

ISSN 2221-3198

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА ЮГА РОССИИ

№ 4 / 2017



УДК 551:243.5:550.34.06

DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9532

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ПРОГНОЗА УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧНОСТИ (ЮГО-ЗАПАД КОРЯКСКОГО НАГОРЬЯ)

© 2017 Г. П. Яроцкий¹, к.г.-м.н., Х. О. Чотчаев²

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Россия, 683006, Камчатский кр., г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, 9, e-mail: ecology@kscnet.ru;

²Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а, e-mail: cgi_ras@mail.ru

Рассмотрены сейсмичность и геологические условия локализации сильных землетрясений с $M \geq 5,2$ площадей разрабатываемых россыпей платиноидов погружённой глыбы литосферы Олюторского залива Корякии окраины континента. Показаны условия возникновения землетрясений и для площадей, готовых к освоению месторождений золота и самородной серы и в воздымающейся глыбе литосферы в горах Корякского нагорья. Сейсмичность этой территории в целом является прогнозируемой на базе геолого-геофизической изученности и перспектив её освоения в стратегии до 2025-2030 годов развития края, что станет основой обеспечения безопасности жизнедеятельности населения осваиваемых окраин России. Показаны два типа геоструктур локализации сильных землетрясений на ЮЗ Корякского нагорья.

Методология исследования лежит в классике разломно-блоковой тектоники, выраженной в авторской Концепции глыбово-клавишной структуры литосферы на активных окраинах континента.

Ключевые слова: землетрясение, складчатые и разломные структуры, глыбово-клавишная, литосфера, активные окраины континента, Корякское нагорье, СВ Азии.

Введение

Юго-запад Корякского нагорья обрамляет с севера Берингово море, которое в тектонической делимости литосферы покрывает малую литосферную плиту Берингию. Плита обрамлена вулканическими и сейсмическими полюсами горных хребтов суши и островных дуг. На её севере поясами маркируется территория протяжённостью в Камчатском крае около 600 км и простирается далее на Чукотку. В середине территории в бассейне р. Вывенки произошли сильные Хаилинское (08.03.1991 г., $M \geq 6,6$) и Олюторское (20.04.2006 г. $M \geq 7,6$) землетрясения (рис. 1).

Землетрясения расположены на юго-западе Корякского сейсмического пояса, выделенного В. А. Ландером с соавторами [Ландер и др., 1994] на южном побережье северо-востока России вдоль хребтов Корякского нагорья от р. Анапки на Камчатском перешейке (60° с.ш.) до Анадырьского залива и Чукотского п-ова на Чукотке. Эти землетрясения дали авторам в оценке сейсмичности территории ясный ответ на природу пояса как северного обрамления малой литосферной плиты Берингии. Территория пояса ранее была квалифицирована как сейсмогенная с событиями с $M \geq 3,0$ и называвшаяся тогда слабо сейсмичной. Но состоявшееся в 1988 г. Корякское землетрясение с $M \geq 5,9$ близ вершины нагорья г. Ледяной (выс. 2553 м.), затем Хаилинское и Олюторское усилили аспекты сейсмичности. Это под-



Рис. 1. Положение объекта исследования – Хаилинского (8 марта 1991 г.) и Олюторского (20 (21) апреля 2006 г.) землетрясений.

○ – землетрясения; ● – населённые пункты; ■ – месторождения

тверждалось чередой сильных афтершоков последнего, продолжающихся и по сей день (июль 2017 г.), а также Ильпырским событием (2013 г., $M \geq 6,2$). Все четыре землетрясения характеризуют территорию юго-запада нагорья, расположенную в вулканических поясах юга СВ Азии.

Территория исследования – малонаселенная и является первозданной в природе. На ней несколько поселений – с. Хаилино, пос. Тиличики (райцентр) и пос. Корф (в н/время ликвидирован), прииски платиноидов Сейнав-Гальмознанского узла, угольный карьер Корфский, сезонный рыбный промысел лосося на нерестовых реках, временные дороги. В 75 км к западу от пос. Тиличики начаты работы по разработке к освоению эпитермальных месторождений золота во вторичных кварцитах Малетойваямского и Юбилейного месторождений.

Олюторское землетрясение сильно встревожило, в первую очередь, Правительство края, а также сейсмологов Камчатского филиала ГС РАН, так как показало низкий уровень технической готовности социальной инфраструктуры территории к сейсмическим проявлениям катастрофического характера [Викулин, Мелекесцев, 2006], а разрушения зданий и сооружений показали степень опасности для жизнедеятельности населения – вплоть до ликвидации разрушенного пос. Корф. По нашему мнению, сложившемуся в результате анализа сейсмичности территории, существенным недостатком в её исследовании является очень низкая доля геологической информативности в системном подходе к проблеме. Эту часть, как основу системного анализа к построению прогнозных аспектов освоения территории, авторы статьи предлагают восполнить.

Геологический фактор прогноза устойчивости горных площадей рассматривается нами в условиях возникновения землетрясений на материковой части суши СВ Азии, которая представлена Морской транзиталью на карте рельефа подошвы литосферы [Карта рельефа..., 1996]. В прилегающей акватории Берингова моря на СВ Азии отсутствует современная зона Беньофа – Вадати – Заварицкого, характеризующая сочленение океанической и материковой коры. Как известно, это сочленение близ Камчатки носит название Курило-Камчатского сейсмического пояса. Высказа-

но мнение [Ландер и др., 1994, 2007], что Хаилинское и Олюторское землетрясения связаны с северной окраиной малой литосферной плиты Берингия, расположенной под водами Берингова моря. Землетрясения стали, в известной степени, неожиданными для сейсмологов и потребовали несколько иной интерпретации, чем землетрясения в Курило-Камчатском поясе. Они обратились к поиску геологических структур, в которых локализируются названные выше землетрясения.

С нашей точки зрения обращение к геоструктурам локализации и релаксации землетрясений лежит в сфере знаний о геологическом разрезе суши северной окраины Берингии. Именно здесь, в геологии и её тектонике, лежат ответы на процессы сейсмичности. И здесь возникает более вероятное направление исследования развития сейсмичности.

Общая геолого-геофизическая характеристика территории

Геологические условия сейсмогенных структур Корякского сейсмического пояса рассматриваются на примере территории Хаилинского сейсмического узла [Яроцкий, 2016], возникшего вследствие сопряжённых единым гипоцентром и облаков сильных землетрясений: Хаилинского и Олюторского. Территория их облаков покрыта аэромагнитной и гравиметрической съёмкой масштаба 1:200000 в XX веке, пересечена профилями МТЗ-МОВЗ [Белявский и др., 2007.; Нурмухамедов, 2016], а землетрясения исследованы А. В. Ландером с соавторами в 1994 г. и в 2007 г. Территория обеспечена геологическими полистными съёмками масштаба 1:200000, схемой тектонического районирования – единственной классической работой С. Е. Апрелькова с соавторами [Апрельков, 1997]. Следует отметить и работу С. А. Федотова с соавторами [Федотов, 2011].

Территория Хаилинского узла определяется нами как геологические структуры с облаками форшоков и афтершоков обоих землетрясений – от их начала по настоящее время (07.2017 г.). В зоне воздействия облаков либо вблизи их расположены редкие населённые пункты (с. Хаилино, пос. Тиличики, Корф), полигоны разработки россыпей платиноидов Сейнав-Гальмознанского рудного узла. С ними связана инфраструктура, включая грунтовые дороги, аэродром и вертолётные площадки.

При Олюторском землетрясении здания и сооружения села и посёлков получили сильные разрушения (пос. Корф вообще ликвидирован), но на приисках повреждений техники и зданий не отмечено. Вместе с тем, отмечено сильное психофизическое влияние на людей – головные боли, головокружения, страх! На расстоянии до 307 км (пос. Оссора на Камчатском перешейке!) произошли III-IV-х балльные сотрясения (по шкале разрушений), а III-х балльные – на расстоянии 393 км. (с. Ивашка на перешейке)! Макросейсмическое воздействие ощущалось на площади около 400000 кв.км. с интенсивностью от 2 до 9-10 баллов [Матюшкина и др., 2007 г.]. Необходимо отметить, что в 200 км к юго-западу от эпицентров (единых для обоих землетрясений) произошло и Ильпырское землетрясение (13.03.2013 г., $M_w = 6,1$).

Названные землетрясения стали весомым аргументом в оформлении Корякского сейсмического пояса, простирающегося от Камчатского перешейка (60° с.ш.) до Анадырского залива на Чукотке. Пояс подавляюще определён по землетрясениям с $M \geq 3$ как вероятная северная граница малой литосферной плиты Берингия [Ландер и др., 1994], полюс вращения которой предполагается на Чукотке.

