

УДК 597.552.11+57.046 (571.66)

DOI: [10.23671/VNC.2019.4.44488](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.4.44488)

Оригинальная статья

Геолого-геофизическая система «тектоника-сейсмичность» уникального Хаилинского центра высокомагнитудного роя. Юго-запад Корякского сейсмического пояса

Г.П. Яроцкий¹, к.г.-м.н., Х.О. Чотчаев ²

¹Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Россия, 683006, Камчатский кр., г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, e-mail: ecology@kscnet.ru;

²Геофизический институт Владикавказского научного центра Российской академии наук, Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Статья поступила: 06.10.2019, после рецензирования: 06.11.2019, принята к публикации: 26.11.2019

Аннотация: Актуальность работы. Хаилинский центр - уникальное явление в Корякском сейсмическом поясе, который обрамляет на севере литосферную плиту Берингию. Он создан роем Хаилинского и Олюторского землетрясений и афтершоков с $M = 5,0-7,6$. Центр лежит в погруженной глыбе литосферы Олюторского залива, созданной межглыбовыми СЗ разломами на бортах трога с глубиной 82 км в рельефе литосферы. На трог надвинуты морские террейны с максимальным прогибом горизонтов литосферы в их киях, через которые проходит колонна с гипоцентрами землетрясений. Объект исследования – высокомагнитудный рой землетрясений Хаилинского Центра имеет взаимно ортогональные эллипсы афтершоков при общих эпицентрах главных толчков. Хаилинское землетрясение не проявило традиции связи эллипса релаксации афтершоков с известной геологией афтершоков в плане и разрезе. События столь мощные, не увязанные с очевидной геологической структурой представляются очевидной новизной в мировой горнодобывающей практике. **Цель работы** – установление структуры и тектоники уникального Хаилинского центра высокомагнитудного роя. **Результаты работы.** Анализ Хаилинского и Олюторского событий выявил коллизию двух фактов: совпадение эпицентров и полную ортогональность облаков обоих землетрясений. Их исследование как элементов одной системы «тектоника-сейсмичность» определило геологическое пространство положения гипоцентров. Интерес к сейсмичности Хаилинского высокомагнитудного центра рассматривается как обращение в геологии окраины к уникальной малой литосферной плите Берингия в сейсмологии СВ Азии. В основу исследования системы «тектоника-сейсмичность» положена концепция сейсмогенной тектоники территории активной окраины континента СВ Азии и места в ней Хаилинского Центра высокомагнитудного роя (ХВЦ). Основы такого понимания сейсмичности определены авторской «Концепцией глыбово-клавишной структуры литосферы на активной окраине континента». Эпицентральная область Хаилинского и Олюторского землетрясений локализуется на площади локальной Тылговаямской впадины, причленённой к Вывенской впадине с юга на её висячем ЮВ крыле зоны Вывенского разлома.

Ключевые слова: система «тектоника-сейсмичность», элементы системы, релаксация, Хаилинский рой, рельеф подошвы литосферы, трог, глыбово-клавишная структура литосферы.

Для цитирования: Яроцкий Г.П., Чотчаев Х.О. Геолого-геофизическая система «тектоника-сейсмичность» уникального Хаилинского центра высокомагнитудного роя. Юго-запад Корякского сейсмического пояса. Геология и Геофизика Юга России. 2019. 9(4): 49-62. DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44488.

DOI: [10.23671/VNC.2019.4.44488](https://doi.org/10.23671/VNC.2019.4.44488)

Original paper

Geological and geophysical system “tectonics-seismicity” of the unique Khailinsk center of high-magnet swarm. South-west of the Koryak seismic belt

G.P. Yarotskii¹, Kh.O. Chotchaev ²

¹Institute of Volcanology and Seismology, 9 Piip Boulevard, Petropavlovsk-Kamchatsky 683006, Russian Federation, e-mail: ecology@kscnet.ru;

²Geophysical Institute, Vladikavkaz Scientific Center, Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Received: 06.10.2019, revised: 06.11.2019, accepted: 26.11.2019

Abstract : Relevance. The Khailin Center is a unique phenomenon in the Koryak seismic belt, which frames the Beringia lithospheric plate in the north. It was created by a swarm of Khailin and Olyutor earthquakes and aftershocks with $M = 5.0-7.6$. The center lies in a submerged block of the lithosphere of the Olyutor Bay, created by interblock northwestern faults on the sides of the trough with a depth of 82 km in the relief of the lithosphere. Sea terranes with a maximum deflection of the lithosphere horizons in their keels, through which a column with earthquake hypocenters passes, are thrust onto the trough. The study object is the high-magnitude swarm of earthquakes of the Khailin Center; it has mutually orthogonal ellipses of aftershocks at common epicenters of the main shocks. The Khailin earthquake did not show the tradition of connecting the aftershock relaxation ellipse with the known aftershock geology in plan and section. Such powerful events that are not tied to an obvious geological structure seem an obvious novelty in world mining practice. **Aim.** To establish the structure and tectonics of the unique Khailin Center of high-magnitude swarm. **Results.** An analysis of the Khailin and Olyutor events revealed a collision of two facts: the coincidence of the epicenters and the complete orthogonality of the clouds of both earthquakes. The study of these events as elements of one system “tectonics-seismicity” determined the geological space of the hypocenters position. The interest in the seismicity of the Khailin high-magnitude center is considered as an appeal in the geology of the outskirts to the unique small lithospheric plate Beringia in the seismology of NE Asia. The research basis of the “tectonics-seismicity” system is the concept of seismogenic tectonics in the territory of the active margin of the North Asian continent and the place of the Khailin Center for High Magnitude Swarm. The basics of such understanding of the seismicity in the outskirts of the territory tectonics are determined by the author’s “Concept of the block-key structure of the lithosphere on the active outskirts of the continent”. The epicentral region of the Khailin and Olyutor earthquakes is localized on the area of the local Tylgovyamsk Depression, connected to the Vyvensk Depression from the south on its hanging SE wing of the Vyvensk Fault zone.

Keywords: system “tectonics-seismicity”, system elements, relaxation, Khailinsk swarm, topography of the lithosphere, trough, block-key structure of the lithosphere.

For citation: Yarotskii G.P., Chotchaev Kh.O. Geological and geophysical system “tectonics-seismicity” of the unique Khailinsk center of high-magnet swarm. South-west of the Koryak seismic belt. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* 2019. 9(4): 49-62. (In Russ.) DOI: 10.23671/VNC.2019.4.44488.

Введение

На юго-западе Корякского нагорья в бассейне среднего течения р. Вывенки образовался Хаилинский высокомагнитудный сейсмический центр с сильными землетрясениями с их рядом афтершоков с $M = 5-6,6$.

Хаилинское (1991 г., $M = 6,6$) и Олюторское (2006 г., $M = 7,6$) землетрясения на берегу Олюторского залива северного побережья Берингова моря дали сейсмологам классическую систему геологических и геофизических загадок. Загадки эти дали авторам статьи возможность при помощи системного подхода исследовать их как структурные элементы системы и их взаимоотношения, и получить геолого-геофизическую модель литосферы геологической локализации и геофизической релаксации названных сильных землетрясений и облаков их афтершоков. Высокомагнитудный рой землетрясений Хаилинского Центра имеет взаимно ортогональные эллипсы афтершоков

при общих эпицентрах главных толчков, и, как оказалось впоследствии, и общую сейсмогенную вертикальную колонну разреза литосферы с гипоцентрами главных толчков названных событий [Яроцкий, 2014].

При всей интересной картине локализации и релаксации обоих событий, интерес исследователей к ним иссяк и очень быстро угас. Авторы настоящей статьи, работавшие в геологоразведке на территории Центра в 60–80-е годы, получили возможность использовать свои геологические знания и сформулировать геолого-геофизическую систему «тектоника-сейсмичность» территории, приступив к её исследованию системным анализом. В ряде авторских публикаций этот последовательный анализ элементов системы помогал адекватно получать последующие модели [Яроцкий, 2013, 2014; Яроцкий, Чотчаев, 2016]. Настоящая публикация рассматривается как более полное приближение к их пониманию.

