



УДК 550.34, 551.24

Г. П. Яроцкий

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,  
г. Петропавловск-Камчатский  
e-mail: ecology@kscnet.ru

## Тектонические уроки Хаилинского землетрясения 1991 г. на юго-западе Корякского нагорья

Рассматриваются основания связи феномена Хаилинского землетрясения 1991 г. с разломно-блоковыми дислокациями ряда геоструктур на активной границе континентов. Отрицается приуроченность Хаилинского и Олюторского (2006 г.) землетрясений к одной геоструктуре и обосновывается их возникновение в киле слоёв прогнутого разреза в виде разломной колонны.

### Введение

На юго-западе Корякского нагорья произошло Хаилинское землетрясение (8 марта 1991 г.,  $M_w = 6,6$ ) с неожиданной СЗ ориентировкой: облако афтершоков простиралось вкрест СВ геоструктурного плана территории. Это вызвало интерес сейсмологов, для которых тектоническая локализация землетрясения является одним из аспектов прогноза развития событий и которая, по нашему мнению, не получила однозначного решения. Целью нашего исследования является выявление геотектонической структуры локализации основного толчка и площади облака афтершоков Хаилинского землетрясения. Задачи: сбор фактов в т.ч. интерпретационных, их объяснение и построение логической интерпретационной модели геологической поверхности и разреза территории облака афтершоков.

На западе Берингова моря вдоль побережья от мыса Дежнёва — на востоке, к юго-западу, через хребты Корякского нагорья и его вершину г. Ледяную, до р. Анапка на Камчатском перешейке простирается Корякский сейсмический пояс. Его выделение стало аргументировано рядом землетрясений: Корякского (1988 г.,  $M \geq 5,9$ ), Хаилинского (1991 г.,  $M \geq 6,6$ ), Олюторского (2006 г.,  $M \geq 7,6$ ), Ильпырского (13 марта 2013 г.,  $M \geq 5,8$ ). Ранее (до 1982 г.) на этой протяжённой территории шириной 100–200 км, регистрировались многочисленные землетрясения с магнитудой  $\leq 2,5$  и  $\leq 4$ , а в 1986 г. в Анадырском заливе произошло и более сильное ( $M = 5,2$ ) в ряду событий. Вместе с названными «именными» землетрясениями совокупность фактических данных дала основание считать сейсмичность полосы к оформлению в Корякский сейсмический пояс. Научное определение пояса дало возможность аргументировать на СЗ Тихоокеанского сейсмического, подвижного поясов замыкание литосферной плиты Берингия [4].

А. В. Ландер с соавторами [4] предложил для объяснения ориентировки облака Хаилинского события вариант существования «древнего» (стр. 107) структурного СЗ плана, отразившего эпизод столкновения террейна с континентом в процессе кайнозойской субдукции. (Отметим, что исследователи в современной геологии территории СЗ структурный план не выделяют). В 2006 г. на территории происходит Олюторское землетрясение, облако которого покрывает площади ряда СВ региональных структур территории юго-запада нагорья, перекрывая своей серединой и площадь Хаилинского облака 1991 г. Однако землетрясение не способствовало прояснению простирания и тектонической позиции Хаилинского события.

В. В. Белявский с соавторами [2] дали схему глубинного разреза по профилю МТЗ-МОВЗ «п. Корф – Верхнее Пенжино», который своим ЮЗ отрезком пересекает в 2004–2005 гг. территорию грядущего Олюторского землетрясения. Впоследствии эта часть разреза переинтерпретирована А. В. Егоркиным в работе С. А. Федотова с соавторами [7], которые подошли к вопросу о тектонике площади с позиции оценки глубинного соотношения террейнов территории. Они выделяют зону потери корреляции обменных волн в интервале пикетов 222–225 профиля и интерпретируют её как глубинный шов между Олюторским и Говенским террейнами.

### Фактические и интерпретационные данные

Ниже приведём известные фактические и интерпретационные данные о предмете и объектах территории. Обратимся к схеме её тектонического районирования [1], составленной по материалам геологических и гравиметрических съёмок м-ба 1:200 000, к данным [4], геотектоническим построениям автора [8, 9].

1. Хаилинское и Олюторское землетрясения не связаны с современными сейсмическими процессами, подобными в Курило-Камчатской зоне

субдукции, отсутствующей ныне в Корякском нагорье.

2. Территория облаков землетрясений приурочена к активной палеогеновой окраине континента на Северо-Востоке Азии. Здесь в истории геологического развития установлены взаимодействия окраины и обдукционных процессов со стороны океана в виде широкого проявления разломно-блоковых и надвиговых структур подвижного пояса. Геоструктурный план пояса классически отражает наращивание активной окраины континента приростом субпараллельных ей продольных региональных СВ структур.

3. Тектонический — разломный, тип дислокаций, на котором развиваются продольные геоструктуры прироста окраины — северо-восточный, который наследует СВ составляющую диагональной сети планетарной трещиноватости. Северо-западная — поперечная, составляющая этой сети, создала условия развития разломных дислокаций (разломы, их зоны, блоки, горсты, грабены), поперечных продольным геоструктурам активной окраины континента и простирающихся вкrest них через ряд тектонических зон к СЗ от океана.