Геологически территория сейсмического узла находится вплотную к юго-вос-

току от южной границы Корякского микроконтинента (поздний мел) Центрально-Корякской тектонической зоны [Апрелков и др., 1997]. К югу от границы цепочкой вулканогенов развит вулканический Юго-Восточно-Корякский четвертичный пояс, с которым в плане совпадает Корякский сейсмический пояс. Оба они находятся в Олюторской прибрежной тектонической зоне, простирающейся от р. Анапки на перешейке до р. Укэлаят, за которой к Чукотке простирается Хатырская зона. Вся эта территория СВ простирания вдоль побережья относится к Морской транзитали подошвы литосферы Краинноморского блока литосферы [Карта рельефа..., 1996]. Она имеет максимальную геодинамическую и энергетическую напряжённость мантии в Чукотке и Корякии. Здесь для подошвы литосферы характерны узкие мантийные гребни, чередующиеся с такими же узкими и глубокими трогами, с их геоструктурами в земной коре, и с перепадами глубин более 40 км (!). Такое чередование образует характерный решётчатый тип расположения удлинённых осей мантийного рельефа. Такой морфологией рельеф подошвы литосферы обладает на территории России лишь область Байкала.

В этих глубинных характеристиках литосферы и находятся складчатые и блоковые геоструктуры земной коры Олюторской тектонической зоны СВ простирания на рассматриваемой территории Хаилинского сейсмического узла. В Олюторской зоне все структуры формировались с начала палеогена и развиваются поныне, в т. ч. на площадях четвертичного вулканизма. К югу от границы с Корякским микроконтинентом простирается оригинальная зона Вывенского глубинного разлома. На её разломах лежат осадочные комплексы Ильпинско-Тылговаямского прогиба (миоцен) с осевой Вывенской впадиной на его восточном окончании. К югу от прогиба по разломам отделён СВ Говенско-Пылгинский антиклинорий (палеоген). Прогиб и антиклинорий выклиниваются на северо-востоке замыканием своих комплексов на линии поперечного Омолон-Каменско-Олюторского северо-западного глубинного разлома. К югу от антиклинория в акватории залива выделен Говенско-Пахачинский прогиб (рис. 4).

Хаилинское облако возникло на площади Ильпинско-Тылговаямского прогиба с максимальной концентрацией в Вывенской впадине. В отличие от него Олюторское облако концентрируется в западной части Вывенской впадины в низовьях р. Ветвей вблизи поперечного межглыбового Парень-Таловско-Тиличикского разлома литосферы.

Методология, методика и техника исследования

Целью настоящей статьи является объяснение причины необычного СВ простирания облака Хаилинского землетрясения – вкрест регионального СВ простирания всех известных складчатых структур Олюторской зоны, установления сейсмогенной его геологической структуры и взаимоотношения с последующим Олюторским событием. Последнее возникает в связи с очевидным положением обоих гипоцентров на одной вертикальной линии, хотя и на разных глубинах. Задачами исследования обоих землетрясений являются: построение в плане облаков форшоков и афтершоков, установление сейсмогенных их геологических структур и развития процесса релаксации главных толчков, как по суммам их проявления до настоящего времени, так и по дням активизации релаксации в виде афтершоков.

В соответствии с генеральной целью – установлением геологических условий развития сейсмичности, концентрации геодинамических напряжений, их релакса-

ции и прогноза возможных иных геологических факторов развития сейсмичности на юго-западе нагорья, и задачами исследования разных аспектов сейсмичности территории узла, были построены карты распространения форшоков и афтершоков обоих землетрясений и выявлены их площади и в разрезе. Карты сопоставлены с данными тектонического районирования [Апрелков и др., 1997] и геолого-геофизического разреза [Белявский и др., 2007; Нурмухамедов и др., 2016]. Сейсмическая интерпретация получена из каталогов [Каталоги Камчатского филиала ГС РАН], статей А. В. Ландера [Ландер и др., 1994, 2007] и других авторов, исследовавших территорию Олюторского землетрясения. Основой исследования является тектоническая «Концепция глыбово-клавишной структуры литосферы и её земной коры» на активной окраине мезокайнозойского континента Северо-Востока Азии [Яроцкий, 1974, 2007]. Геологическая интерпретация получена из «Карты полезных ископаемых...» [Карта полезных ископаемых..., 1999].

Геофизическая изученность площадей облаков землетрясений

Первое районирование Хаилинского облака дано в статье [Ландер и др., 1994] в виде эллипса СЗ простирания с максимумом магнитуды афрешоков $M \geq 5,0$ на его северо-западе и её снижением в Вывенской впадине с $M \geq 4$ и менее. Отмечено, что форма очаговой области – северо-западная, явно не вписывается в общий СВ структурный рисунок района. Во внутренней структуре облака выделены участки концентрации афтершоков меридионального и западного простирания, что также не соответствует какой-либо геологической структуре. Впоследствии [Ландер и др., 2007] авторы пришли к выводу о наличии в очаговой зоне Хаилинского землетрясения поперечных структур как чистого левого сдвига ЮВ (т. е. СЗ) простирания. Основные выводы и предположения авторов [1994 г., С. 118] сводятся к следующему:

- Хаилинское землетрясение произошло в районе СЗ сжатия и имело характер корового сброса в ЮВ направлении;
- землетрясение не лежит на крупном активном разломе; образовавшийся в пределах земной коры разрыв протяжённостью около 40 км является новой дислокацией.

Таким образом, авторы пришли к выводу о разломной сейсмодислокации, отрицая, по сути, возможную складчатую структуру разреза коры и отрицая своё раннее [Ландер и др., 1994] утверждение о связи сейсмичности территории Хаилинского облака со складчатой структурой – современным северо-западного простирания Ивтыгинским поднятием. По их мнению, поднятие отражает рисунок западного обрамления Командорской котловины и оно дискордантно древнему структурному плану, будучи молодой «олюторской» складчатой структурой.

В 2004–2005 гг. через с. Хаилино пройден профиль МТЗ-МОВЗ «Корф – Верхнее Пенжино» [Белявский и др., 2007]. На отрезке пк 247–215 профиль I пересекает по середине Хаилинское облако (рис. 4).

В 2013 г. от с. Хаилино на восток проложен профиль II МТЗ-МОВЗ «Хаилино – р. Пахача» [Нурмухамедов и др., 2016]. По этим профилям получен геолого-геофизический разрез коры и литосферы в целом (рис. 4). Главным результатом авторской интерпретации разрезов является горизонтальный разрез, из которого следует очевидный вывод о прогибе в киях всех его горизонтов и складчато-блоковое строение разреза литосферы.

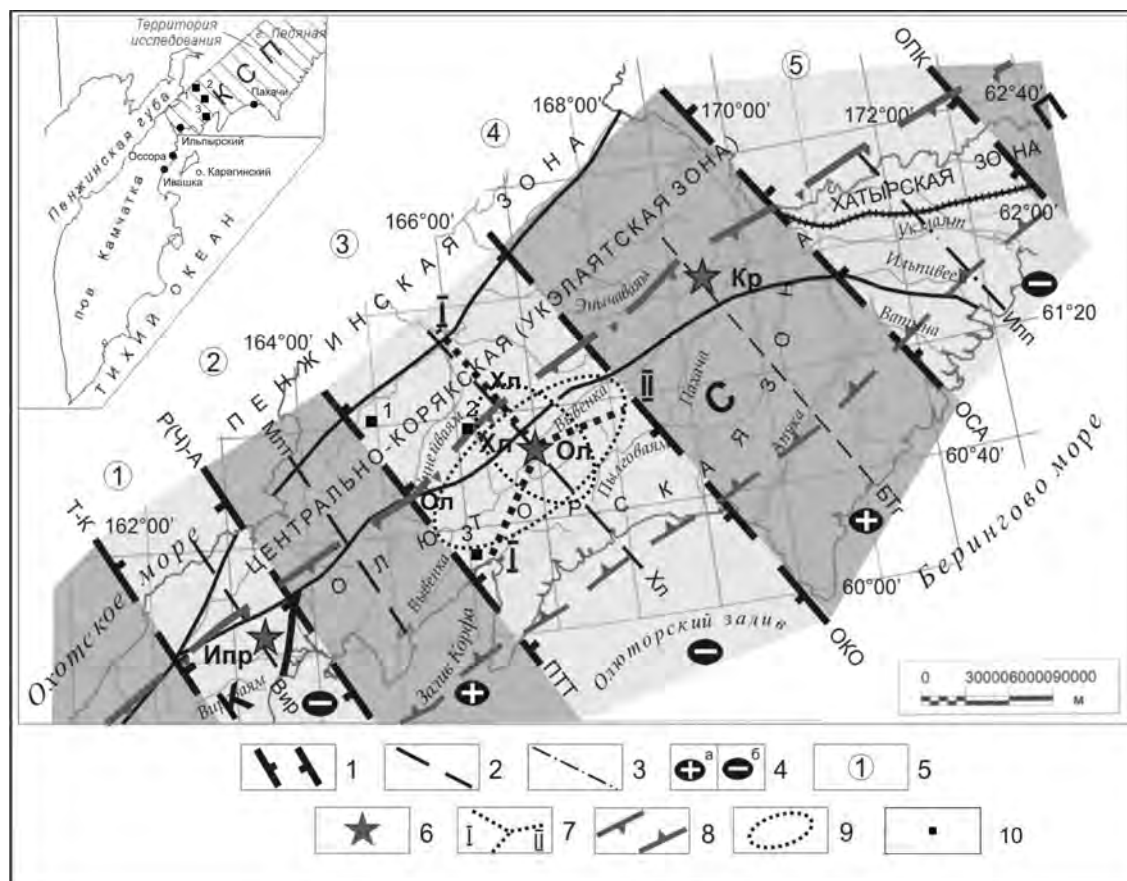


Рис. 2. Фрагмент схемы элементов глыбово-клатвишной структуры литосферы и положение сильных землетрясений на юго-восточной окраине континента на северо-востоке Азии.