Одной из загадок, возникших в сейсмологии роя Центра, является отсутствие на территории традиционной зоны Бенъофа, даже в виде палеообъекта. Хаилинское поле афтершоков в сейсмологии нетрадиционно ортогонально геологической концепции СВ простирания геоструктур позднемезозойской и кайнозойской окраины материка СВ Азии. К тому же, Хаилинское землетрясение не проявило традиции связи эллипса релаксации афтершоков с известной геологией афтершоков в плане и разрезе. События столь мощные не увязанные с очевидной геологической структурой, (а на территории Центра осваивается крупное россыпное месторождение платиноидов и планируется освоение их рудных объектов, а также крупнообъёмных золоторудных объектов) представляются очевидной новинкой в мировой горнодобывающей практике. Это золото сосредоточено в эпitherмальных вторичных кварцитах Ветроваямского вулканогена при содержаниях порядка 10 г/т лежит в огромных запасах руд – и тоже близ территории сильных афтершоков обоих землетрясений. Сильные афтершоки проявились и на побережье залива Корфа с разрушением и ликвидацией п. Корфа, а также в фиорде бухты Сомнения. В стратегии развития Северного морского пути РФ залив является незамерзающим портом для вероятного штормового отстоя и частичной разгрузки генеральных грузов, но является цунамиопасным. Этот аспект сейсмогенности должен быть учтён и морскими сейсморазведочными работами в Олюторском, Корфа, Ильпинском, Анапкинском заливах северного побережья Берингова моря. Названные обстоятельства возбудили наш интерес к оценке сейсмичности территории Хаилинского узла землетрясений как возможного источника новых опасных геологических процессов.

Авторский интерес к сейсмичности Хаилинского высокомагнитудного центра рассматривается нами как обращение в геологии окраины к уникальной малой литосферной плите Берингия в сейсмологии СВ Азии [Maskey et al., 1997]. В ней – образованная на базе системного анализа общего вида геолого-геофизическая система «тектоника-сейсмичность». В этом анализе авторы располагают эффективной методологией глыбово-клавишной структуры литосферы активной окраины континента, описанной в ряде исследований [Яроцкий, 2014; Яроцкий, Чотчаев, 2016; Stein et al., 1989], а также выдающимся трудом отечественных исследователей – «Карта рельефа подошвы литосферы России» [1995]. Совокупность последовательных детальных исследований элементов вариантов уникальных систем Хаилинского Центра высокомагнитудного роя, дала вероятностную модель этого уникального Корякского сейсмического пояса.

Настоящая статья является обобщением авторских представлений геологии и сейсмичности Хаилинского фрагмента территории северного обрамления морской литосферной плиты Берингии. В ней приведены основные итоги исследований и дана обобщённая картина модели сейсмичности Хаилинского Центра высокомагнитудного роя.

Краткая история исследований геологии и геофизики Хаилинского Центра КСП

Хаилинский высокомагнитудный центр (ХВЦ) Корякского сейсмического пояса (КСП) как объект исследования возник благодаря своеобразной сейсмичности [Зобин и др., 1997; Ландер и др., 2007, 2010; Рогожин и др., 2007; Яроцкий, 2013; Яроцкий, Чотчаев, 2016], Хаилинское облако афтершоков развито ортогонально на СЗ вкрест геологических структур территории. ХВЦ является юго-западной частью Корякского сейсмического пояса. Пояс определён в 1992 г. [Ландер и др., 1994] как прибрежная территория севера Берингова моря – полоса сейсмичности от Камчатского перешейка (60° с.ш.) до мыса Дежнёва (70° с.ш.). В ней были известны и состоялись сильные события: Анадыр-

ское (19861019), Корякское (19881013) и Хаилинское (19910308) с магнитудами $M_w = 5,2, 5,9$ и $6,6$, соответственно, а впоследствии – Олюторское (20062004) и Ильпырское (20130313) с $M_w = 7,6$ и $5,8$. Остальная сейсмичность проявлена землетрясениями с $2,5 \leq M \leq 4$. Целью статьи 1994 г. [Ландер и др., 1994] была «... проверка соответствия очаговых характеристик данного землетрясения (т.е. Хаилинского – прим. наше) гипотезе существования Корякской северной границы плиты Берингии и обсуждение структуры юго-западного участка этой западной границы» [Ландер и др., 1994, стр. 103].

К территории Хаилинского облака добавилась территория Олюторского облака, а совмещение их эпицентров афтершоков аргументировало собственное название высокомагнитудного роя в Хаилинском центре (ХВЦ).

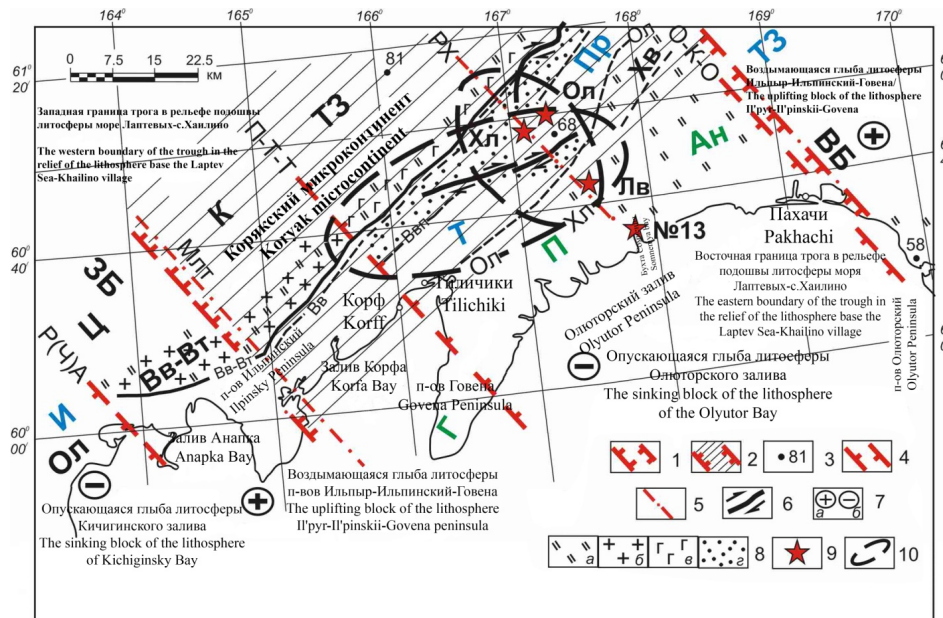


Рис. 1. Опускающаяся глыба литосферы Олюторского залива на юго-восточном окончании регионального трога в рельефе подошвы литосферы по линии «Море Лаптевых-Янский залив-с. Хаилино (п. Корф)» [по Картам рельефа подошвы..., 1995; с дополнениями авторов].

Хаилинский высокомагнитудный центр Корякского сейсмического пояса

1 – градиентные линии глубин (78–81 км) залегания бортов территории трога литосферы ($h = 70–81$ км): ЗБ – Западного, ВБ – Восточного; 2 – территория трога на юго-восточном стыке его окончания, с приокеанским СВ валом подъёма подошвы литосферы ($h = 58–60$ км) о. Карагинского, п-овов Говена, Олюторского, мыса Наварин; 3 – отметки глубин залегания подошвы литосферы, км; 4 – поперечные межглыбовые литосферные разломы; 5 – внутрглыбовые продольно-осевые разломы глыб; 6 – сдвиги, взбросы и направления сейсмотектонических движений сейсмотектонические Олюторского события [Рогожин и др., 2007]; 7 – глыбы литосферы воздымающиеся и погружающиеся; 8 – геологические комплексы геоструктур: а – меланократовые породы Вывенской зоны и Беринговского поднятия [Апрелков и др., 1997, с дополнениями], б – кислые интрузии Ветроваямского вулканогена, в – ультраосновные породы Вывенской зоны, г – рыхлые отложения локальных впадин; 9 – эпицентры главных толчков: Хл – Хаилинского (1991), Ол – Олюторского (2007), №13 (2007), Лв – Левтыринваямского (2018); 10 – эллипсы полей афтершоков Хаилинского и Олюторского облаков Центра. /

Fig. 1. The falling block of the lithosphere of the Olyutor Bay at the southeastern end of the regional trough in the relief of the base of the lithosphere along the line “Sea of Laptev-Yansk Bay from. Khailino (p. Korf)” [according to the maps of the relief of the sole ..., 1995; with the additions of the authors].