4. Диагональной сетью трещиноватости сформирована глыбово-клавишная структура земной коры территории в виде серии обособленных звеньев-клавиш субпараллельных продольных геоструктур, заключённых в СЗ глыбе парой поперечных межглыбовых разломов (дислокаций). Глыбы включают в направлении от океана вглубь материка последовательно звенья-клавиши региональных СВ геоструктур Олюторской и Центрально-Корякской, а далее к СЗ и Пенжинской, Гижигинской и др. тектонических зон. Звенья сопредельных глыб единой продольной структуры всегда находятся в разнонаправленном относительно поднятом или опущенном состоянии, т. е. воздымающихся и опускающихся движениях, что создаёт и отражает клавиши звеньев продольной геоструктуры окраины и прилегающего континента.

5. Облако обоих землетрясений локализовано в звеньях-клавишах ряда структур глыбы земной коры. Глыба заключена между поперечными межглыбовыми Парень-Таловско-Тиличикским и Омолон-Каменско-Олюторским разломами (рис. 1).

6. Облако афтершоков Хаилинского землетрясения, аппроксимированное СЗ эллипсом, ориентировочно длиной осью на СЗ ( $325^\circ$ ) как и его форшоки 17–20 февраля. Это — простираение вкrest региональных структур юго-запада Корякского нагорья и Вывенско-Ватынской зоне выходов меланократовых пород (ВВт), фиксирующей древнюю окраину континента. Облако приурочено в плане к площадям пяти звеньев региональных геоструктур: Корякского микроконтинента (КМК), ВВт зоны, Вывенской впадины (Вп), Ильпинско-Тылговаямского прогиба (И-Тп), Говенско-Пахачинского антиклинория (Г-Пх). Эти звенья образуют современное юго-во-

сточное окончание глыбы СЗ простираения земной коры Олюторского залива.

7. Облако Олюторского землетрясения, аппроксимированное СВ эллипсом, длиной около 175 км, ориентировано длинной осью на СВ ( $55^\circ$ ), и также приурочено в плане к блокам пяти названных звеньев региональных геоструктур, но вдоль их продольных осей, т. е. согласно простираению на СВ. В своей средней части оно перекрывает Хаилинское облако.

10. Для Олюторского облака устанавливается примечательный факт: на его ЮЗ афтершоки резко исчезают за линией с. Тилички — п. Корф-Рыбзавод № 7-п-ов Говена — зоной поперечного межглыбового Парень-Таловско-Тиличикского разлома, и не появились донныне.

11. В 10 км к востоку от с. Хаилино известен геоморфологический феномен: русло р. Вывенка ( $60^\circ$ – $240^\circ$ ) здесь дискордантно ( $90^\circ$ ) меняет простираение на  $150^\circ$  ( $330^\circ$ ) и через 12,5 км вновь так же дискордантно возвращается на прежнее ЮЗ простираение.

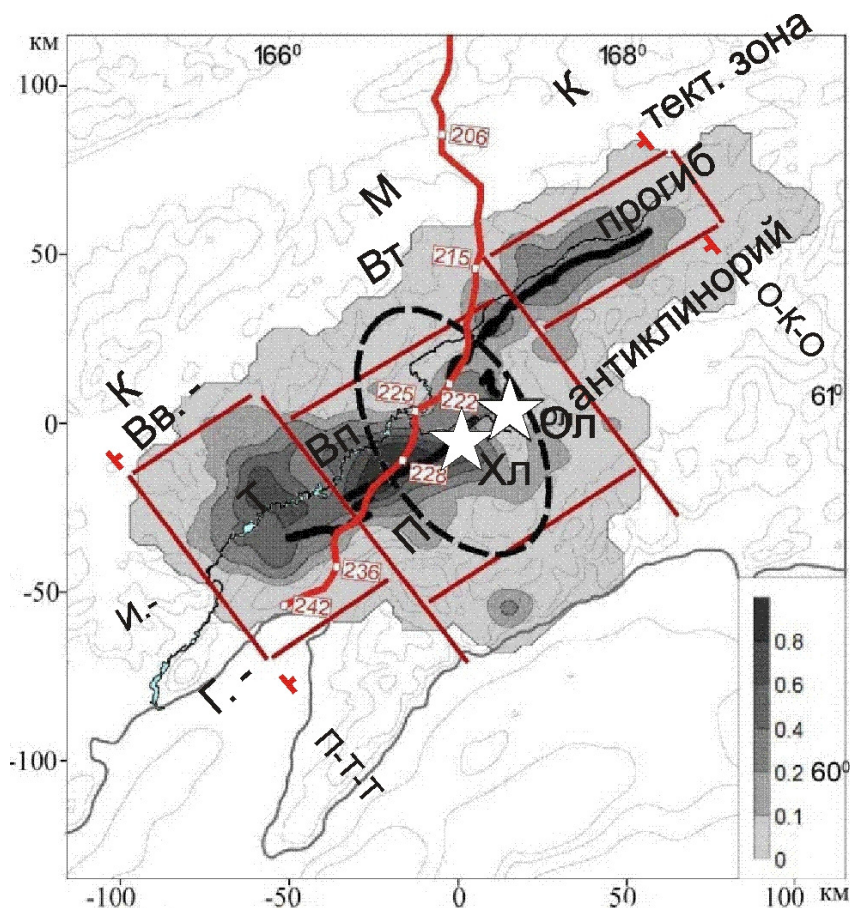
12. Линия простираения дискордантного русла ( $330^\circ$ – $150^\circ$ ) — геологического разлома, трассируется в геоморфологии на 70 км на побережье Олюторского залива в фиорд бухты Сомнения. На СЗ линия трассируется на СЗ долину р. Уннэйваам в 70 км от с. Хаилино.