Разломы (генерализация): 1 – поперечные межглыбовые: Т-К – Тайгонос-Карагинский, Р (Ч) А – Ребро (Чемурнаут) – Анапкинский, ПТТ – Парень-Таловско-Тиличикский, ОКО – Омолон-Каменско-Олюторский, ОСА – Олойско-Слаутненско-Ачайвямский, ОПК – Опуковский; 2 – продольно-осевые внутриглыбовые: Вир – Вироваямский, Млт – Малетойвямский, Хл – Хаилинский, БТг – бухты Тигиль; 3 – гипотетический (геофизический): Илп – Ильпиевский; 4 – направления субвертикальных движений сопредельных глыб коры: а – воздымающиеся, б – погружающиеся (отстающие в воздымании); 5 – геоструктуры (глыбово-клатвишные, региональные, включающие на ЮВ окраине континента поднятые либо опущенные звенья продольных региональных структур): Кичигинского залива (1), п-овов Ильпыр-Ильпинский-Говена (2), Олюторского залива (3), п-ова Олюторский (Юго-Восточно-Корякских мысов (4), Юго-Восточно-Корякских бухт (5); 6 – землетрясения: Ипр – Ильпырское, Хл – Хаилинского, Ол – Олюторское, Кр – Корякское; 7 – профили МТЗ-МОВЗ: I – Корф-Верхнее Пенжино, II – с. Хаилино – р. Пахача; 8 – КСП – Корякский сейсмический пояс; 9 – площади исследования Хаилинского и Олюторского облаков афтершоков; 10 – Месторождения: 1 – Аметистовое, 2 – Сейнав-Гальмознанская группа, 3 – Корфское.

Примечание: надписаны тектонические зоны, адекватные структурно-формационным зонам [Карта полезных ископаемых..., 1999] районирования Корякско-Камчатского региона.

Крайне интересную интерпретацию разреза по профилю I на его ЮЗ дал С. А. Федотов с соавторами [Федотов и др., 2011]. В интервале пикетов 221-225 в разрезе ими выделен участок поглощения обменных волн (МОВЗ), который интерпретируется как глубинное пересечение фронтов Говенского (верхний мел) и Олюторского (палеоген) террейнов! В этом пересечении на глубине 35 км – гипоцентр Хаилинского, а на его проекции на поверхность на глубине 1 км – гипоцентр Олюторского землетрясения (рис. 4)!

В основе нашего исследования лежит общеизвестное положение об активной окраине континента на территориях планетарного Тихоокеанского подвижного пояса. На северо-востоке Азии эта активность выражена в последовательном наращивании окраины структурами вулканических поясов с главными их элементами – разломными и складчато-блоковыми, дающими четкие представления о клавишной структуре делимости литосферы на серию последовательных глыб с воздымающимися и погружающимися их положениями на границе континента-океан (рис. 3), методологические основы развития которых выдвинуты Г.П. Яроцким [Яроцкий, 1974, 2007, 2017]. Эти элементы являются предметами поиска связи сейсмичности и геологических объектов территории окраины, условий релаксации сейсмических напряжений и возможных прогнозов развития сейсмичности.

Характерным проявлением этого в ландшафте является закономерное чередование полуостровов и заливов побережий суши на её границе с акваториями внутренних морей (Охотского, Японского) и океана (Берингово море). Морфология побережья отражает глубинные вертикальные движения структур в разрезе литосферы, локализованных благодаря разделяющим их поперечным глубинным разломам СЗ простирания и заключённых ими глыб – от берега внутрь окраины и уже самого континента (!). В статье получены новые данные к разрабатываемой концепции.

Для каждого землетрясения строились с использованием Каталогов КФ ГФ РАН и USGS NEIS [2007], суточные афтершоки и анализировались участки их заполнения на территории до фактического наступления времени затухания сейсмичности. В процессе пополнения карты сейсмичности выполнялось плановое и глубинное районирование – это давало динамику концентрации разгрузки напряжений в гео-

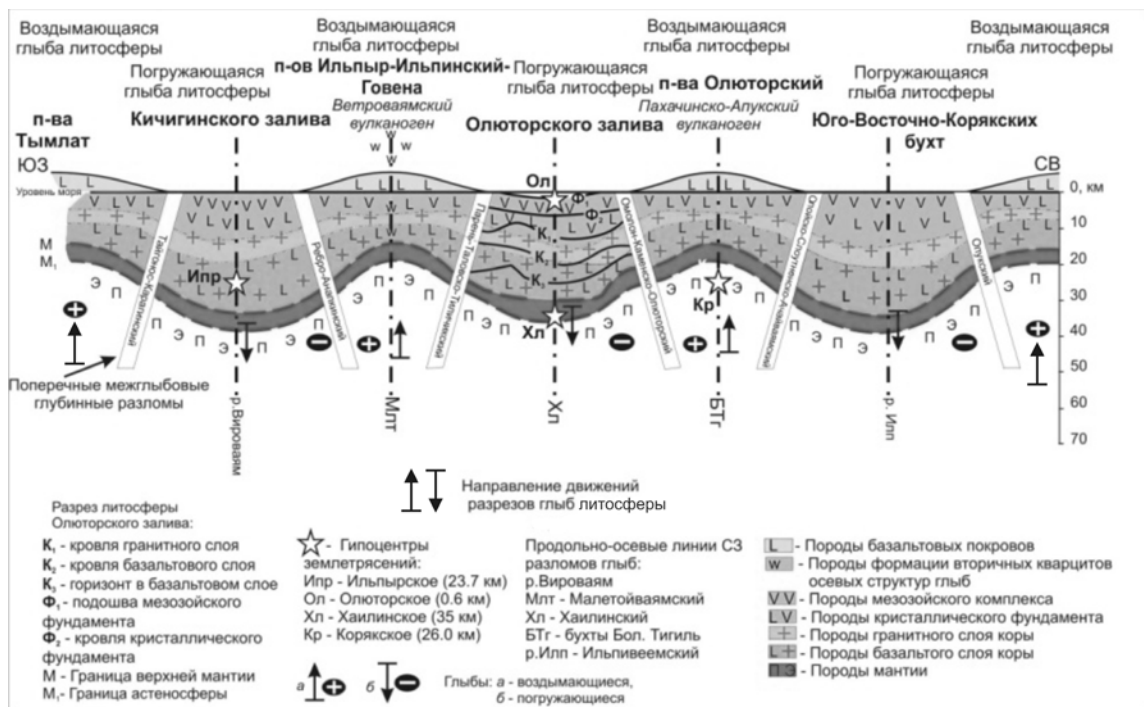


Рис. 3. Схематический идеализированный глубинный геолого-геофизический разрез по линии эпицентров землетрясений: Ильпёрского, Хаилинского, Коряжского. Юго-запад Коряжского нагорья. Разрез погруженной глыбы Олюторского залива [Белявский и др., 2007].

логическом пространстве. По районированию определялись структуры: разломные и складчато-блоковые и контуры облаков, которые соотносились с геологическими контурами поверхности. Разломы идентифицировались фактическими проявлениями на картах геологических и геофизических съёмок м-ба 1:200000 (полистных) и геолого-геофизических разрезах по профилям МТЗ-МОВЗ.

Использованы фактические данные: карты геологические, тектонические, полезных ископаемых, аэромагнитной и гравиметрических съёмок, топографические (рельефа) – м-ба 1:200000; карта подошвы литосферы России обобщающая интерпретации сейсмичности, геологии и тектоники.