Khaili high-magnitude center of the Koryak seismic belt

1 – gradient depth lines (78–81 km) of the occurrence of the sides of the lithosphere trough ($h = 70–81$ km): ZB – West, WB – East; 2 – the territory of the trough at the southeastern junction of its end, with the oceanic NE shaft of the elevation of the base of the lithosphere ($h = 58–60$ km) o. Karaginsky, Govan Peninsula, Olyutorsky, Cape Navarin; 3 – marks of the depths of the bottom of the lithosphere, km; 4 – transverse interblock lithospheric faults; 5 – intrablock longitudinal-axial faults of blocks; 6 – shifts, upthrusts and directions of seismotectonic movements of the seismotectonic Olyutory events [Rogozhin et al., 2007]; 7 – blocks of the lithosphere rising and sinking; 8 – geological complexes of geostuctures: a – melanocratic rocks of the Vyvensky zone and the Bering uplift [Aprelkov et al., 1997, with additions], b – acidic intrusions of the Vetrovayamsky volcanogen, c – ultrabasic rocks of the Vyvensky zone, d – loose deposits of local depressions; 9 – epicenters of the main shocks: Chl – Khailinsky (1991), Ol – Olyutorsky (2007), No. 13 (2007), Lv – Levtyrinvayamsky (2018); 10 – ellipses of the aftershock fields of the Khailinsky and Olyutorsky clouds of the Center.

Вместе с тем, в публикации [Зобин др., 1997] сейсмогенными в событии 1991 г. были определены сеймотектонические условия между Пылгинским и Ветвейским хребтами. Обе точки зрения в работах [Зобин и др., 1997; Ландер и др., 1994] основаны на утверждении положения территории ХВЦ на стыке камчатских и олюторских структур Корякского нагорья. Заметим, что вторые фактически, как таковые, в геологии неизвестны [Гос. геол. карта СССР, 1987; Гос. геол. карта РФ, 2000; Карта полезных..., 1999]. Справедливо будет отметить, что в названной работе 1991 г. высказано предположение о вероятной сейсмогенной структуре СЗ простирания Хаилинского землетрясения «*Очаговая зона землетрясения 8 марта, обрисованная эпицентрами афтершоков, приурочена к депрессионной зоне, ограниченной с северо-запада и юго-востока крупными Ветвейским и Пылгинским хребтами, а с северо-востока и юго-запада – малыми хребтами – Корякского нагорья. Эта депрессионная зона достаточно хорошо обрисовывается орогидрографией района. По-видимому, зоне депрессии соответствует разломная зона северо-западного – юго-восточного простирания, отражением которой и являются резкие изгибы русла рек в зоне очага землетрясения*» (стр. 87)». Этот сейсмический аспект территории был обнаружен в [Гос. геол. карта СССР, 1987], переключался на [Карта полезных..., 1999] и получил значение элемента системы «тектоника-сейсмичность» уже в работах [Яроцкий, 2014; Яроцкий, Чотчаев, 2016; Яроцкий, 2017].

В публикациях других авторов по Хаилинскому и Олюторскому землетрясениям рассматриваются, главным образом, методические аспекты. Основным аспектом неудовлетворительных по нашему пониманию их решений является почти полное отсутствие геологической основы. Исключительной по эффективности в применении системного анализа является работа [Белявский и др., 2007].

Главным элементом системы «тектоника-сейсмичность» территории ХВЦ является трог в рельефе поверхности литосферы, над которым развит её СВ Ильпинско-Тылговаямский прогиб со стержневой локальной Вывенской впадиной. Прогиб выполнен вулканогенно-осадочными породами палеоген-миоценового возраста. Их мощность в Вывенской впадине достигает 20 км, которая сокращается на юге прогиба по мере приближения к Говенско-Пахачинскому антиклинорию (рис. 1). В прогибе отмечается относительно высокий тепловой поток (до 70 мВт/м²) [Белявский и др., 2007], что способствует формированию в осадках разреза рифтогенного режима. В верхах миоценового разреза – интенсивная углефикация, сероводородная среда с минерализацией до 246 мг/л. Разрез Вывенской впадины характеризует континентальный тип коры, а юга прогиба – океанический. Афтершоковые землетрясения концентрируются до глубины 20 км, плоскость их концентрации падает на юго-восток.

Геология прогиба согласуется с его тектоникой в продольном геолого-геофизическом разрезе с ЮЗ на СВ – это положение прогиба в погружающейся глыбе литосферы Олюторского залива [Яроцкий, Чотчаев, 2016]. Поперечные межглыбовые разломы глыбы расходятся от центральной её части с задиром горизонтов к поверхности на бортах на ЮЗ и СВ разреза. Разрез коры и литосферы прогиба является складчато-блоковым. Блоки образуют внутрикоровые СЗ разломы – они ярко проявлены сетью правосторонних притоков р. Вывенки. Разломы созданы не сейсмичностью, а являются элементами СЗ составляющей в горизонтах разреза диагональной сети трещиноватости, а их густота определена мощностью горизонтов согласно методике [Шифроновский, Плотников, 1975; Jiawei et al., 1987].

В работе [Яроцкий, 2017] изначально показано, что для объяснения выводов ранних авторов простирания Хаилинского облака они не имеют реальной тектонической ситуации – СЗ-го простирания складчатых структур на территории бассейна р. Вывенки нет. Территория является крупным региональным СВ Ильпинско-Тылговаямским прогибом (грабен-синклиналью) коры с вулканогенно-осадочным комплексом палеоген-неогена (миоцена). Комплекс выполняет локальную Вывенскую впадину – стержневую для прогиба. В целом кора и кристаллический (метаморфический) фундамент характеризуют литосферу крупного прогиба [Белявский и др., 2007]. Исследование Хаилинского события было сопоставлено нами с Олюторским событием 2006 г. И сразу возникла коллизия двух фактов: совпадение эпицентров и полная ортогональность облаков обоих землетрясений. Их исследование как элементов одной системы определило геологическое пространство положения гипоцентров землетрясений и их релаксации. Глыбово-клавишная концепция методологии привела к определению главного элемента системы «тектоника-сейсмичность» территории: разломов литосферного заложения территории проявления афтершоковой сейсмичности бассейна р. Вывенки – между двумя поперечными межглыбовыми разломами: Парень-Таловско-Тиличикским и Омолон-Каменско-Олю-

торским. В Концепции этот отрезок Олюторской тектонической зоны определён как погруженная глыба литосферы Олюторского залива (рис. 1, 2).

Главные события сейсмичности локализованы в геологическом разрезе земной коры литосферы погруженной глыбы Олюторского залива до глубин 20 км. Тектоническое положение глыбы литосферы обусловлено общим направлением геологического развития активной окраины позднемелового континента. Окраина создана тектоническими элементами: Корякским микроконтинентом с осадочным разрезом Центрально-Корякской СФЗ, ограниченного на юге Вывенско-Ватынским разломом, за ним следуют геоструктуры Олюторской тектонической зоны: Вывенская зона меланократовых пород, зона Вывенского разлома, вулканогенно-осадочный Ильпинско-Тылговаямский прогиб с локальной Вывенской впадиной, Говенско-Пахачинский прогиб, складчато-блоковый Пылгинский антиклинорий. Названные элементы возникали последовательно во времени в процессе формирования континента за счёт разрушения древних выступов и океанической коры. Типичным для этого процесса является окраинный Ильпинско-Тылговаямский прогиб (рис. 1).

Методика исследования

Упомянулось выше, что концепцией методологии исследования авторов, является глыбово-клавишная структура литосферы активных окраин континента Северо-Запада Тихоокеанского подвижного пояса. Методология её – это геолого-геофизическая система «тектоника-сейсмичность». Система состоит из элементов, взаимосвязь которых постепенно приближает модель объекта к адекватной полноте реального. В системном анализе определение элементов в системе является залогом адекватности их связи.