#### Истолкование фактических и интерпретационных данных

Следующим этапом исследования стало обращение к фактическим геофизическим данным: магнитным и гравиметрическим, электроразведке МТЗ, сейсмологии (в т.ч. МОВЗ), интерпретационным: по Вывенской впадине (Вп) — к [5], Ильпинско-Тылговаямскому прогибу (ИТп) — к [2, 7], авторским интерпретациям [8, 9].

а. Облака Хаилинского и Олюторского землетрясений приурочены к опущенной клавише земной коры Олюторского залива, образованной прогнутыми звеньями-отрезками ряда СВ региональных геоструктур, и локализованы в её разрезе. Звенья ограничены СЗ поперечными межглыбовыми разломами, к зонам которых приурочен глубинный подъём краёв всех геоэлектрических и сейсмических границ. Прогнутая геоструктура коры разбита СЗ внутрглыбовыми разломами на три блока, в которых локализованы аномальные площади афтершоков Олюторского облака, а в среднем из них — и всё облако Хаилинского землетрясения. Геоструктура разбита также рядом продольных СВ разломов, что характеризует её как грабен-синклиналь длиной около 175 км.

б. Звенья-отрезки региональных структур территории заключены между двумя поперечными межглыбовыми глубинными разломами. На западе — Парень-Таловско-Тиличикским, на СВ — Омолон-Каменско-Олюторским. Наиболее прогнутой продольной центральной частью глубинного разреза яв-



**Рис. 1.** Геоструктуры и блоки территории Хаилинского и Олюторского землетрясений [1] на фоне распределения афтершоков Олюторского облака [4] и профиля МТЗ-МОВЗ [2] с дополнениями КМК — Корякский микроконтинент; Вв-Вт — тект. зона — Вывенско-Ватынская тектоническая зона; Вп — Вывенская впадина; И.-Т. прогиб — Ильпинско-Тылговаямский прогиб; Г.-П — Говенско-Пылгинский антиклинорий. Показаны сейсморазрывы Олюторского (Ол) и Хаилинского (Хл) землетрясений, их эпицентры. Поперечные межглыбовые разломы: П-Т-Т — Парень-Таловско-Тиличикский, О-К-О — Омолон-Каменско-Олюторский

ляется часть, проявленной на поверхности Вывенской впадиной Ильпинско-Тылговаямского прогиба. В обе стороны (к ЮЗ и СВ) к поперечным разломам она выклинивается в кровле мезозойского и кристаллического фундаментов, как и весь глубокий разрез выклинивается к поперечным разломам по другим горизонтам коры и подошвы литосферы (М и М<sub>1</sub>). При этом согласно МТЗ длина впадины с глубиной в кровле кристаллического фундамента почти в 3 раза больше вышележащей. Это свидетельствует о том, что с глубиной поперечное сечение опущенной клавиши глыбы является в СВ сечении разреза трапецией. Сопредельные в разрезе воздымающиеся клавиши — глубинными клиньями.

в. Максимальный прогиб разреза середины геоструктуры отражён зонами потери корреляции сейсмических горизонтов и выделяется в интервале пикетов 222–225 ( $l = 12$  км) профиля МТЗ-МОВЗ близ с. Хаилино [2, 7].

г. Согласно интерпретации данных МОВЗ в интервале пикетов 222–225 профиля имеется глубинное сочленение северо-восточных Олюторского и Го-

венского террейнов [7]. Оно на поверхности может трассироваться по долине р. Вывенки. Это сочленение унаследовано облаком афтершоков Олюторского землетрясения.

д. Глубинное сочленение террейнов выделено как зона потери корреляции всех границ разреза. По нашему мнению зона в интервале пикетов 222–225 является колонной разломных дислокаций, которая прослеживается от верхней мантии (М<sub>1</sub> и М) до кровли кристаллического фундамента (Ф) [9].