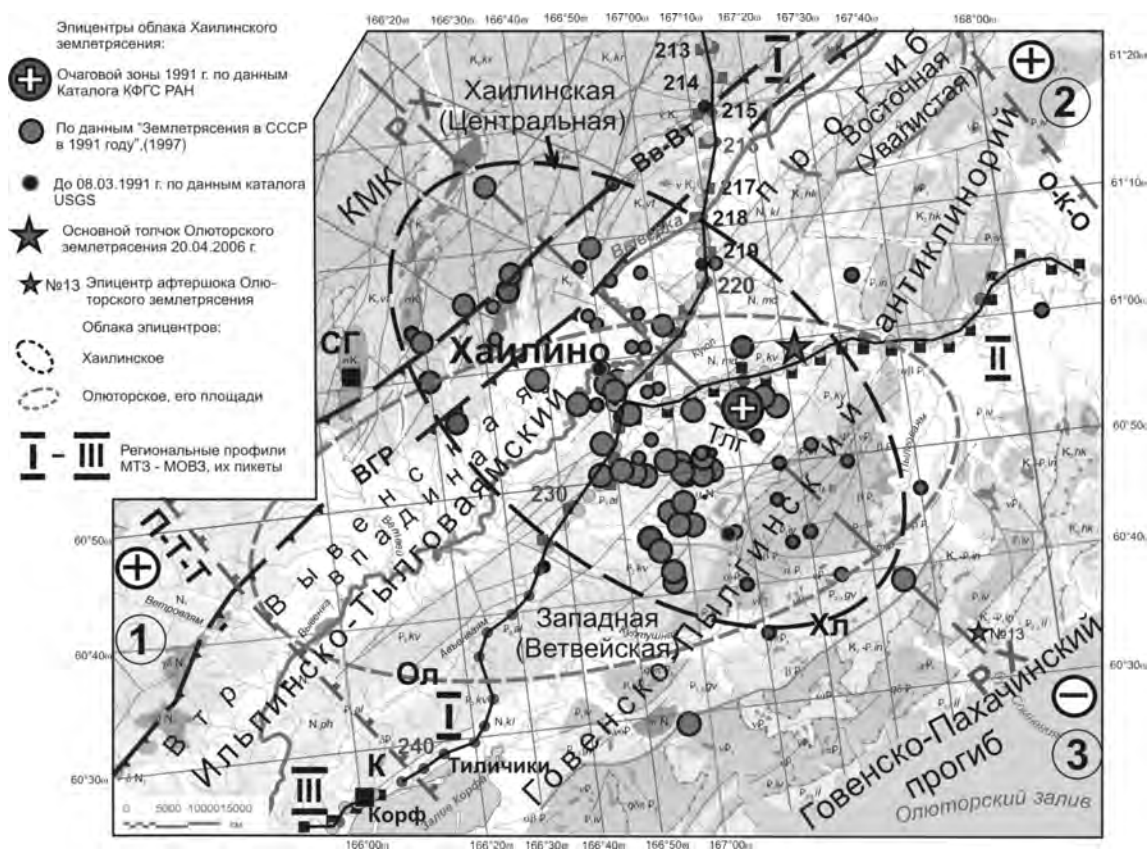


Рис. 4. Облака Хаилинского (17.02-22.06.1991 г.) и Олюторского (20.04.2006 г.) землетрясений Хаилинского сейсмического узла на геологической карте [Карта полезных ископаемых..., 1999] юго-запада Корякского сейсмического пояса.

Геоструктуры [Апрелков и др., 1997]: КМК – Корякский микроконтинент, Ильинско-Тыгловаямский прогиб (грабен-синклиналь), Вывенская впадина, Говенско-Пылгинский антиклинорий, Втр – Ветроваямский вулканоген.

Разломы: глубинные (сквозьлитосферные) поперечные межглыбовые: П-Т-Т – Парень-Таловско-Тиличичский, О-К-О – Омолон-Каменско-Олюторский, продольно-осевой внутриглыбовый – РХ – Разлом Хаилинский, ВГР – Вывенский глубинный, Вв-Вт – Вывенско-Ватынский глубинный.

Площади облаков Хаилинского и Олюторского землетрясений: Западная (Ветвейская), Хаилинская (Центральная), Восточная (Увалистая); глыбы земной коры: 1 – воздымающихся п-овов Говена-Ильинского-Ильпыр, 2 – п-ова Олюторского, 3 – погружающейся Олюторского залива. Региональные профили, их пикеты: I МТЗ-МОВЗ – по [Белявский и др., 2007]; II МТЗ-МОВЗ – по [Нурмухамедов и др., 2016]; III МТЗ – по [Мороз и др., 2014]; Месторождения: СГ – Сейнаво-Гальмоэнанская группа, К – Корфское.

Интерпретация и обсуждение результатов. Хаилинский сейсмический узел

Районирование Олюторского облака, приведённое на рисунке 4, отличается от статьи в [Ландер и др., 2007] более строгим подходом к оконтуриванию площадей его афтершоков: выражено оно в разделении на две площади – Западную и Восточную. Стало очевидным сразу и это хорошо показано и в названной работе на рисунках пространственного положения афтершоков по сглаженной плоскости их пространственного положения и карте их средних глубин. На их плане виден важный элемент облака – разрыв и правое смещение главного сейсморазрыва. Линия разрыва совпадает ортогонально с удивительным фактом! В геоморфологии долины р. Вывенки, выраженном в дискордантном повороте по установленному разлому русла от ЮЗ течения на ЮВ (на протяжении 12,5 км) и вновь возврата на ЮЗ. Разрыв виден в рельефе на выклинивании Увалистых гор у с. Хаилино, и вновь возникновением русла в устье р. Куюл!

Феномен русла р. Вывенки оказался ключом к пониманию зоны потери корреляции МОВЗ профиля I между пикетами 222-225 (!) (см. рис. 2 и 5). По совокупности геолого-геофизических фактов продолжение Хаилинского разлома прослежено на СЗ вплоть до р. Куюл у Таловских озёр. А на ЮВ разлом трассируется на бухту Сомнения, где произошло землетрясение № 13 с $M \geq 6,6$ (2006.04.29) как афтершок (?) Олюторского землетрясения. Разлом на поверхности прослежен на 210 км.

Определение планового положения трассированного Хаилинского разлома и его положения в разрезе потребовало выяснения его возникновения и роли как фрагмента очевидного регионального разлома, поперечного всем геоструктурам окраины континента в её Центрально-Корякской и Олюторской тектонических зонах.

Здесь авторы обращаются к глыбово-клавишной концепции структуры литосферы. Согласно ей глыба Олюторского залива литосферы ограничена поперечными Парень-Таловско-Тиличикским и Омолон-Каменско-Олюторским межглыбовыми разломами. За первым к западу воздымается глыба п-ова Гавена-Ильпинского-Ильпыр, а за вторым к востоку – Олюторского п-ова (рис. 2 и 3).

Согласно геолого-геофизическим разрезам по профилям I и II, и выделению разломной глубинной зоны между пикетами 221-225, в литосфере заложен внутриглыбовый продольно-осевой глубинный Хаилинский разлом. Оба землетрясения имеют координаты X и Y.

Для обоснования координаты D гипоцентров в качестве отправной принята точка зрения С. А. Федотова [Федотов и др., 2011]. Как упоминалось, рассматривая соотношения террейнов на территории, они пришли к выводу о глубинном сочленении Олюторского и Говенского террейнов на вертикальной линии между пикетами 222-225 на профиле I (рис. 3 и 4). И именно эта точка лежит на Хаилинском разломе близ с. Хаилино и даёт она координату D обоих землетрясений!

Хаилинский разлом является сейсмогенным в пределах Хаилинского облака, а линия положения на нём гипоцентров Хаилинского и Олюторского землетрясений является вертикальной осью мест концентрации их максимальных напряжений. Именно в кляях горизонтов максимального напряжения глыбы Олюторского залива возник основной толчок Хаилинского землетрясения на глубине 35 км. Его облако вдоль зоны Хаилинского разлома распространилось по вулканогенно-осадочным породам Вывенской впадины Ильпинско-Тылговаямского прогиба, но упиралось в

акустические барьеры Вывенской зоны глубинных разломов – на севере, и породы фундамента Говенско-Пахачинского антиклинория (Говенского-Островодужного террейна) – на юге.

В течение 15 лет, благодаря движению плиты Беринги, продолжали в Хаилинском разломе после Хаилинского землетрясения нарастать напряжения. В его зоне на горизонтальной оси облака Хаилинского землетрясения в результате глубинного сжатия возник канал движения вверх пор, пустот, вакансий и, видимо, флюидов с различной минерализацией. Это привело к закупориванию вертикальной поро-трещинной колонны в интервале пикетов 222-225 профиля I. Поэтому, видимо, последующая релаксация напряжений в колонне привела к главному толчку Олюторского землетрясения лишь на глубине 1 км. А закупорка Хаилинским землетрясением линейной СЗ колонны отрезка Хаилинского разлома направила волны релаксации Олюторского землетрясения 2006.04.20 в свободное пространство: в Западный (Ветвейский) и Восточный (Увалистый) блоки разреза литосферы, зажатых с севера – Вывенской зоной глубинных разломов, с юга – разломом и антиклинорием, но свободного на запад и восток разреза Вывенской впадины! Здесь и образовались, Хаилинским облаком разделённые, две площади Олюторского облака. Они в вулканогенно-осадочном разрезе в Ветвейском блоке концентрируются в западной половине Вывенской впадины с ограничениями – упорами распространения: на западе поперечным межглыбовым Парень-Таловско-Тиличикским разлом, на севере – Вывенской зоной глубинных разломов, на юге разломом и фундаментом Говенско-Пылгинского антиклинория, на востоке – с примыкающим к впадине выступом мелового фундамента Увалистых гор. К востоку от Хаилинского разлома релаксация могла пойти только по вулканогенно-осадочному разрезу впадины долины р. Вывенка, которая, как сказано, выклинивается к поперечному межглыбовому Омолон-Каменскому разлому. Здесь выделился небольшой по размеру, минимальной плотности афтершоков и малоглубинности – Восточный блок землетрясения. Примечательный факт развития процессов релаксации Олюторского: по сей день афтершоки не фиксируются за зонами поперечных межглыбовых разломов!