Геолого-геофизическая система «тектоника-сейсмичность» является предметом исследования геологии и сейсмичности объектов высокомагнитудного роя территории ХВЦ Корякского сейсмического пояса. Методом изучения элементов предмета является системный анализ – в нём исследуются структурные связи между элементами системы. По мере выявления числа элементов структурные связи становятся более определёнными и в некоем пределе необходимыми и достаточными для получения первичной модели объекта изучения. Вместе с тем, адекватность модели реальному объекту требует знания дополнительных элементов перечисленных далее, в частности, сейсмических. Последовательное наполнение элементов системы приблизит модель к завершающему виду. Объектом исследования является территория геологических структур локализации сейсмических процессов на поверхности и в разрезе сильных (с $M > 5,0$) землетрясений Хаилинского и Олюторского событий на северной окраине Берингии [Jiang et al., 2009].

Началом авторского исследования системы «тектоника-сейсмичность» было априори принятое нами решение о концепции исследования объекта системного анализа. Концепция вытекает из определения сейсмогенной тектоники территории активной окраины континента СВ Азии и места в ней Хаилинского Центра высокомагнитудного роя (ХВЦ). Основы такого понимания сейсмичности окраины территории тектоники определены авторской «Концепцией глыбово-клавишной структуры литосферы на активной окраине континента». Концепция длительно разрабатывалась и получила адекватное решение как модель тектоники окраины в Корякско-Камчатском регионе, на Сахалине и Курилах, в Японии, Новой Зеландии, Южной Америке [Яроцкий, 2014]. Наиболее полное решение в рассматриваемой проблеме сейсмичности было получено в [Яроцкий, Чотчаев, 2016]. В Концепции элементами системы активной окраины континента определены поперечные межглыбовые разломы литосферы, геоструктуры воздымающихся и погружающихся глыб литосферы [Sykes, Sbar, 1973], блоковые и складчатые геоструктуры собственно глыб и их обрамления, продольно-осевые разломы глыб, облака афтершоков сильных Хаилинского и Олюторского событий, эпицентры и гипоцентры главных толчков этих событий, горизонты разреза литосферы погруженной глыбы Олюторского залива, геологические нарушения в речной сети.

Геолого-геофизическая модель системы «тектоника-сейсмичность» территории Хаилинского Центра высокомагнитудного роя землетрясений

В бассейне р. Вывенки на юго-западе Корякского нагорья установлены и описываются [Яроцкий, 2013] следующие взаимоотношения элементов территории системы «тектоника-сейсмичность», создающих модель (рис. 1).

1. Территория Центра лежит в погруженной глыбе литосферы Олюторского залива глыбово-клавишной структуры Олюторской тектонической зоны на активной южной окраине позднемезозойско-Коряжского микроконтинента СВ Азии.

2. Погруженная (прогнутая) глыба литосферы Олюторского залива заключена между поперечными межглыбовыми литосферными Парень-Таловско-Тиличикским и Омолон-Каменско-Олюторском разломами и она включает отрезок северного фланга малой литосферной плиты Берингии на побережья Берингова моря.

3. Прогнутая глыба литосферы Олюторского залива лежит на юго-восточном окончании уникального трансрегионального трога СВ Азии в поверхности рельефа подошвы литосферы по линии «Море Лаптевых-Янский залив-село Хаилино (п. Корф)». В позднемеловое время трог служил «салазками», по которым на окраину микроконтинента наплзали тяжёлые породы морских террейнов. Они образовали надвиговый покров Олюторского террейна окраины Коряжского микроконтинента и на поверхности южного, на котором ранее сформирован перекрывавший его флиш с уникальной плотностью разломов диагональной сети на СВ Азии.

4. В палеогеновое время по всему северному сектору Берингии надвиги морских террейнов продолжались, заполняя в том числе на окраине микроконтинента Ильпинско-Тылговаямскую впадину палеоцен-миоценовыми образованиями Говенского морского террейна. Они перекрыли и флишидные отложения микроконтинента и верхнемеловые породы более раннего морского Олюторского террейна с созданием разломной сети.

5. В Ильпинско-Тылговаямском прогибе близ с. Хаилино насыщение разреза Олюторского и Говенского морских террейнов тяжёлыми породами создало аномальную вертикальную статическую геодинамическую нагрузку на его горизонты с образованием максимальных прогибов в их киях. В киях горизонтов неминуемо образовалась СЗ Хаилинская разломная зона прогиба, ортогональная его СВ простиранию. Разломная глубинная зона килей простирается по СЗ оси максимального прогиба всех горизонтов глыбы литосферы, включая верхнюю мантию к СЗ и ЮВ от с. Хаилино – Центра ХВЦ.

6. Северо-западная зона килей горизонтов глыбы залива, названная Хаилинским продольно-осевым разломом глыбы Олюторского залива, пересекается СВ осью локальной Вывенской впадины Ильпинско-Тылговаямского прогиба – так образуется вертикальная разломная глубинная колонна разреза всего ряда геоструктур глыбы Олюторского залива. Колонна названа Хаилинской гипоцентральной – в ней гипоцентры Хаилинский и Олюторский.

7. На глубине 35 км в Хаилинской колонне проходит главный толчок Хаилинского землетрясения с $M = 6,6$. Его релаксация лежит вдоль Хаилинского СЗ разлома между сейсмическими преградами: на севере – зоной Вывенско-Ватынского окраинного разлома и Вывенской зоной выходов микроконтинента фундамента с пластинами гипербазитов, и Вывенским разломом, на юге – выступами Говенско-Пылгинского антиклинория. Таким образом, формируется «аномальное» северо-западное афтершоковое Хаилинское облако, зажатое двумя преградами в Вывенской локальной впадине (рис. 2).

8. Статические и геодинамические напряжения в разрезе продолжают 15 лет (1991–2006 гг.) и их релаксация происходит на глубине 1 км. Это Олюторский главный толчок – ниже вертикальная Хаилинская колонна уже истощена ранним Хаилинским толчком. Поэтому релаксация Олюторского облака афтершоков от Хаилинского разлома направлена в обе стороны от Олюторского гипоцентра вдоль оси Вывенской впадины к СЗ и ЮЗ от с. Хаилино – по свободным направлениям корового разреза впадины с глубинами афтершоков до 20 км. Образуется Олюторское облако афтершоков, разделённое на две части зоной истощённого уже асейсмичного Хаилинского разлома – в нём нет его афтершоков!

9. За период 20062004–20190111 афтершоковая деятельность на территории эллипсов облаков обоих землетрясений незначительна. Однако, в 20 км к ЮВ от их эпицентров произошло 20180406 Левтыриниваямское землетрясение с $M = 5,0$ – фактически в зоне Хаилинского разлома к ЮЗ за пределами его истощённой зоны между упомянутыми выше преградами.

Структурные связи элементов дают ожидаемую геолого-геофизическую модель. Установление структурных связей между принятыми нами элементами эффективно в принятой авторской методологической концепции глыбово-клавишной структуры литосферы активных окраин континента. Другие элементы геологии и геофизики будут использованы в последующих исследованиях.

Характеристика подошвы Окраинноморского литосферного блока на Северо-Востоке Азии

Выше упомянуто значение представлений о структуре литосферы в наших исследованиях. Это относится к «Карте рельефа подошвы литосферы» [1995]. Её краткое описание по СВ Азии даёт основание нам считать элементы рельефа частью исследуемой системы «тектоника-сейсмичность».

На всей территории России подошва литосферы сравнительно однородна в геоморфологии залегания её блоков. Вместе с тем, две территории – озеро Байкал и Северо-Восток Азии отличаются сильной изменчивостью глубин подошвы литосферы. Изменчивость выражается в широком распространении на названных территориях зон резкого изменения глубины залегания подошвы литосферы. Эти зоны являются высокоградиентными перепадами глубин, достигающих более 40 км!