е. Юго-западный фланг Олюторского облака определён зоной СЗ поперечного межглыбового Парень-Таловско-Тиличикского разлома, в которой гаснут сейсмические волны. Он же — западная граница субдукции Ватынского надвига, который как по «салазкам-рельсам» зоне разлома надвинут на окраину Корякского микроконтинента. На СВ облака роль салазок играет поперечный межглыбовый Омолон-Каменско-Олюторский разлом. Зоны поперечных межглыбовых разломов являются местом поглощения волн даже сильных землетрясений (с  $M \geq 7,6$ ) и в данном случае — Олюторское событие — экраном,



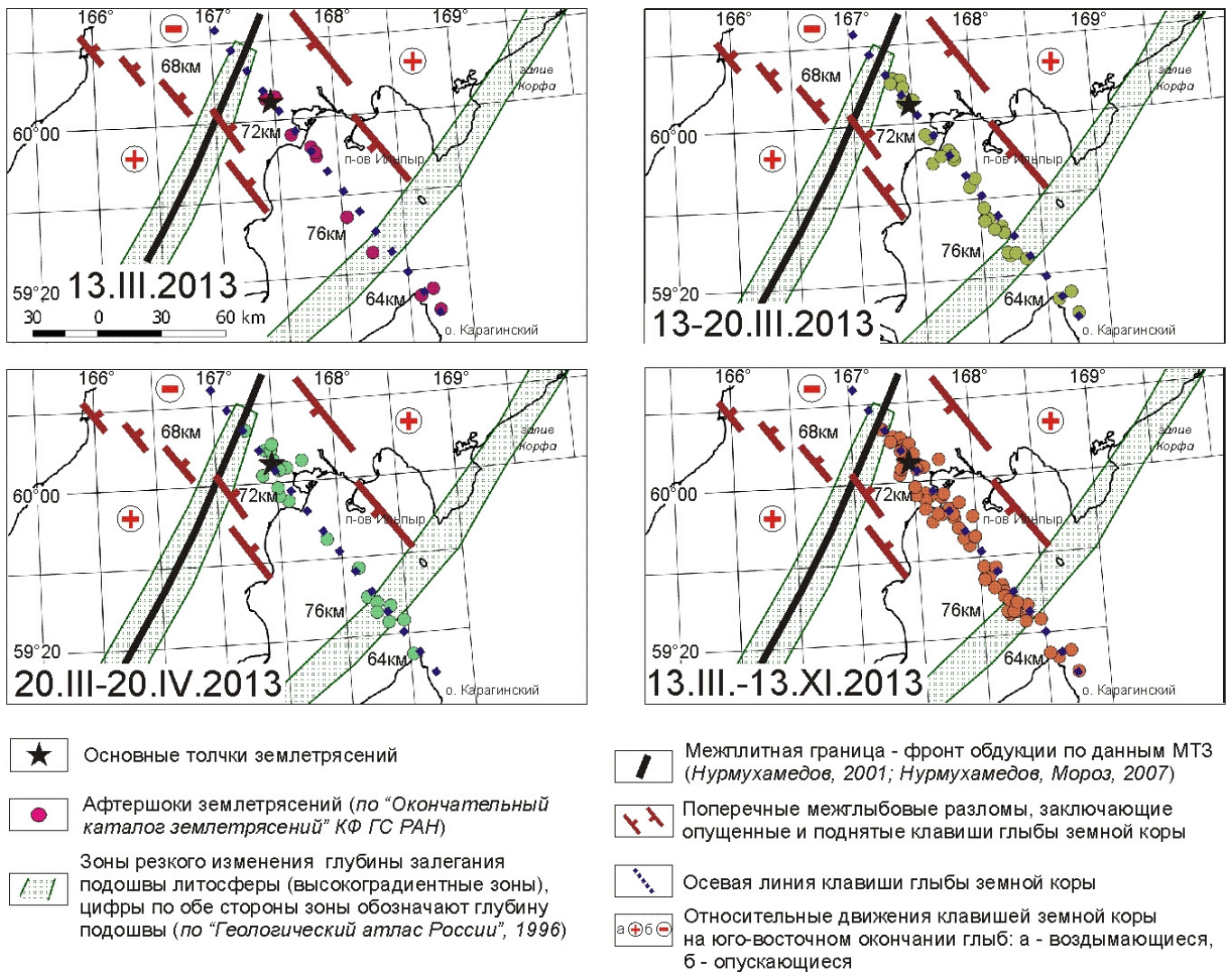


Рис. 2. Развитие афтершоковых процессов в первые и последующие дни Ильпырского землетрясения (13 марта 2013 г.)

за которым распространение волн к ЮЗ в дальнейшем маловероятно.

### Уроки Хаилинского землетрясения

ж. Разгрузка очага Хаилинского ( $H = 35$  км) и Олюторского ( $H = 0,6$  км) землетрясений локализована в зоне осевого Хаилинского СЗ разлома, образованного в киле (замке) середины прогнутого глубинного разреза опущенной глыбы земной коры Олюторского залива [9].

з. Хаилинская дизъюнктивная колонна возникла на юго-востоке высокоградиентной зоны в подошве литосферы и прослеживается согласно геофизическим данным на юго-восток, о чём свидетельствует также и афтершок № 13 Олюторского землетрясения в фиорде бухты Сомнения на берегу Олюторского залива.

и. Очаг Хаилинского землетрясения возник в низу сквозькоровой дизъюнктивной колонны, ортогональной зоне сочленения региональной СВ Ильпинско-Тылговаямской грабен-синклинали и СВ

Говенско-Пылгинского горст-антиклинория, и отражающей сочленение на глубине Олюторского и Говенского террейнов. На поверхности прослеживается по линии бухта Сомнения, Хаилинский разлом, р. Уйвинваям.