Разделение глубинного разреза Олюторского землетрясения вдоль продольной оси эллипса Хаилинского облака на два блока – Западный (Ветвейский) и Восточный (Увалистый) происходит по отрезкам части Хаилинского разлома. Пространство между названными блоками характеризуется почти асейсмичностью с минимумом афтершоков, минимумом их глубин и выходами блоков палеогена и позднего мела по бокам!

Заметим, что в 2017 г. (январь – июль) афтершоки Олюторского землетрясения почти отсутствуют на всей территории его обоих блоков. Лишь на участках близ границ погружённой глыбы Олюторского залива – с внутренних сторон поперечных межглыбовых разломов, концентрируется по десятку афтершоков, что является подтверждением роли разломов как экранов релаксации.

Сравнение распределения афтершоков Хаилинского и Олюторского землетрясений в геологическом пространстве, как показано выше, подчёркивает их различия и в сейсмогенных структурах. К этому сравнению целесообразно добавить, что к тектоническому – разломному – фактору механизма сейсмичности относятся и Корякское и Ильпырское землетрясения. Первое расположено на продольно-осевом разломе воздымающейся глыбы Олюторского п-ова с концентрацией афтершоков на ограниченной по площади окружности, второе – линейным группированием

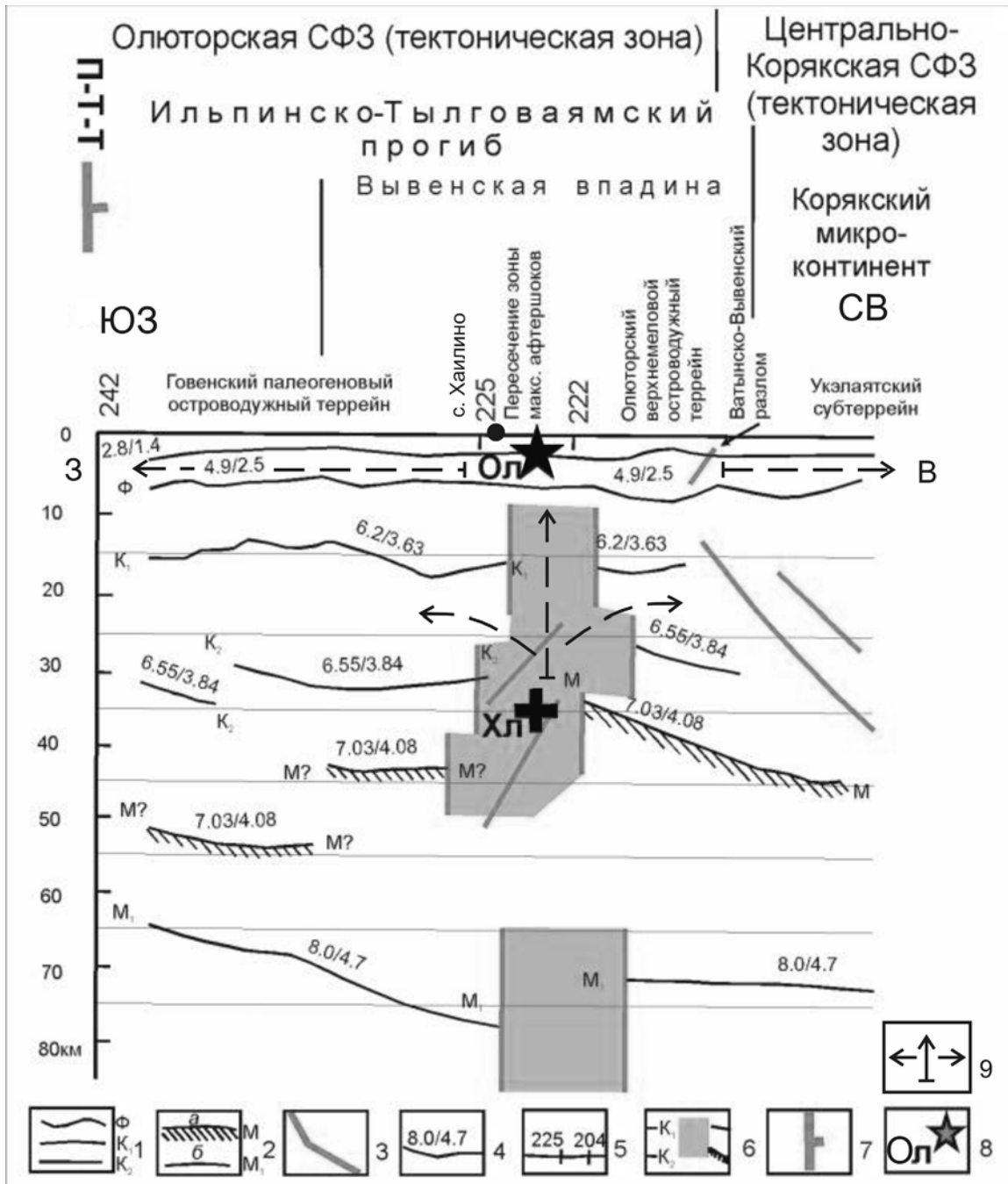


Рис. 5. Трещинно-поровая коро-мантийной колонна в разрезе литосферы территории Олюторского и Хаилинского землетрясений (с использованием разреза [Федотов и др., 2011]; с дополнениями).

1 – прослеженные отражающие границы в земной коре, 2 – прослеженные мантийные границы: а – Мохо, б – внутримантийный отражающий горизонт; 3 – разломы, 4 – значения пластовых скоростей над отражающими границами: продольных волн/поперечных волн, км/с, 5 – номера пикетов профиля МТЗ-МОВЗ-1. Дополнения: 6 – Хаилинский продольно-осевой разлом – линейная колонна коро-мантийная – на осевой зоне облака афтершоков Хаилинского (1991 г.) землетрясения, трассируемой на трог (81 км) в рельефе подошвы литосферы [Геологический атлас..., 1996]; 7 – П-Т-Т – Парень-Таловско-Тилчицкий поперечный межглыбовый разлом; 8 – гипоцентры: Ол – Олюторский, Хл – Хаилинский; 9 – подавляющие направления движения волн релаксации основных толчков землетрясений.

афтершоков на линии внутриглыбового разлома по р. Вироваям – в погруженной части глыбы Кичигинского залива [Салтыков, 2015].

Выполнение обобщений геологии и геофизики позволяет сделать некоторые выводы.

Сильные землетрясения запада Корякского сейсмического пояса с $M \geq 6$ связаны с геоструктурами активной окраины континента, создающими глыбово-клавишный разрез литосферы. Сейсмогенными для таких землетрясений являются продольно-осевые СЗ разломы прибрежных окончаний погружённых глыб литосферы. В случае повторных – «двойных» землетрясений – Хаилинского и Олюторского, их гипоцентры совмещены на одной вертикальной линии килей горизонтов литосферы. В силу различных физических условий релаксации здесь возник Хаилинский форшок, образовавшийся первичным и локализованный в тектонических факторах, а Олюторское землетрясение – вторичное, локализованное в складчато-блоковых условиях разреза литосферы на той же территории их обоих облаков. Сейсмогенными являются продольно-осевые разломы воздымающихся глыб.

Вероятный Ветроваямский сейсмичный узел

Соседняя глыба полуостровов литосферы к западу от глыбы Олюторского залива (рис. 2) находится в устойчивом воздымании от миоцена. Здесь формируется Ветроваямская вулканическая зона – Ветроваямский вулканоген с массовым излиянием лав и эксплозий туфов андезитового состава, сопровождавшихся потоками и струями минерализованных термальных вод и горячих газовых флюидов. Их длительное воздействие сформировало уникальный комплекс рудоносных вторичных кварцитов. В позднем плиоцене и раннечетвертичное время горообразование завершается глубинным оливино-базальтовым магматизмом [Голяков, 1980]. В настоящее время геологическими съёмками, геофизикой МТЗ [Мороз и др., 2014] и минералогий кварцитов Малетойваямского и Юбилейного месторождений [Поляков, Яроцкий, 1980] определён Ильпинский свод на глубинном поднятии поздне-мелового фундамента образованиями осадочных и вулканогенно-осадочных пород палеоцен-олигоцена территории вулканогена.