Для Окраинноморского блока литосферы СВ Азии такая насыщенность зонами перепада глубин отражает максимальную напряжённость геодинамических и энергетических напряжений верхней мантии Чукотки, правобережья Колымы и Морской транзитали. Их территория включает сушу севера побережья Берингова моря от р. Камчатки через Камчатский перешеек на северо-восток вплоть до мыса Дежнёва (168° в.д.). На суше Северо-Востока это территория от Берингова моря до побережья Восточно-Сибирского моря через всё Приколымье. Всей этой территории противостоит Морская транзиталь СВ Азии, характеризующаяся узкими мантийными гребнями, чередующимися с такими же узкими (100–150 км) и глубокими трогами. Такие чередования создают решётчатый тип расположения длинных осей мантийного рельефа. Картина подобная Байкалу. Заметим, что уже для Восточной Камчатки (южнее 56° с.ш.) преобладающими морфоструктурами рельефа являются цепочки мелких астеносферных диапиров.

Высокоградиентные зоны, участки крутосклонного рельефа, зоны торцового сочленения мантийных морфоструктур и т.д. в целом служат индикаторами глубинности тектонических форм приповерхностных частей земной коры – рифтов, шовных зон, вулканических и сейсмических поясов, а также служит для прогноза геопатогенных зон.

Наибольший интерес для рассматриваемых аспектов сейсмичности северного побережья Берингова моря представляет территории Морской транзитали к юго-востоку от линии г. Магадан – мыс Шмидта. На ней наиболее яркими являются две высокоградиентные СВ линии. Первая – п. Оссора – г. Анадырь СВ простирания длиной около 1000 км. Вторая – торцовая ей линия «Море Лаптевых – Янский залив – с. Хаилино (п. Корф)» и далее Олюторский залив Берингова моря. Эта линейная троговая зона имеет ЮВ простирание (135°) на протяжении около 1700 км. Для зоны п. Оссора – г. Анадырь характерно проявление сейсмичности с $M = 3,0$ и фоновой – с M до 2,5, определяющей как сейсмогеологический пояс вместе с региональными положениями ряда сильных землетрясений. Это последовательный ряд: Анадырское (1986 г., $M = 5,2$), Корякское (1981 г., $M = 5,9$), Хаилинское (1991 г., $M = 6,6$), Олюторское (2006 г., $M = 7,6$), Ильпырское (2013 г., $M = 5,8$). Именно этот ряд определил Корякский сейсмический пояс, сопряжённый на поверхности с Чукотско-Корякским миоценовым поясом побережья с завершением четвертичным андезибазальтовым вулканизмом. Оба пояса определяют северное обрамление малой литосферной плиты Берингия. Сейсмичность и вулканизм – достаточные признаки перестройки верхней мантии. Поэтому вероятно ожидание сейсмических событий в поясе.

Вывенская локальная впадина

ИЛЬПИНСКО-ТЫЛГОВАЯМСКОГО ПРОГИБА

Прогиб, как грабен-синклиналь, начал своё формирование в эоцене за счёт размыва комплексов в поднятиях фундамента Корякского микроконтинента. Его вулканогенно-осадочные образования последовательно в палеоцене-олигоцене-миоцене отличались, в т.ч. и угленосными фациями. Фундаментом их разреза являются метаморфогенные образования (кристаллический фундамент, согласно [Мороз, 1987]).

Максимум осадков примыкает к южной окраине микроконтинента, образуя первоначальную локальную Вывенскую впадину. Её ось совпадает с современной южной русловой частью долины р. Вывенки, будучи разорванной по линии её Хаилинского геоморфологического феномена близ с. Хаилино. Мощность комплексов достигает 20 км, а кровля литосферы лежит около 40–43 км (гори-

зонт М). Особенностью комплекса является подъем его горизонтов к поперечному межглыбовому Парень-Таловско-Тиличическому разлому на западе. Близ п. Тиличики установлены сильные задиры к поверхности границ горизонтов (K_1 , K_2 , K_3) и горизонтов М (Мохо) и M_1 (границы мантии) [Белявский и др., 2007]. Аналогичные задиры на востоке прогиба – к Омолон-Каменско-Олюторскому разлому [Нурмухамедов, 2001].

Вывенская впадина является долгоживущей современной геологической и сейсмической структурой прогиба. Она и современный объект сейсμοдинамических напряжений и релаксации возможных сильных землетрясений.

Началу образования Ильпинско-Тылговаямского прогиба в эоцене предшествовала в позднем мелу обдукция офиолитовых пород – вспаривание на глубину обширного Ватынского надвига на Корякский микроконтинент. Вспаривание обязано мантийному трогу в рельефе подошвы литосферы «Море Лаптевых-Янский залив-с. Хаилино (п. Корф)» – по нему как по салазкам продвигались на СЗ морские террейны. Их давление в троге привело к возникновению вывенских бортовых СВ разломов на севере прогиба. По ним скользили на глубину пластины гипербазитов террейнов. На пластины ложились осадки Вывенской впадины.

Образование локальной Вывенской впадины является неизбежным. Эта неизбежность в геодинамике осадконакопления прогнутого фундамента от краёв Олюторского залива глыбы литосферы до подъёма от соседних воздымающихся глыб – полуостровов Говена-Ильпинского-Ильпыр (на западе) и Олюторского (на востоке) к середине – Вывенской впадине. Впадина образовалась сразу после геодинамического погружения литосферы глыбы Олюторского залива. Погружение – максимально в кляях осадков всех формационных горизонтов литосферы глыбы. Кили маркируют в глыбе залива некий рифтогенный региональный СЗ разлом системы последовательных во времени СЗ череды глыб, разрезы которых в современных срезах отражают геологические периоды их развития. Глыбы – от древних по кайнозойские являлись звеньями последовательных с северо-запада на юго-восток продольных региональных геоструктур СВ простирания на окраинах континента. Продольно-осевые разломы глыб всегда поперечны продольным разрезам глыб. Они проходят через кили трогов, либо через замки горизонтов разреза. В зависимости от глубины килей или замков они могли иметь разные тектонические режимы вплоть до рифтогенных, маркируемых угленосными фациями. В глыбе Олюторского залива кили горизонтов лежат на вертикали, которая образует глубинную продольно-осевую плоскость её разреза. В этой плоскости – продольно-осевой разлом – Хаилинский разлом килей горизонтов. Однако в случае воздымающейся глыбы п-овов Говена-Ильпыр-Ильпинский уже не кили, а замки горизонтов образуют поднятый Малетойваямский продольно-осевой разлом. Он проходит через горизонты Ильпинского поднятия. Эта вертикаль – Хаилинская порово-трещинная сейсмогенная колонна с Хаилинским и Олюторским гипоцентрами.

Геоморфология площади Хаилинского и Олюторского эпицентров

Территория ХВЦ исключительна в картине Хаилинской геоморфологии площади среднего течения р. Вывенки. Это уже выше упомянутый геоморфологический Хаилинский феномен русла р. Вывенки близ с. Хаилино – его ортогональный поворот от ЮЗ на ЮВ на 12,5 км, а затем возврат на ЮЗ направление как продолжение в зоне Хаилинского разлома. Трассирование феномена на ЮВ по геологическим и геофизическим особенностям выводит геологическое его нарушение через русло р. Малерваям на ЮВ (230°) – через русло реки Кимлинваям в фиорд бухты Сомнения. Это линия Хаилинского сейсмогенного разлома! На его юге – землетрясение №13.

Положение эпицентров главных толчков, с учётом 20 м погрешности вычислений, определяет их место близ озера Наюю-Гэтхын у г. Плоской (выс. 342). Это примерно середина Тылговаямской впадины, образованной сетью рек Тылговаям, Хатапваям, Куюл, Егилваям. Её размеры 12×40 км по СВ простиранию от положения Хаилинского разлома. По линии г. Майни-Наюю (г. 591), оз. Наюю-Гэтхын, русло Хатапваям-Тыговаям впадина торцово перекрывается котловиной озера (рис. 2).