к. Резкое (вдвое) расширение долины р. Вывенки у с. Хаилино, дискордантный поворот русла и закартированный по нему СЗ разлом (Хаилинский) являются свидетельством наличия выхода этого поперечного осевого разлома на поверхность. Разлом отражён в магнитном и гравитационном полях и к нему приурочена зона потери корреляции (поглощения волн) МОВЗ при прослеживании глубинных границ разреза по профилю МТЗ-МОВЗ п. Корф-Верхнее Пенжино в интервале пикетов 222–225.

л. Накопление напряжений в колонне-киле прогнутого разреза после Хаилинской «разгрузки» ведёт к дальнейшему улучшению скважности колонны: поры, пустоты, вакансии вместе с газами и растворителями мигрируют вверх, где происходит новый толчок близ поверхности — Олюторское землетрясение.

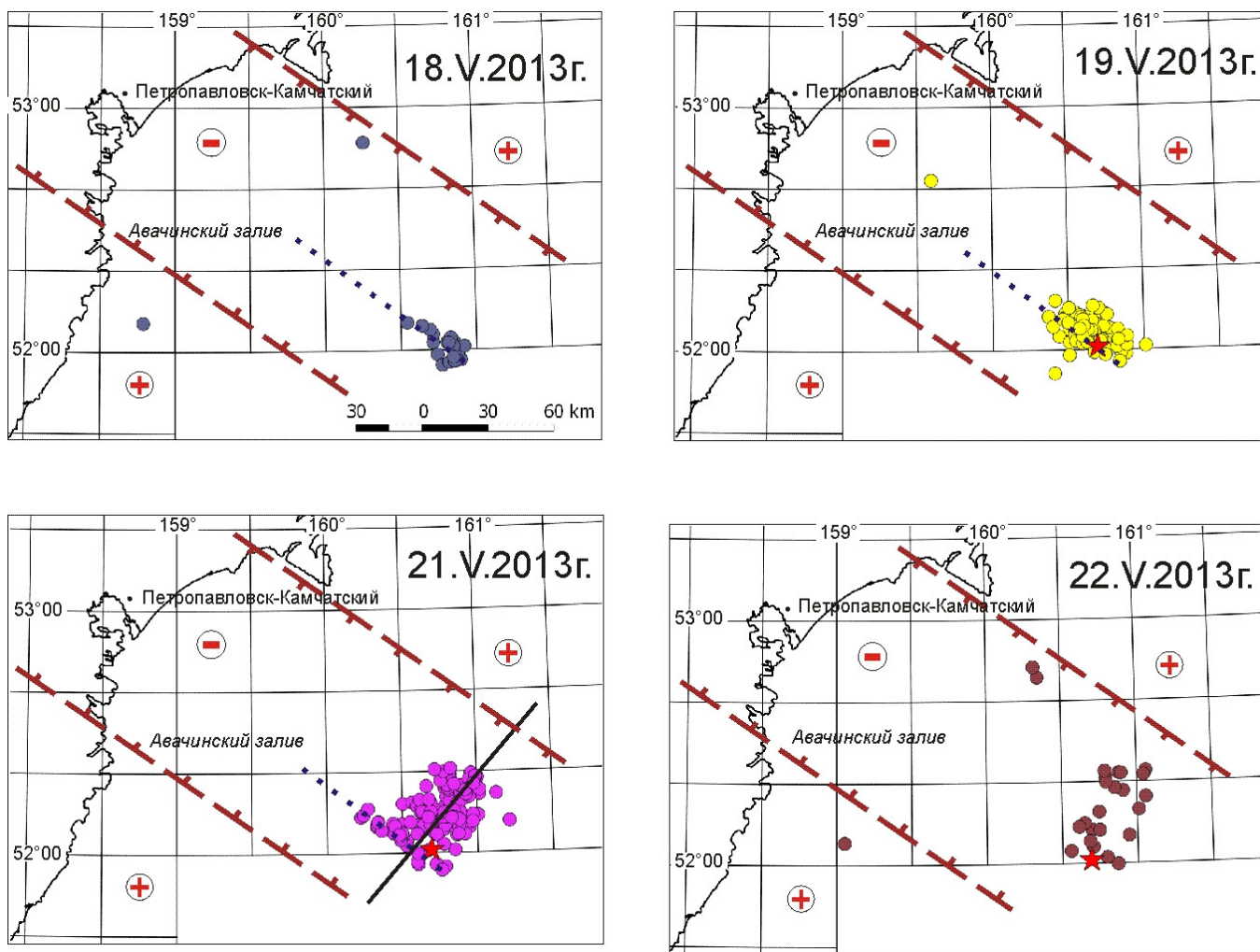


Рис. 3. Развитие форшоковых (18 мая 2013 г.) и афтершоковых (после 19 мая 2013 г.) процессов в первые дни Авачинского землетрясения (18 мая 2013 г.). Условные обозначения см. рис. 2

ние ( $H = 0,6$  км). Повторная, уже приповерхностная разгрузка, привела к разрывам на поверхности — сдвигам и сбросам вдоль СВ оси грабен-синклинали и на её границе с горст-антиклиналью. Хаилинское землетрясение было форшоком Олюторского, подготовившего колонну к повторной разгрузке.