Оба месторождения квалифицируются как эпитермальные золоторудные с крупнообъёмными запасами руд во вторичных кварцитах. Кварциты в Малетойваямском рудном узле занимают площадь около 40 км² при мощности до 300 м на своде, что определяет их огромные запасы руды золота (при содержании до 10 г/т и более) Кроме золота алунитовые кварциты содержат самородную серу, ртуть, медь, вольфрам, уран. По сере защищены запасы по промышленным категориям. Кроме названного узла в своде Ветроваямского вулканогена на западе и востоке вулканогена выявлены ещё по три узла в аналогичной стратиграфической колонке, но уже в погружённых его крыльях. Они подобны Малетойваямскому узлу по строению и минерации и являются резервом прироста запасов золота, серебра, ртути, меди, серы. На базе названных месторождений будет формироваться горнопромышленный кластер, включающий и переработку бурых углей Корфского месторождения для энергетики и биологических продуктов.

Ильпинский свод характерен горизонтами «выпуклых» структур – это СЗ антиклинали Ильпинская, Хай-Кыланская, Альховская, Усть-Альховаямская, др. Все они в своих замках свода отражают в условиях общего его воздымания максимальное сжатие. Их последовательное положение от берега к СЗ ложится в геологи-

ческую метрическую линейку системы СЗ разломов шириной около 50-60 км. Эта линейка отражена в магнитном и гравитационном полях съёмки м-ба 1:200 000. Ей дано название Малетойваямского срединно-осевого СЗ разлома внутри воздымающейся глыбы литосферы п-овов Говена, Ильпинского, Ильпыр. Его роль на территории рассматривается как прогнозная сейсмогенная в Ветроваямском сейсмическом узле.

И хотя здесь сейсмическая активность не проявлялась сильными событиями, всё же нужно помнить о Корякском землетрясении 13.10.1988 г. – оно состоялось на продольно-осевом разломе Бухты Тигиль – г. Ледяная воздымающейся глыбы Олюторского полуострова. Землетрясение было скоротечным по своему развитию, но $M_w \geq 5,9$! Заметим, что на территории этого вулканогена нет регулярной сети сейсмостанций!

Вероятные направления развития сейсмичности и продолжения исследований

Сильные землетрясения, подобные Хаилинскому и Олюторскому, говорят, вероятно, об усилении сейсмичности в Корякском сейсмическом поясе. Ильпырское событие 13.03.2013 г. усиливается усиливается еще и впечатлением нарастания напряжённости в Курило-Камчатской зоне сочленения океана и континента [Федотов, Соломатин, 2017].

Рассмотренная территория в горнопромышленном освоении будет ещё долго базироваться на россыпях платиноидов, но уже сейчас видно, что необходимо переходить на их рудные объекты. (К слову сказать, подобная ситуация в 60-е годы XIX века сложилась на Колыме. Там ещё были запасы россыпей, но ряд геологоразведчиков Северо-Востока стали настаивать на финансировании объектов рудного золота. Дискуссия между ними и руководством Северо-Восточным геологическим управлением (г. Магадан) тянулась долго, затихла лишь при очевидном истощении россыпей на Колыме и закончилась в 70-е, когда это неизбежно вынудило осваивать рудные месторождения золота Колымы).

Кроме рассматриваемой территории погружённой глыбы Олюторского залива и его Сейнав-Гальмоэнанского платиноидного узла сейсмозащитные мероприятия потребуются для площадей Малетойваямского и Юбилейного месторождений рудного золота с самородной серой, медью, ртутью, которые начнут осваиваться в ближайшие годы. В настоящее время уже эксплуатируется рудное месторождение золота «Аметистовое» – в 120 км к северу от пос. Тиличики. Так в целом в Олюторском районе края формируется кластерная горнопромышленная территория с инфраструктурой, которая станет центром колонизации площадью многие десятки тыс. кв. км. Здесь будут освоены и буроугольные месторождения, в т. ч. и как биологическое сырьё, возможно обнаружение месторождений нефти и газа. В сельскохозяйственном отношении территория богата оленьими пастбищами, а приморские реки – чистой природной водой и тихоокеанским лососем. На территории будут формироваться площади отдельных кластеров по комплексному освоению природных ресурсов.

Авторы статьи рассматривают сейсмичность на территории ЮВ окончания погружённой части глыбы литосферы Олюторского залива как своеобразный литосферный уникум. Здесь на юге Корякского микроконтинента известна максимальная плотность надвигов океанических высокоплотных пород, создающих давление по вертикали на киях горизонтов литосферы и ее коры. Этот фактор будет всегда

играть важную роль в погружении разреза. А вращение окраины Беринги будет нагнетать напряжения. Афтершоковая деятельность в Вывенской впадине Ильпинско-Тылговаямского прогиба – свидетельство тому, что напряжения в полосе нарушений Хаилинского продольно-поперечного разлома (зоны) продолжаются. Возможно, что событие № 13 Олюторского землетрясения – новый форшок последующего. Отрезок «Хаилино-бухта Сомнения» Хаилинского разлома ещё свободен!

Ильпырское землетрясение, как будто, трассирует нарастание сейсмичности на юго-западе Корякского пояса. Оно лежит на критической широте – сокращении ширины суши и пережима региональных структур Корякии и Камчатки. Сокращается здесь и разрез литосферы – в целом это место на сочленении плит: Беринги и материковых.

Афтершоковая опасность

В последние годы сейсмологи и строители стали обращать внимание и на опасность афтершоковых землетрясений. Они являются не менее разрушительными как по силе, так и по своему проявлению. Афтершоки следуют сериями последовательных ударов, которые разрушают здания и сооружения, уже получившие при главном толчке внутренние малозаметные повреждения [Шебалин, Баранов, 2017]. При релаксации Олюторского землетрясения афтершоки с $M \geq 5,0-6,6$ проявились к западу от центра, образовав максимум плотности у зоны поперечного межглыбового Парень-Таловско-Тиличикского разлома. Зона является местом поглощения волн от основного толчка. Подобное видно и на востоке, где оно ограничено Омолон-Каменско-Олюторским разломом. Афтершоки Олюторского землетрясения на севере не достигли месторождений платины, от Хаилинского – несколько толчков установлены в 5-7 км от них к востоку. И хотя афтершоки обоих землетрясений не затронули участки добычи, тем не менее, этот фактор сейсмичности территории представляет объект прогноза.

Научная новизна выполненного исследования

Авторами впервые показаны два типа геологических структур, локализирующих условия возникновения и релаксации геодинамических напряжений землетрясениями на активной окраине континента.

Хаилинское землетрясение локализовано в зоне отрезка глубинного СЗ продольно-осевого разлома погружённой глыбы литосферы Олюторского залива. Разлом проходит через кили всех горизонтов литосферы, где напряжение достигает максимума. Так объясняется СЗ простирание его облака афтершоков вкрест разломных и складчатых геоструктур окраины. На линии килей проходит сейсмогенная порово-трещинная колонна с гипоцентром (35 км) Хаилинского землетрясения.

Олюторское землетрясение с гипоцентром (1 км) наверху колонны локализовано разрозненными облаками афтершоков на площадях вулканогенно-осадочного разреза складчато-блоковых частей субрегионального прогиба на окраине континента. Общий эллипс землетрясения разделён на две площади асейсмическим промежутокком.

В разделении двух землетрясений, имеющих общую сейсмогенную колонну, но различные геоструктуры релаксации, состоит научная и методологическая новизна работы авторов статьи. Впервые такой подход выполнен и для воздымающейся глыбы литосферы с месторождениями, которые готовятся к освоению. В статье по-

лучены новые данные об элементах авторской методологии концепции глыбово-клавишной структуры литосферы.

Заключение

Землетрясения являются самым опасным геологическим процессом, вызывающим цунами, провалы, разломные структуры, наводнения, изменения уровня водоёмов и др. Они приводят к разрушению и гибели людей. Особенно опасны землетрясения в горных условиях вызывающих обвалы, оползни, провалы, лавины, сели. Наряду с добротным строительством зданий, сооружений, коммуникаций и т.п. определяющая роль принадлежит научному обеспечению защиты и прогнозу направления развития сейсмичности.

Олюторское землетрясение сильно встревожило, в первую очередь, региональные власти края и сейсмологов Камчатского филиала ГС РАН, так как разрушения зданий и сооружений показали низкий уровень безопасности жизнедеятельности населения и слабую готовность социальной инфраструктуры территории к сейсмическим проявлениями катастрофического характера Разрушенный пос. Корф был ликвидирован в связи с нецелесообразностью восстановления.

Территория имеет для России важное военно-оборонительное значение на северо-востоке и её географическое положение – пункт на Севморпути из Европы в Азию. И не удивительно, что имеются далеко идущие планы по строительству в пос. Тилички морпорта (газета Коммерсант, № 15 от 05.09.2014 г.).

На территории края сейсмическая опасность является главной для г. Петропавловск-Камчатского. Существует ряд программ, по одной из которых на работы по прогнозу землетрясений и сейсмозащите в Камчатском крае на 2009-2018 гг. определены бюджетные ассигнования. Для Курило-Камчатской дуги, Курильских островов и Восточной Камчатки основой мер по обеспечению сейсмотехнической безопасности являются регулярные работы Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, ведущиеся с 1965 г. [Федотов, Соломатин, 2017]. Подобные работы на базе сейсмических и геолого-геофизических исследований на рассмотренной территории необходимо начать и на юго-западе Корякского нагорья. Эта территория важна государственной безопасностью территориальной целостностью России, а как пишут авторы, сейсмическая защита Камчатки является проблемой государственной важности. Сейчас уже видна необходимость её решений и для северной территории Камчатского края – на юго-западе Корякского нагорья.