В общем виде эпицентральная область Хаилинского и Олюторского землетрясений локализуется на площади локальной Тылговаямской впадины, причленённой к Вывенской впадине с юга на её висячем ЮВ крыле зоны Вывенского разлома. ЮВ впадины на севере лежит на пластинах гиперба-

зитов ЮВ падения Вывенской зоны выходов меланократового фундамента. Возможно, что отложения впадины могли испытывать геодинамические подвижки вдоль плоскости пластин. Тылговаямская впадина лежит в зоне Хаилинского разлома.

Геоструктурной позицией Тылговаямской впадины является её положение на вертикали места килей горизонтов разреза литосферы. Эта вертикаль отражает Хаилинскую сейсмогенную трещинно-поровую колонну. Колонна лежит в вертикальной плоскости Хаилинского продольно-осевого разлома. Впадина прилегает к южному борту Ильпинско-Тылговаямского прогиба. Борт отражён на глубинах около 20 км падением афтершоков на юго-восток [Ландер и др., 2007] под поднятие Говенско-Пылгинского антиклинория и показывает положение сейморазрывов на поверхности и положение эпицентров на разрыве между северными и центральными разрывами.

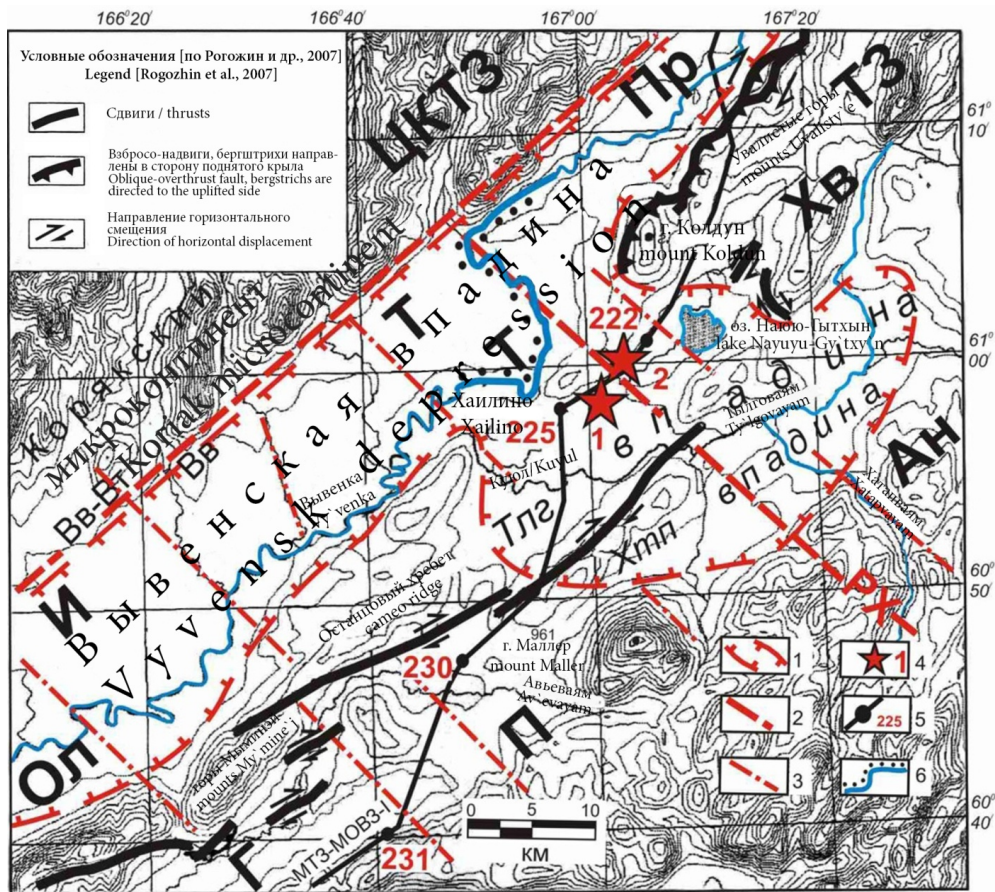


Рис. 2. Схема юго-западного и центрального участков зоны сеймотектонических нарушений [по Рогожин и др., 2007] Олюторского землетрясения в тектонике территории Хаилинского центра высокомагнитудного роя. Корякский сейсмический пояс. Геотектонические структуры и элементы системы «тектоника-сейсмичность»:

Vv-Vt – глубокий Вывенско-Ватынский разлом на границе Центрально-Корякской (ЦКТЗ) и Олюторской (ОЛТЗ) тектонических зон – окраина позднемезозойского Корякского микроконтинента; ИТПр – Ильпинско-Тылговаямский прогиб; ГПАН – Говенско-Пылгинский антиклинорий; Хв – Хакинский выступ фундамента; локальные впадины прогиба: Тлг – Тылговаямская, Хтп – Хатапваямская. Элементы системы: 1 – границы ИТПр Олюторской ТЗ и его локальных впадин: Вывенской, Тылговаямской, Хатапваямской; разломы: 2 – РХ – продольно-осевой Хаилинский разлом погруженной глыбы литосферы Олюторского залива, Вв – Вывенский разлом; 3 – блоковые разломы прогиба; 4 – эпицентры землетрясений: 1 – Хаилинского (1991), 2 – Олюторского (2006); 5 – профиль МТЗ-МОВЗ-1, его пикеты [по Белявский и др., 2007]; 6 – геоморфологический феномен р. Вывенки – ортогональный поворот русла в зону Хаилинского разлома. /

Fig. 2. Scheme of the southwestern and central sections of the zone of seismotectonic disturbances [according to Rogozhin et al., 2007] Olyutor earthquake in the tectonics of the territory Khailinsky center of high-magnitude swarm. Koryak seismic belt. Geotectonic structures and elements of the tectonics-seismicity system:

Vv-Vt – deep Vyvensko-Vatynsky fault on the border of the Central Koryak (CKTZ) and Olyutorsk (OITZ) tectonic zones – the margin of the Late Mesozoic Koryak microcontinent; ITPr – Ilpinski-Tylgovayam trough; GPAN – Gowensko-

Pylginsky anticlinorium; Hv - Khakinsky ledge of the foundation; local trough troughs: Tlg - Tylgovayamskaya, Khtp - Hatapvayamskaya. Elements of the system: 1 - the boundaries of the ITR of the Olutorsk TK and its local depressions: Vyvenskaya, Tylgovayamskaya, Hatapvayamskaya; faults: 2 - PX — longitudinal-axial Khailinsky fault of a submerged block of the lithosphere of Olyutor Bay, Vv — Vyvensky fault; 3 - block faults deflection; 4 - epicenters of earthquakes: 1 - Khailinsky (1991), 2 - Olyutorsky (2006); 5 - MTZ-MOVZ-I profile, its pickets [according to Belyavsky et al., 2007]; 6 - geomorphological phenomenon of the river. Alignments - orthogonal turn of the channel into the Khailinsky fault zone

общая геология возникновения аномалий высокомагнитудного роя сейсмичности Хаилинского центра

На окраине поздне мелового Корякского микроконтинента на площади юго-западного окончания литосферного трога «Море Лаптевых – Янский залив – с. Хаилино (п. Корф)» в рельефе подошвы литосферы лежит СВ Ильпинско-Тылговаямский региональный прогиб. По трогу [Карта рельефа..., 1995] на окраину напользают тяжёлые морские террейны (ватынская свита с гипербазиитами) [Гос. геол. карта СССР, 1987; Гос. геол. карта РФ, 2000; Карта полезных..., 1999], углубляя его. Поэтому прогиб, образованный с палеоцена за счёт размыва окраин микроконтинента, имеет мощность литосферы около 43 км и в максимальной мощности его коры и верхней мантии лежит Вывенская локальная впадина. А глубина трога здесь достигает 60 км на высокотемпературной зоне подошвы литосферы! [Карта рельефа..., 1995]. На окраину продолжают напользывать образования палеогенового террейна. Они ложатся на более ранний поздне меловой террейн, перекрывая его. Глубинное сочленение фронтов террейнов образует шовную структуру, а их пересечение порождает трещинную колонну с Хаилинским и Олюторским гипоцентрами.