В глубинном разрезе опущенных клавиш грабен-синклинали земной коры Олюторского залива на его максимальном прогибе в киле (замке) концентрируются при вращении Берингии максимальные напряжения. Это приводит к миграции пор, пустот, вакансий и флюидов, образующих колонну разлома. В низу колонны (35 км) происходит Хаилинский толчок. Продолжение накопления напряжений возбуждает взрыв у поверхности разгрузки. Происходит толчок Олюторского события вверху ранее подготовленной колонны. При единой колонне обоих землетрясений разрядка их напряжений определена геодинамическим состоянием и ко времени Олюторского события локализована в наиболее погруженном и напряжённом среднем глубинном блоке грабен-синклинали. Разрядка сняла напряжение, а его Олюторское событие распространилось орто-

гонально ( $135^\circ$ ) своему форшоку с образованием СВ продольных разрывов на поверхности.

#### О некоторой закономерности вероятного положения сейсмоструктур ряда землетрясений на окраине континента

Обратимся к другим землетрясениям на окраине континента с целью использования механизма, предложенного выше для сейсмоструктурной Хаилинского землетрясения.

Ориентировка облака Хаилинского землетрясения (рис. 1) и афтершокового Ильпырского (2013 г.) (рис. 2), Авачинского (18 мая 2013 г.) (рис. 3) землетрясений свидетельствует о вероятной связи их основного толчка и простираения афтершоков с разломными дислокациями, возникающими в клях прогнутых геоструктур глыбово-клавишной структуры земной коры на активной современной окраине континента.

В замках поднятой геоструктуры на осевой линии поднятой глыбы Олюторского полуострова располагается в сочленении Берингоморского поднятия и Корякского микроконтинента Корякское



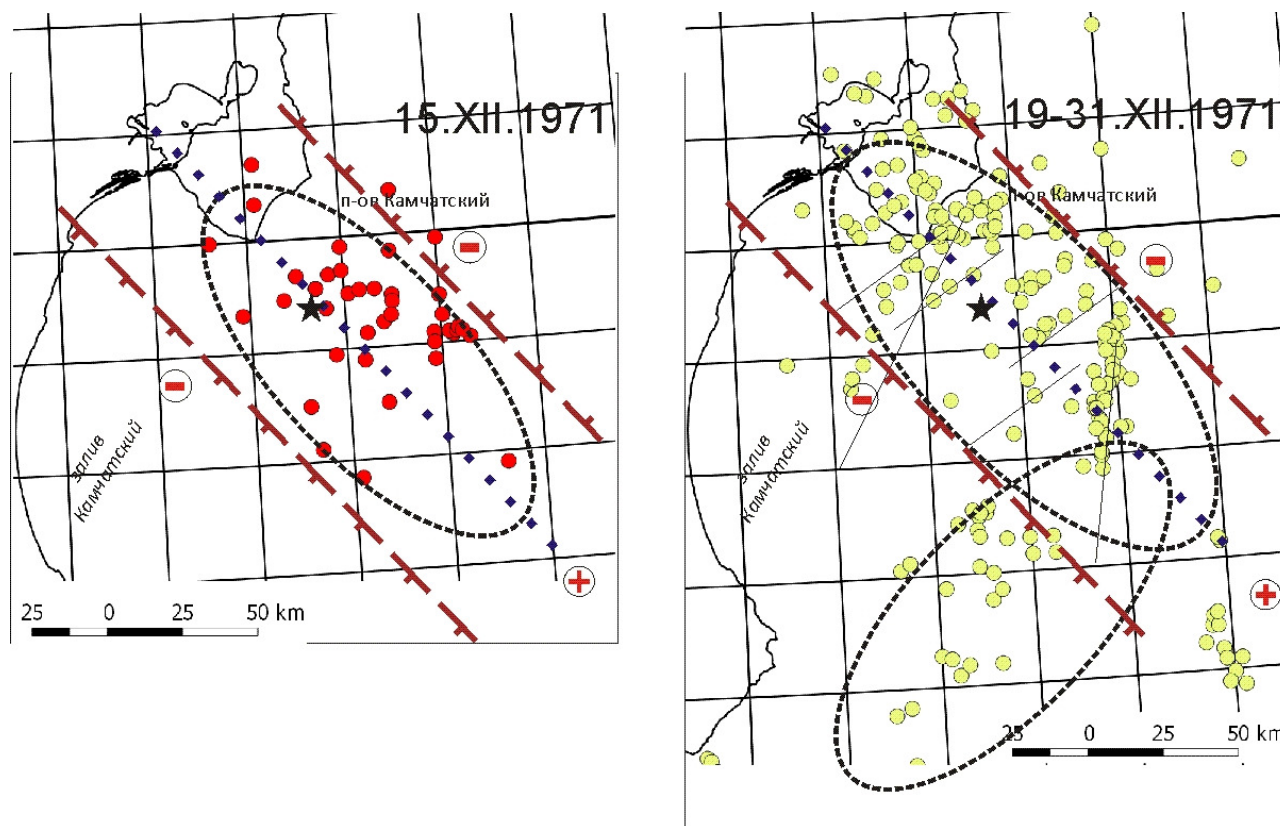


Рис. 4. Развитие афтершоковых процессов в первые дни Усть-Камчатского землетрясения (15 декабря 1971 г.). Условные обозначения см. рис. 3