Сейсмичность является механизмом запуска других опасных геологических процессов. Аспекты её проявления в природе, антропосфере и техносфере разнообразны. Самой сильной защитой от землетрясений являются наука и строительство. Прогноз землетрясений вероятностный, но знания геологических условий их локализации и релаксации становятся сильным фактором мероприятий по обеспечению устойчивости в природе и антропосфере.

Главным методологическим итогом проведенного исследования оценки сейсмичности площадей действующих горнодобывающих предприятий и планируемых к строительству в настоящее время являются слабость сейсмической службы в регионе геологическим обоснованием истолкования сейсмичности. Требуется создание системного геологического подхода в интерпретации сейсмического районирования и прогноза. Другим условием увеличения эффективности службы является наращивание сети наблюдений как базы данных сейсмичности территории.

Авторы благодарят за техническую помощь в оформлении текста и рисунков Я. В. Петроченко и А. И. Задверняка.

Литература

1. Априлков 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. Викулин А. В., Мелекесцев И. В. Уроки Хаилинского 1991, $M = 7,0$ и Олюторского 2006, $M = 7,8$ землетрясений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2006. – № 1. Вып. 7. – С. 36-49.
4. Геологический Атлас России. Раздел: Геол. строение и геофиз. характ. недр. Карта рельефа подошвы литосферы России. – М. – СПб. – 1966. – С. 185-194.
5. Голяков В. И. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Серия Корякская. Листы Р-58-XXXIII, О-58-III. Объяснительная записка/Редактор Погожев А. Г. – М. – 1980. – 100 с.
6. Карта полезных ископаемых Камчатской области. Масштаб 1:500000/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. ВСЕГЕИ. – СПб. – 1999. – 19 л.
7. Карта рельефа подошвы литосферы России. Масштаб 1:10000000. Объяснительная записка. В. В. Соловьёв, В. М. Рыжкова. – М. – СПб. – 1996. (Роскомнедра, ВСЕГЕИ). – С. 187-194.
8. Каталоги Камчатского филиала: Геофизической службы РАН, 2007.
9. Ландер А. В., Букчин Б. Г., Дроздин Д. В. и др. Тектоническая позиция и очаговые параметры Хаилинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 года: существует ли плита Берингия? // Геодинамика и прогноз землетрясений. Вычислительная сейсмология. – М.: Наука, 1994. – Вып. 26. – С. 103-122.
10. Ландер А. В., Левина В. И., Иванова Е. И. Олюторское землетрясение 20 (21) апреля 2006 г. $M_w = 7,6$: сейсмическая история региона и предварительные результаты исследования серии афтершоков // Олюторское землетрясение 20 (21) апреля 2006 г. Корякское нагорье. Первые результаты исследований. – Петропавловск-Камчатский. – 2007. – С. 14-33.
11. Матюшкина С. В., Левина В. И., Раевская А. А. Макросейсмическая оценка последствий Олюторского землетрясения 20 (21) апреля 2006 года: результаты геол. и макросейсм. изучения // Олюторское землетрясение 20 (21) апреля 2006 г., Корякское нагорье. Первые результаты исследований/Отв. ред. В. Н. Чебров. – Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2007. – С. 34-51.
12. Мороз Ю. Ф., Самойлова О. М., Мороз Т. А. Глубинное строение побережья северной Камчатки по геофизическим данным/Материалы ежегодной конференции, посвящённой Дню вулканолога «Вулканизм и связанные с ним процессы». – Петропавловск-Камчатский. – 2014. – С. 205-212.
13. Нурмухамедов А. Г., Недядько В. В., Ракитов В. А., Липатьев М. С. Границы литосферы на Камчатке по данным метода обменных волн землетрясений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2016. – № 1. Вып. № 29. – С. 35-52.

14. Поляков Г.П., Яроцкий Г.П. Метасоматическая зональность вторичных кварцитов Малетойваямского рудного узла Северной Камчатки // Рудная зональность и физико-химия гидротермальных систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1980. – С. 43-49.
15. Салтыков В.А. Ильпирское землетрясение 13.03.2013 г. $M_L = 6,2$, $M_V = 5,8$ на предполагаемой границе Охотской и Северо-Американской литосферных плит // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска/Сб. материалов Всерос. научной конференции с междунар. участием, Южно-Сахалинск, 26-30 мая 2015 г. В 2-х томах. – Владивосток: Дальнаука, 2015. – Том 1. – С. 164-168.
16. Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2016 – III 2021 гг., его развитие и применение. Особенности сейсмичности Курило-Камчатской дуги до и после глубокого Охотоморского землетрясения 24. V.2013 г. $M = 8,3$ // Вулканология и сейсмология. – 2017. – №3. – С. 3-17.
17. Федотов С.А., Чехович В.Д., Егоркин А.В. Неогеновая глубинная структура юга Корякского нагорья и современная сейсмичность региона // ДАН. – 2011. – Т. 437. №5. – С. 655-658.
18. Шебалин П.Н., Баранов С.В. Экспресс оценка опасности сильных афтершоков района Камчатки и Курильских островов // Вулканология и сейсмология. – 2017. – №4. – С. 57-66.
19. Яроцкий Г.П. Некоторые особенности геофизических полей и строения земной коры Корякско-Камчатского региона // Геодинамика вулканизма и геотермального процесса. – Петропавловск-Камчатский. – 1974. – С. 44-45.
20. Яроцкий Г.П. Поперечные дислокации активных окраин континентов Тихоокеанского рудного пояса. Геофизические исследования. Книги 2 и 3. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга», 2014. – 319 с.
21. Яроцкий Г.П. Феномен Хаилинского землетрясения 1991 г. на юго-западе Корякского нагорья. Книга 4/Монография. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский гос. ун-т им. Витуса Беринга, 2016. – 177 с.
22. 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.

DOI: 10.23671/VNC.2017.4.9532

GEOLOGICAL FACTOR IN FORECASTING OF SEISMIC STABILITY WITHIN THE MOUNTAIN AREAS WITH MINING FACILITIES UNDER SEISMIC CONDITIONS (SOUTHWEST OF THE KORYAK HIGHLAND)

© 2017 G. P. Yarotsky¹, Sc. Cand. (Geol.-Min.), Kh. O. Chotchaev²

¹Institute of volcanology and seismologies FEB RAS, Russia, 683006, Kamchatka Krai, Petropavlovsk-Kamchatsky, Piyp avenue, 9, e-mail: ecology@kscnet.ru;

The paper presents the data on seismicity and geological conditions for location of strong ($M \geq 5,2$) earthquakes within the zones of developed platinoid deposits under conditions of an immersed lithospheric block. The paper shows the conditions that cause seismic events within the zones prepared for the development of gold deposits and native sulfur as well as inside the rising lithospheric block. Based on the data on geologically and geophysically studied zones in terms of perspective territory development according to the Kamchatka region development strategy until 2025-2030, the seismicity could be forecasted. This is the keystone for the health and safety of the people who populate the developed border lands of Russia. The methods of investigation are based on the fault-block tectonics theory showed in the author's theory on key-and-block lithospheric structure on the continent's active margins.

Keywords: earthquakes, folded and fault structures, block and key lithosphere, active continental margins, the Koryak Highland, NE of Asia.