Каким же образом формируются глубинные условия, приведшие к землетрясениям Хаилинскому и Олюторскому? Хаилинский продольно-осевой разлом погруженной глыбы Олюторского залива является сейсмогенной разломной геоструктурой на протяжении длинной оси Хаилинского СЗ облака афтершоков от землетрясения №13, через с. Хаилино и до его ограничения на севере на р. Куюл. В процессе релаксации геологический разрез зоны разлома изменяется по своим свойствам и зона становится асейсмичной. Поэтому при релаксации Олюторского толчка зона разлома не имеет афтершоков. И когда Олюторский гипоцентр локализуется на глубине 1 км, его релаксация направлена по свободному пути разреза на ЮЗ и СВ – ортогонально Хаилинскому разлому! Этот путь – вдоль продольной оси Вывенской впадины и он проявился в следах на поверхности – сейсморазрывах [Рогожин и др., 2007]. На поверхности сейсморазлом главного толчка от г. Мыминэй до р. Тылговаям проходит по выходам на поверхность образований олигоцена (алугинская свита). В рельефе это северная окраина цепочки гор Яхтынын, Мылкан, Останцового до р. Тылговаям (рис. 2). Сочленение впадины с бортом горста Говенско-Пылгинского антиклинория является, видимо, сейсмогенным. Это отражение – по глубинам сильных афтершоков ($M > 5,0$).

В 2018 году 6 апреля в сейсмогенном Хаилинском разломе произошло Левтыринваямское событие с $M = 5,0$. Подобной силы афтершоки несут опасность раннее повреждённым и осложненным зданиям и сооружениям. Видимо совокупность геодинамических факторов начинает действовать при усилении давлений в процессе движения на запад всей плиты Берингии.

Ретроспективное развитие геодинамических событий на территории хаилинского центра в корякском сейсмическом поясе

Сейсмичность территории Хаилинского высокомагнитудного роя уникальна в силу сопряжённости с элементами геотектоники столь же уникальной тектонической геолого-геофизической системы – трога рельефа подошвы литосферы по линии «Море Лаптевых-Янский залив - село Хаилино (Корф)». Сейсмичность – явление планетарных процессов на СВ Азии и отражает геодинамическую напряжённость стояния подошвы [Карта рельефа..., 1995] литосферы, как минимум, на северном обрамлении малой литосферной плиты Берингии – на территории Морской транзитали окраинноморского блока литосферы СВ Азии. За небольшой период инструментальных наблюдений сейсмичности, сопряженной с позднекайнозойским вулканизмом северного побережья

Берингова моря, в поясе выстроился ряд исторически сильных землетрясений [Ландер и др, 1994; USGS National Earthquake...; Basham et al., 1977]: Анадырское (1986), Корякское (1988), Хаилинское (1991), Олюторское (2006), Ильпырское (2013), Левтыринвяямское (2018). Их идентификация магнитудами 5,0–7,6 является свидетельством и, видимо, итогом энергетических процессов литосферы и её перестройки, отражённой в рельефе подошвы литосферы всей Морской транзитали СВ Азии. В настоящее время в Берингии против Олюторской акватории отсутствуют очевидные следы палеозоны Беньоффа. Морские террейновые надвиги позднего мела и палеогена на глубину около 120 км на сушу окраины Корякского микроконтинента являются фактом классики взаимодействия суши и океана на СВ Азии.

И в этой классике авторская «Глыбово-клавишная структура литосферы активных окраин континента» является эффективным путём познания связей структурных элементов объектов в системе «тектоника-сейсмичность». Методология – «Концепция структуры литосферы», основанная на системном анализе, в полной мере адекватна классическому афоризму Чарльза Дарвина: Наука заключается в такой группировке фактов, которая позволяет выводить на основании их общие законы и заключения!

Литература

1. Апрельков С.Е., Декина Г.И., Попруженко С.В. Особенности геологического строения Корякского нагорья и бассейна р. Пенжины. // Тихоокеанская геология. – 1997. – Т. 16. №2. – С. 46–57.
2. Белявский В.В., Золотов Е.Е., Ракитов В.А. и др. Глубинная сейсмогеоэлектрическая модель Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и Центрально-Корякской складчатой зоны в пределах профиля Корф-Верхнее Пенжино. // Олюторское землетрясение 20(21) апреля 2006 г. Корякское нагорье. Первые результаты исследований. – Петропавловск-Камчатский. – 2007. – С. 277–288.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации м-ба 1:200 000. Изд. второе. Серия Олюторская. Лист Р-58-XXXV. О-58-V (Тиличики). // Составители Кравченко Л.И., Разумный А.В. – 2000. – 117 с.
4. Государственная геологическая карта СССР м-ба 1:200 000. Серия Корякская. Лист Р-58-XXXII. // Составители Кравченко Л.И., Мишин В.Ф. – 1987. – 147 с.
5. Зобин В.М., Бахтияров В.Ф., Борисенко В.Н. и др. Корякское землетрясение 8 марта 1991 г. // Землетрясения в СССР в 1991 году. – М.: Наука, 1997. – С. 76–88.
6. Карта полезных ископаемых Камчатской области. Масштаб 1:500 000. // Гл. редакторы А.Ф. Литвинов, Н.Г. Патока, Б.А. Марковский. Отв. редакторы Ю.Ф. Фролов, А.А. Коляда, А.И. Поздеев, Л.Е. Павлова. – С.-Пб ВСЕГЕИ, 1999. – 19 л.
7. Карта рельефа подошвы литосферы России. Масштаб 1: 10 000 000. Объяснительная записка. В.В. Соловьёв, В.М. Рыжкова. – М. – СПб.: Роскомнедра, ВСЕГЕИ, 1995. – С. 187–194.
8. Ландер А.В., Букчин Б.Г., Дроздин Д.В. и др. Тектоническая позиция и очаговые параметры Хаилинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 г.: существует ли плита Берингия? // Выч. сейсмология, вып. 26. – М.: Наука, 1994. – С. 103–122.
9. Ландер А.В., Левина В.И., Иванова Е.И. Олюторское землетрясение 20(21) апреля 2006г. $M_w=7,6$: сейсмическая история региона и предварительные результаты исследования серии афтершоков. // Олюторское з-ние 20(21) апреля 2006 г. Корякское нагорье. Первые рез. исследований. – П.-Камчатский. – 2007. – С. 14–33.
10. Ландер А.В., Левина В.И., Митюшкина С.В. Хаилинское землетрясение 1991 г. ($M=6,6$) – форшок Олюторского 2006 г. ($M=7,6$)? (Тектонофизический взгляд на проблему). // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Второй региональной научно-технической конференции, 11–17 октября 2009 года. – Петропавловск-Камчатский. – 2010. – С. 136–140.
11. Мороз Ю.Ф. Глубинное строение юго-западной части Корякского нагорья. // Советская геология. – 1987. – №5. – С. 118–123.
12. Нурмухамедов А.Г. Геоэлектрический разрез верхней части земной коры по профилю Нижняя Облуковина-Андриановка (Камчатка). // Тихоокеанская геология. – 2001. – Т. 20. №2. – С. 13–23.
13. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В. и др. Олюторское землетрясение в Корякии 20 (21) апреля 2006 г., Результаты геологического и макросейсмического изучения эпицентральной

области. // Олюторское землетрясение (20(21) апреля 2006 г. Корякское нагорье). Первые результаты исследования. / Отв. ред. В.Н. Чебров. – Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2007. – С. 170–206.

14. Яроцкий Г.П. Тектонический феномен Хаилинского землетрясения 8 марта 1991 г. на Юго-Западе Корякского нагорья. // Геодинамика. – 2013. – №1(14). – С. 110–123.

15. Яроцкий Г.П. Поперечные дислокации активных окраин континентов Тихоокеанского рудного пояса. Геофизические исследования. Книги 2 и 3. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во ФГБОУ ВПО «Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга», 2014. – 319 с.

16. Яроцкий Г.П. Глыбово-клавишная структура литосферы активной окраины континента на СВ Азии. Корякско-Камчатский регион. // Геология и геофизика Юга России. – 2017. – №2. – С. 135–151.