землетрясение. К поднятию п-ова Камчатский мыс на Камчатке приурочена ось эллипса Усть-Камчатского события (1971 г.) (рис. 4). Осевые поперечные линии систем звеньев, образующих СЗ глыбы, известны в виде разломов в металлогении. Например, к ЮЗ от Парень-Таловско-Тиличикского разлома определена воздымающаяся глыба п-ова Говена-Ильпинского-Ильпыр. Здесь внутрикоровые осевые СЗ разломы глыб являются разломно-блоковыми геоструктурами, формирующими протяжённые (десятки км) линейные разноблоковые горсты и грабены. В блоках горстов на поверхность выведены глубинные части разреза, в частности, в серо-золотоносном осевом Малетойваямском «разломе-горсте» выведена линейная СЗ колонна вторичных кварцитов с глубинными высокотемпературными фациями с корундом, анатазом, диаспором, жильным кварцем, вольфрамом, молибденом и т. п. Разлом фиксирует максимум поднятия — замок поднятого разреза воздымающейся глыбы, отраженной в данных сейсморазведки и МТЗ.

Следует отметить, что В. А. Салтыков [6], оценивая Ильпырское землетрясение и считая его «...наиболее значительным в цепи последующих землетрясений» (стр. 195) пишет в выводах: «...Анализ показал, что выявленная при оперативной обработке линейная структура эпицентров в Карагинском заливе в мае-сентябре 2013 г., вероятно, является артефактом» (стр. 199). Нам жалко рас-

ставаться с красивой гипотезой связи локализации очага Ильпырского землетрясения и его афтершоков с разломной дислокацией в киле (замке) геоструктуры — прогнутой клавиши земной коры Кичигинского залива (рис. 2). Поэтому обратимся к ещё двум событиям. На рис. 3 показано развитие процесса в Авачинском заливе и ещё более раннего — Усть-Камчатского землетрясения (рис. 4). Первые дни событий показывают вероятную приуроченность разгрузки по разломным дислокациям в осевом сечении геоструктур окраины клавиш земной коры (рисунки 3–5 составлены Г. П. Яроцким и И. В. Василюком). В последующем релаксация наследует северо-восточный разломный геодинамический план зоны субдукции Камчатки, постоянно находящийся в режиме «ожидания и приёма» волн.

Предлагается схематический геологический разрез по линии: эпицентр Ильпырского землетрясения — Малетойваямский осевой разлом — Хаилинский эпицентр — Корякский эпицентр (рис. 5). Разрез опущенной глыбы Олюторского залива близок к установленному по профилю МТЗ-МОВЗ [2, 7], в остальных случаях отражена концепция глыбово-клавишной структуры земной коры на активной окраине континента. Показаны глыбы земной коры и их разрезы в воздымающихся и опускающихся условиях глубинных движений. В центральных частях глыб показаны установленные осевые разломные поперечные дислокации (Малетойваямский —