References

1. Aprelkov S.E., Dekina G.I., Popruzhenko S.V. Osobennosti geologicheskogo stroenija Korjaskogo nagor'ja i bassejna r. Penzhiny [Features of the geological structure of the Koryak highland and the basin of the Penzhiny river]. *Tihookeanskaja geologija*, 1997, Vol. 16, No.2, pp. 46-57. (in Russian)
2. Beljanskij V.V., Zolotov E.E., Rakitov V.A. i dr. Glubinnaja sejsmogeoelektricheskaja model' Ohotsko-Chukotskogo vulkanogenogo pojasa i Central'no-Korjaskoj skladchatoj zony v predelakh profilja Korf – Verhnee Penzhino [Deep seismogeoelectric model of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt and the Central Koryak folded zone within the Korf-Upper Penzhino profile]. *Oljutorskoe zemletrjasenie 20 (21) aprelja 2006 g. Korjaskoe nagor'e. Pervye rezul'taty issledovanij. Petropavlovsk-Kamchatskij*, 2007, pp. 277-288. (in Russian)
3. Vikulin A.V., Melekescev I.V. Uroki Hailinskogo 1991, $M = 7,0$ i Oljutorskogo 2006, $M = 7,8$ zemletrjasenij [The lessons of Khailinsky 1991, $M = 7,0$ and Olyutorsky 2006, $M = 7,8$ earthquakes]. *Vestnik KRAUNC. Nauki o Zemle*. 2006. No.1, Issue 7, pp. 36-49. (in Russian)
4. Goljakov V.I. Geologicheskaja karta SSSR. Masshtab 1:200000. Serija Korjaskaja. Listy P-58-XXXIII, O-58-III. Ob'jasnitel'naja zapiska [Geological map of the USSR. Scale 1: 200000. The Koryakskaya series. Sheets P-58-XXXIII, O-58-III. Explanatory letter]. Redaktor Pogozhev A.G., M. 1980, 100 p. (in Russian)
5. Karta poleznyh iskopaemyh Kamchatskoj oblasti. Masshtab 1:500000 [Map of minerals of the Kamchatka region. Scale 1:500,000]. Gl. redaktory A.F. Litvinov, N.G. Patoka, B.A. Markovskij. Otv. redaktory Ju.F. Frolov, A.A. Koljada, A.I. Pozdeev, L.E. Pavlova. VSEGEI. SPb., 1999, 19 sheets. (in Russian)
6. Karta poleznyh iskopaemyh Kamchatskoj oblasti. Masshtab 1:500000 [The mineral deposits map of the Kamchatka region. Scale 1: 500,000]. Gl. redaktory A.F. Litvinov, N.G. Patoka, B.A. Markovskij. Otv. redaktory Ju.F. Frolov, A.A. Koljada, A.I. Pozdeev, L.E. Pavlova, VSEGEI, SPb, 1999. 19 sheets. (in Russian)
7. Karta rel'efa podoshvy litosfery Rossii. Masshtab 1:10000000. Ob'jasnitel'naja zapiska [Map of the relief of the lithosphere base of Russia. Scale 1:10000000. Explanatory note]. V.V. Solov'jov, V.M. Ryzhkova. – M. – SPb., 1996 (Roskomnedra, VSEGEI), pp. 187-194. (in Russian)
8. Katalogi Kamchatskogo filiala: Geofizicheskij sluzhby RAN [Catalogs of the Kamchatka Branch: Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences], 2007. (in Russian)
9. Lander A.V., Bukchin B.G., Droznin D.V. i dr. Tektonicheskaja pozicija i ochagovye parametry Hailinskogo (Korjaskogo) zemletrjasenija 8 marta 1991 goda: sushhestvuet li plita Beringija? [Tectonic position and focal parameters of the Haila (Koryak) earthquake on March 8, 1991: is there a plate of Beringia?]. *Geodinamika i prognoz zemletrjasenij. Vychislitel'naja sejsmologija*. M.: Nauka, 1994, Issue 26, pp. 103-122. (in Russian)
10. Lander A.V., Levina V.I., Ivanova E.I. Oljutorskoe zemletrjasenie 20 (21) aprelja 2006 g. $M_w = 7,6$: sejsmicheskaja istorija regiona i predvaritel'nye rezul'taty issledovanija serii aftershokov [Olyutorsk earthquake 20 (21) April 2006 $M_w = 7,6$: seismic history of the region and preliminary results of the study of aftershock series]. *Oljutorskoe zemletrjasenie 20 (21) aprelja 2006 g. Korjaskoe nagor'e. Pervye rezul'taty issledovanij. Petropavlovsk-Kamchatskij*. 2007, pp. 14-33. (in Russian)
11. Matjushkina S.V., Levina V.I., Raevskaja A.A. Makrosejsmicheskaja ocenka posledstvij Oljutorskogo zemletrjasenija 20 (21) aprelja 2006 goda: rezul'taty geol. i makrosejsm. izuchenija [Macro seismic assessment of the consequences of the Olyutorsky earthquake 20 (21) April 2006: results of geological and macro seismic study]. *Oljutorskoe zemletrjasenie 20 (21) aprelja 2006 g., Korjaskoe nagor'e. Pervye rezul'taty issledovanij. Otv. red. V.N. Chebrov, Petropavlovsk-Kamchatskij: GS RAN*, 2007, pp. 34-51. (in Russian)

12. Moroz Ju.F., Samojlova O.M., Moroz T.A. Glubinnoe stroenie poberezh'ja severnoj Kamchatki po geofizicheskim dannym [The deep structure of the coast of northern Kamchatka by geophysical data]. *Materialy ezhegodnoj konferencii, posvjashhjonnoj Dnju vulkanologa «Vulkanizm i svjazannye s nim processy»*, Petropavlovsk-Kamchatskij, 2014, pp. 205-212. (in Russian)
13. Nurmuhamedov A.G., Nedjad'ko V.V., Rakitov V.A., Lipat'ev M.S. Granicy litosfery na Kamchatke po dannym metoda obmennyh voln zemletrjasenij [Limits of the lithosphere in Kamchatka according to the method of exchange waves of earthquakes]. *Vestnik KRAUNC. Nauki o Zemle*, 2016. No.1, Issue No.29, 35-52. (in Russian)
14. Poljakov G.P., Jarockij G.P. Metasomaticheskaja zonal'nost' vtorichnyh kvarcitov Maletovjajamskogo rudnogo uzla Severnoj Kamchatki [Metasomatic zoning of secondary quartzites of the Maletoyamyamsky ore cluster of North Kamchatka]. *Rudnaja zonal'nost' i fiziko-himija gidrotermal'nyh sistem*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd., 1980, pp. 43-49. (in Russian)
15. Saltykov V.A. Il'pyrskoe zemletrjasenie 13.03.2013 g. ML = 6,2, MV = 5,8 na predpolagaemoj granice Ohotskoj i Severo-Amerikanskoj litosfernyh plit [Ilpyr earthquake 13.03.2013 ML = 6,2, MV = 5,8 on the prospective boundary of the Okhotsk and North American lithospheric plates]. *Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorska. Sb. materialov Vseros. nauchnoj konferencii s mezhdunar. uchastiem, Juzhno-Sahalinsk, 26-30 maja 2015, 2-Vol., Vladivostok: Dal'nauka, 2015, Vol. 1, pp. 164-168. (in Russian)*
16. Fedotov S.A., Solomatin A.V. Dolgosrochnyj sejsmicheskij prognoz dlja Kurilo-Kamchatskoj dugi na IV 2016 – III 2021 gg., ego razvitie i primenenie. Osobennosti sejsmichnosti Kurilo-Kamchatskoj dugi do i posle glubokogo Ohotomorskogo zemletrjasenija 24. V.2013 g. M = 8,3 [Long-term seismic forecast for the Kuril-Kamchatka arc on IV 2016-III in 2021, its development and application. Features of the seismicity of the Kurile-Kamchatka arc before and after the deep Okhotsk earthquake of 24. V.2013 M = 8,3]. *Vulkanologija i sejsmologija*, 2017, No.3, pp. 3-17. (in Russian)
17. Fedotov S.A., Chehovich V.D., Egorkin A.V. Neogenovaja glubinnaja struktura juga Korjaksogo nagor'ja i sovremennaja sejsmichnost' regiona [Neogene deep structure of the south of the Koryak highland and modern seismicity of the region]. *DAN.* – 2011, Vol. 437, No.5, pp. 655-658. (in Russian)
18. Shebalin P.N., Baranov S.V. Jekspress ocenka opasnosti sil'nyh aftershokov rajona Kamchatki i Kuril'skih ostrovov [Express assessment of strong aftershocks hazard in the Kamchatka and Kurile Islands regions]. *Vulkanologija i sejsmologija*, 2017, No.4, pp. 57-66. (in Russian)
19. Jarockij G.P. Nekotorye osobennosti geofizicheskikh polej i stroenija zemnoj kory Korjaksko-Kamchatskogo regiona [Some features of geophysical fields and the structure of the Earth's crust of the Koryak-Kamchatka region]. *Geodinamika vulkanizma i geotermal'nogo processa*, Petropavlovsk-Kamchatskij, 1974, pp. 44-45. (in Russian)
20. Jarockij G.P. Poperechnye dislokacii aktivnyh okrain kontinentov Tihookeanskogo rudnogo pojasa. Geofizicheskie issledovanija [Transverse dislocations of active margins of the continents of the Pacific ore belt. Geophysical research]. Books 2 and 3. Petropavlovsk-Kamchatskij, Izd-vo FGBOU VPO «Kamchatskogo gosudarstvennogo universiteta im. Vitusa Beringa», 2014, 319 p. (in Russian)
21. Jarockij G.P. Fenomen Hailinskogo zemletrjasenija 1991 g. na jugo-zapade Korjaksogo nagor'ja. Kniga 4 [The phenomenon of the Khailinsky earthquake in 1991 in the southwest of the Koryak highland. Book 4]. *Monografija*, Petropavlovsk-Kamchatskij: Kamchatskij gos. un-t im. Vitusa Beringa, 2016, 177 p. (in Russian)
22. Jarockij G.P. Glybovo-klavishnaja struktura litosfery aktivnoj okrainy kontinenta na SV Azii (Korjaksko-Kamchatskij region) [The block-key structure of the lithosphere of the active margin of the continent at the NE of Asia (Koryak-Kamchatka region)]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*, 2017, No. 2, pp. 135-151. (in Russian)