Сахалинского филиала Федерального государственного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (СФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Южно-Сахалинск, Россия. ORCID: 0000-0003-0593-6417. E-mail: dikii79@mail.ru

Relationships between some key segments of the Pacific Plate collision with the Okhotsk Plate in connection with the strongest earthquakes of 1952 and 2025 in southeastern Kamchatka

© 2025 A.S. Zakupin

SB GS RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Received August 8, 2025

Abstract The seismicity of the Central Sakhalin Fault (CSF) segment in southern Sakhalin (as an extension of the Hidaka collisional domain) and the adjacent areas of the Sea of Okhotsk is considered in connection with the severe earthquakes of 1952 and 2025 in southeastern Kamchatka. The catalogs include the strongest crustal ($M > 5$) earthquakes in the Anivsko-Bykovskaya zone of possible earthquake sources of the Central Sakhalin Fault (also known as the Aprelovsky Fault) from 1905 to 2025. In addition, the study includes the strongest deep-focus earthquakes ($M > 6$) in the marine zone in the southeast of Sakhalin. The Hidaka Pacific Plate thrusting zone is considered to be a southern analogue of the same zone in the Kuril and Aleutian Island arc systems, which suggests that there is a synchronization of significant events. It is shown that the segment of the CSF under consideration is in interaction with the West Sakhalin and Hokkaido-Sakhalin faults (which brings the key events on these faults closer in time), while the Sakhalin part of the continuation of the Hidaka zone manifested itself in the strongest deep-focus earthquakes several years before both Kamchatka megaequakes, and in the first case, it was also the most powerful crustal earthquake on the segment of the CSF under consideration.

Keywords Fault segment, megaequake, Pacific Plate, Hidaka collision zone.

For citation Zakupin, A.S. (2025). [Relationships between some key segments of the Pacific Plate collision with the Okhotsk Plate in connection with the strongest earthquakes of 1952 and 2025 in southeastern Kamchatka]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 7(3), 60–65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2025.3.05>. EDN: UKRIKI

References

- Poplavskaya, L.N., Ivashchenko, A.I., Oskorbin, L.S., Nagornykh, T.V., Permikin, Iu.Iu., Poplavskii, A.A., Fokina, T.A., Kim, Ch.U., Kraeva, N.V., Rudik, M.I., et al. (2006). *Regional'nyi katalog zemletriasenii ostrova Sakhalin, 1905–2005 gg.* [Regional catalogue of earthquakes of Sakhalin Island, 1905–2005]. Yuzhno-Sakhalinsk, Russia: IMGIG FEB RAS Publ., 103 p. (In Russ.).
- Stovbun, N.S., Zakupin, A.S., Bogomolov, L.M., Kostylev, D.V., Dudchenko, I.P., & Gulyakov, S.A. (2025). [Variations in the vertical component of the electrotelluric field at the Yuzhno-Sakhalinsk geophysical test site in 2024]. *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 9(2), 125–144. (In Russ.). DOI: [10.30730/gtr.2025.9.2.125-144](https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.2.125-144). EDN: RRJEOC
- Fokina, T.A., Parshina, I.A., Rudik, M.I., Bobkov, A.O., & Sholokhova, A.A. (2003). [Sakhalin]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 1997 godu* [Earthquakes of Northern Eurasia in 1997] (pp. 122–128). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.). EDN: VBAFXJ
- Chapman, M.E., & Solomon, S.C. (1976). North American–Eurasian plate boundary in Northeast Asia. *Journal of Geophysical Research*, 81, 921–930.
- Kato, N., Sato, H., Orito, M., Hirakawa, K., Ikeda, Y., & Ito, T. (2004). Has the plate boundary shifted from central Hokkaido to the eastern part of the Sea of Japan? *Tectonophysics*, 388, 75–84.
- Kobayasi, Y. (1983). Initiation of subduction of a plate. *Earth Monit*, 5, 510–514. (In Japanese).
- Nakamura, K. (1983). Possibility of a nascent plate boundary at the eastern margin of the Japan Sea. *Bulletin of the Earthquake Research Institute. University of Tokyo*, 58, 711–722. (In Japanese).
- Yin, X.C., Wang, Y.C., Peng, K.Y., Bai, Y.L., Wang, H.T., & Yin, X.F. (2000). Development of a new approach to earthquake prediction: The Load/Unload Response Ratio (LURR) theory. *Pure and Applied Geophysics*, 157(11), 2365–2383. DOI: [10.1007/PL00001088](https://doi.org/10.1007/PL00001088)
- Zakupin, A.S., Andreeva, M.Yu., Zherdeva, O.A., Zakarov, A.I., Stovbun, N.S., & Gulyakov, S.A. (2024). On the possible relationship between magnetic storms and earthquakes in certain tectonic conditions (using the example of Sakhalin Island). *Geosistemy perekhodnykh zon* [Geosystems of Transition Zones], 8(3), 161–173. DOI: [10.30730/gtr.2024.8.3.161-173](https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.3.161-173). EDN: NBFGES

Information about author

Zakupin Alexander Sergeevich, PhD, Deputy Director of the Sakhalin Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (SB GS RAS), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. ORCID: 0000-0003-0593-6417. E-mail: dikii79@mail.ru