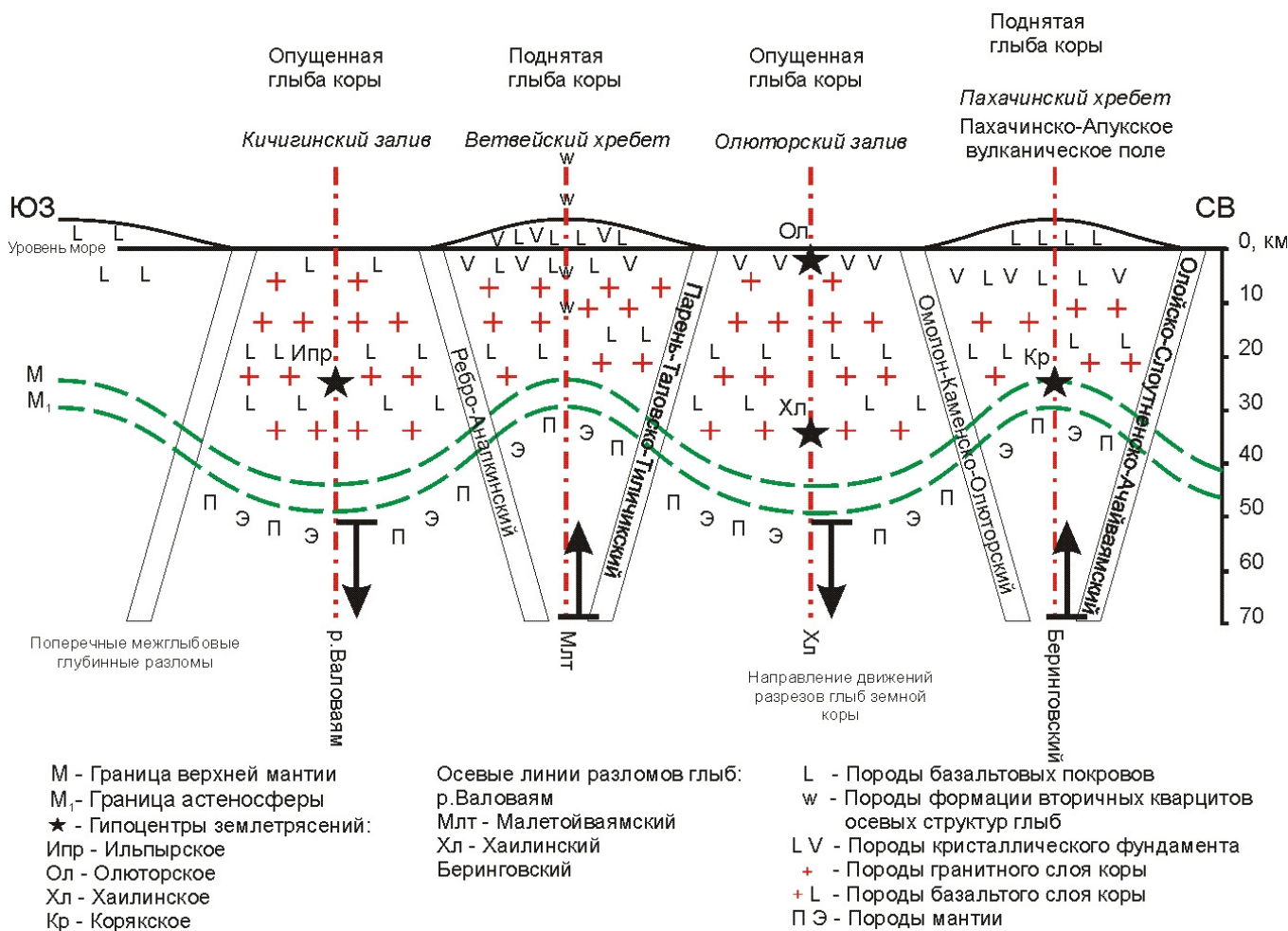


Рис. 5. Схематический глубинный геологический разрез по линии Ильпырское землетрясение (13 марта 2013 г.) – эпицентр Корьякского землетрясения (13 октября 1988 г.).

см. стр. 7, Хаилинский) и предполагаемые (р. Валоваям и Беринговский [1]). Геологический разрез приведён по синтезу разных взглядов на глубинное строение окраины континента.

## Выводы

1. Ориентировка облаков и простирающие названных выше «именных» землетрясений свидетельствуют об отсутствии связи их только с какой-либо одной геоструктурой, а отражают разломно-блоковый структурный план территории.

2. Геоструктуры клавишей глыб земной коры на современной окраине континента СВ Азии вне условий их геотектонического движения (воздымающиеся-опускающиеся) испытывают максимум напряжений в замках (килях) их слоёв, что создаёт линейную СЗ колонну в коре и проявляется в разломах на поверхности.

3. Глыбово-клавишная структура земной коры на активной окраине континента на СВ Азии может быть полезной при оценке связей сейсмичности и тектоники.

## Список литературы

1. Апрежков С. Е., Декина Г. И., Попруженко С. В. Особенности геологического строения Корьякского нагорья и бассейна р. Пенжины // Тихоокеанская геология. 1997. Том. 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-Корьякской складчатой зоны в пределах профиля Корф-Верхнее Пенжино // Олюторское землетрясение 20(21) апреля 2006 г. Корьякское нагорье / Отв. ред. Чебров В. Н.. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2007. 290 с.
3. Карта полезных ископаемых Камчатской области м-ба 1:500 000. Листы 2–8, 11. Ред. Литвинов А. Ф., Паточка М. Г., Марковский Б. А. Редакторы-составители Фролов Ю. Ф. и др. СПб., Карт. фабрика ВСЕГЕИ. 1999. 19 л.
4. Ландер А. В., Букчин В. Г., Дроздин Д. В. и др. В сб. Геодинамика и прогноз землетрясений. Вычислительная сейсмология. М.: Наука, 1994. Вып. 26. С. 103–122.
5. Мороз Ю. Ф. Строение осадочно-вулканогенного чехла Камчатки по геофизическим данным // Тихоокеанская геология. 1991. №1. С. 59–67.

---

## **Секция III**

Современные гидротермальные системы:  
геотермия, геохимия, постмагматические процессы.  
Вулканогенное рудообразование.  
Новые методы исследования и оборудование.



6. Салтыков В. А. Необычная сейсмическая активизация в Карагинском заливе (март-сентябрь 2013 г.). Тр. IV научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга ДВ России». 29 сентября-5 октября 2013 г. Петропавловск-Камчатский. С. 195–199.
7. Федотов С. А., Чехович В. Д., Егоркин А. В. Неогеновая глубинная структура юга Корякского нагорья и современная сейсмичность региона // ДАН, 2011. Том. 437. №5. С. 655–658.
8. Яроцкий Г. П. Отражение в Центрально-Камчатском вулканическом поясе разрывной тектоники его основания // Геол. строение и полезные ископаемые Камчатки. М.: 1983.
9. Яроцкий Г. П., Василюк И. Н., Митрофанов М. О. Сеймотектоническая структура Хаилинского землетрясения. Труды IV научн.-тех. конф. «Проблемы комплексного геофизического мониторинга ДВ России». Петропавловск-Камчатский. С. 215–219 (см. п. 6).