17. Яроцкий Г.П. Чотчаев Х.О. Тектоническая предопределённость Хаилинского землетрясения на Юго-Западе Корякского нагорья. // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №4. – С. 144–163.

18. Шафрановский И.И., Плотников Л.М. Симметрия в геологии. – Л.: Недра, 1975. – 144 с.

19. Basham P.W., Forsyth D.A., Wetmiller R.J. The seismicity of Northern Canada. // Canadian Journal of Earth Sciences. – 1977. – V. 14. – Pp. 1646–1667.

20. Mackey K.G., Fujita K., Gunbina L.V. et al. Seismicity of the Bering Strait region: evidence for a Bering block. // Geology. – 1997. – V. 25. – Pp. 979–982.

21. Stein S., Cloetingh S. et al. Passive margin earthquakes, stresses and rheology. // Earthquakes at North-Atlantic passive margins: Neotectonics and postglacial rebound. – 1989. – Pp. 231–259.

22. Sykes L.R., Sbar M.L. Intraplate earthquakes, lithospheric stresses and the driving mechanism of plate tectonics. // Nature. – 1973. – V. 245. – Pp. 298–302.

23. Jiawei X., Guang Z., Weixing T., Kerei C., Qing L. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: a major shear system to the northwest of the Pacific Ocean. // Tectonophysics. – 1987. – Vol. 134. No. 4. – Pp. 273–310.

24. Jiang, Zhao D., Zhang F., Zhang F. Seismic tomography of the Pacific Slab edge under Kamchatka. // Tectonophysics. – 2009. – No. 465. – Pp. 190–203.

25. USGS National Earthquake Information Centre <http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic.html>

References

1. Aprelkov S.E., Dekina G.I., Popruzhenko S.V. Features of the geological structure of the Koryak Upland and the river Penzhin basin. Pacific Geology. 1997. Vol. 16. No. 2. pp. 46–57. (In Russ.)

2. Belyavskii V.V., Zolotov E.E., Rakitov V.A. et al. Deep seismic geoelectric model of the Okhotsk-Chukotka volcanic belt and the Central Koryak fold zone within the Korf-Upper Penzhino profile. Olyutor earthquake on April 20 (21), 2006, Koryak plateau. The first research results. Petropavlovsk-Kamchatsky. 2007. Pp. 277–288. (In Russ.)

3. The state geological map of the Russian Federation in a scale 1: 200 000. Second edition. Series Olyutorsky. Sheet P-58-XXXV. O-58-V (Tilichiki). Compiled by Kravchenko L.I., Razumnyi A.V. 2000. 117 p. (In Russ.)

4. The state geological map of the USSR in a scale 1: 200 000. Series Koryaksk. Sheet P-58-XXXII. Compiled by Kravchenko L.I., Mishin V.F. 1987. 147 p. (In Russ.)

5. Zobin V.M., Bakhtiarov V.F., Borisenko V.N. et al. Koryak earthquake on March 8, 1991. Earthquakes in the USSR in 1991. M. Nauka, 1997. pp. 76–88. (In Russ.)

6. Map of mineral resources of the Kamchatka region. Scale 1: 500 000. Editors in Chief A.F. Litvinov, N.G. Patoka, B.A. Markovskii. Publishing editor Yu.F. Frolov, A.A. Kolyada, A.I. Pozdeev, L.E. Pavlova. S.-Pb VSEGEI, 1999. 19 sheets (In Russ.)

7. Relief map of the lithosphere bottom of Russia. Scale 1: 10 000 000. Explanatory note. V.V. Solov'ev, V.M. Ryzhkova. M. SPb. Roskomnedra, VSEGEI, 1995. pp. 187–194. (In Russ.)

8. Lander A.V., Bukchin B.G., Droznin D.V. et al. Tectonic position and focal parameters of the Khailinsk (Koryak) earthquake on March 8, 1991: does the Beringia plate exist? computational seismology, Vol. 26. M. Nauka, 1994. pp. 103–122. (In Russ.)

9. Lander A.V., Levina V.I., Ivanova E.I. Olyutor earthquake on April 20 (21) 2006 Mw = 7.6: seismic history of the region and preliminary results of the study of the aftershock series. Olyutorsk earthquake,

April 20 (21), 2006, Koryak Upland. The first results of researches. Petropavlovsk-Kamchatsky. 2007. pp. 14–33. (In Russ.)

10. Lander A.V., Levina V.I., Mityushkina S.V. The Khaili earthquake of 1991 ($M = 6.6$) - foreshock of Olyutor 2006 ($M = 7.6$)? (Tectonophysical view of the problem). Problems of integrated geophysical monitoring of the Russian Far East. Proceedings of the Second Regional Scientific and Technical Conference, October 11–17, 2009. Petropavlovsk-Kamchatsky. 2010. pp. 136-140. (In Russ.)

11. Moroz Yu.F. The deep structure of the southwestern part of the Koryak upland. Soviet geology. 1987. No. 5. pp. 118–123. (In Russ.)

12. Nurmukhamedov A.G. Geoelectric section of the upper part of the earth's crust along the Lower Oblukovina-Andrianovka (Kamchatka) profile. Pacific Geology. 2001. Vol. 20. No. 2. pp. 13–23. (In Russ.)

13. Rogozhin E.A., Ovsyuchenko A.N., Marakhanov A.V. et al. Olyutor earthquake in Koryakia on April 20 (21), 2006, Results of geological and macroseismic observations of the epicenter area. Olyutor earthquake (April 20 (21), 2006, Koryak plateau). The first research results. Publishing editor V.N. Chebrov. Petropavlovsk-Kamchatsky, GS RAS, 2007. pp. 170–206. (In Russ.)

14. Yarotskii G.P. Tectonic phenomenon of the Khaili earthquake on March 8, 1991 in the South-West of the Koryak Upland. Geodynamics. 2013. No. 1 (14). pp. 110–123. (In Russ.)

15. Yarotskii G.P. Transverse dislocations of the active margins of the continents in the Pacific ore belt. Geophysical explorations. Books 2 and 3. Petropavlovsk-Kamchatsky, Publishing House of FSBEI HPE “Kamchatka State University named after Vitus Bering”, 2014. 319 p. (In Russ.)

16. Yarotskii G.P. The block-key structure of the lithosphere in the active margin part of the continent in NE Asia. Koryak-Kamchatka region. Geology and geophysics of Russian South. 2017. No. 2. pp. 135–151. (In Russ.)

17. Yarotskii G.P. Chotchaev Kh.O. Tectonic predetermination of the Khailing earthquake in the South-West of the Koryak upland. Geology and geophysics of Russian South. 2016. No. 4. pp. 144–163. (In Russ.)

18. Shafranovskii I.I., Plotnikov L.M. Symmetry in geology. L. Nedra, 1975. 144 p. (In Russ.)

19. Basham P.W., Forsyth D.A., Wetmiller R.J. The seismicity of Northern Canada. Canadian Journal of Earth Sciences. 1977. Vol. 14. pp. 1646–1667.

20. Mackey K.G., Fujita K., Gunbina L.V. et al. Seismicity of the Bering Strait region: evidence for a Bering block. Geology. 1997. Vol. 25. pp. 979–982.

21. Stein S., Cloetingh S. et al. Passive margin earthquakes, stresses and rheology. Earthquakes at North-Atlantic passive margins: Neotectonics and postglacial rebound. 1989. pp. 231–259.

22. Sykes L.R., Sbar M.L. Intraplate earthquakes, lithospheric stresses and the driving mechanism of plate tectonics. Nature. 1973. Vol. 245. pp. 298–302.

23. Jiawei X., Guang Z., Weixing T., Kerei C., Qing L. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: a major shear system to the northwest of the Pacific Ocean. Tectonophysics. 1987. Vol. 134. No. 4. pp. 273–310.

24. Jiang, Zhao D., Zhang F., Zhang F. Seismic tomography of the Pacific Slab edge under Kamchatka. Tectonophysics. 2009. No. 465. pp. 190–203.

25. USGS National Earthquake Information Centre <http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic.html>