

Разломная тектоника Япономорской впадины

Л.А.ИЗОСОВ (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН); 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43),
 В.И.ЧУПРЫНИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТИГ ДВО РАН); 690041, Владивосток, ул. Радио, д. 7),
 Ю.И.МЕЛЬНИЧЕНКО, Н.С.ЛИ, К.Ю.КРАМЧАНИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева (ТОИ ДВО РАН); 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43)

Разломная тектоника Японского моря определяется тем, что в данном регионе существуют два структурных этажа: преимущественно мантийный (нижняя–средняя мантия) и литосферный. В первом глубинные разломы образуют тектонический каркас, сформированный в результате быстрых хрупких деформаций в жёстком субстрате. В пределах второго, тесно связанного в своём развитии с подстилающей его астеносферой, господствуют вихревые структурные линии.

На основе геолого-геофизических данных и материалов космической альтиметрии Япономорская впадина рассматривается как литосферная вихревая структура.

Ключевые слова: регматическая сеть, вихревая структура, сейсмолинеаменты, мантийный диапир.

Изосов Леонид Александрович
 Мельниченко Юрий Иванович
 Ли Наталья Сергеевна
 Крамчанин Константин Юрьевич



izos@poi.dvo.ru
 yumel@poi.dvo.ru
 lee@poi.dvo.ru
 altair@poi.dvo.ru

Fault tectonics of the Sea of Japan basin

L.A.IZOSOV (Pacific Oceanological Institute V.I.Il'ichev, Far East branch, Russian Academy of Sciences),
 V.I.CHUPRYNIN (Pacific Institute of geography, Far East branch of the Russian Academy of Sciences),
 YU.I.MELNICHENKO, N.S.LEE, K.YU.KRAMCHANIN (Pacific Oceanological Institute V.I.Il'ichev, Far East branch, Russian Academy of Sciences)

The fault tectonics of the Sea of Japan is defined by the fact, that in this region there are two structural floors: mainly mantle (lower–average Mantle) and lithospheric. In the first deep faults, form the tectonic framework created as a result of fast friable deformations in a rigid substratum.

Within the second, intimately the bound in the development with the underlying asthenosphere, vortex structural lines dominate. Because of geological and geophysical data and materials of space altimetry, the Japanese depression consider as a lithospheric vortex structure.

Key words: Regmatic network, vortex structure, seismic lineaments, Mantle diapir.

Японское море в геологическом отношении является одним из наиболее изученных окраинных бассейнов Дальнего Востока. Разломной тектонике Япономорской впадины (ЯВ) посвящены многочисленные публикации российских и зарубежных учёных, таких как И.И.Берсенева, Н.П.Васильковский, Б.Я.Карп, В.М.Ковылин, Р.Г.Кулинич, Ю.В.Шевалдин, Ю.С.Липкин, Е.П.Леликов, Ю.Б.Евланов, В.Л.Безверхний, А.С.Сваричевский, К.И.Сигова, П.А.Строев, С.Уеда, Т.Кобаяси [3, 5, 7, 25].

Цель настоящей статьи – обобщение представлений о разломной тектонике Япономорской впадины с учё-

том данных современных исследований и разработок по этой проблеме авторов данной публикации, поставивших перед собой задачу на первом этапе исследования проанализировать имеющиеся обширные геоморфологические и геолого-геофизические построения предшественников, которые послужили методической основой для выявления в регионе разломной сети. На следующем этапе разломная тектоника ЯВ была изучена с помощью линеаментного анализа с привлечением новейших геолого-геофизических, геоморфологических и сейсмологических данных, а также материалов

космической альтиметрии [11]. При этом здесь была выделена и описана Япономорская литосферная вихревая структура в понимании Ли Сы-гуана [20], сформированная в результате вращательного сдвига в зоне геодинамического взаимодействия Евроазиатской и Тихоокеанской плит [12, 13, 33, 40]. Характер такого взаимодействия определяется тем, что Тихоокеанская плита с середины олигоцена по настоящее время испытывала систематические повороты как по, так и против часовой стрелки с амплитудами смещения до нескольких сотен километров [21, 47 и др.].

Следует отметить, что В.П.Уткин [37 и др.] рассматривал область сочленения Азиатского материка и Тихоокеанской океанической плиты как Восточно-Азиатскую глобальную сдвиговую зону, в которой в позднем мезозое–кайнозое произошла мощная рифтогенная деструкция континентальной коры. В результате, по его мнению, сформировался пояс окраинных морей – как содвиговых структур растяжения. То есть вопрос о наличии в этом регионе вихревых литосферных структур данным исследователем не ставился.

Методы исследования. Основным методическим приёмом выявления предшественниками разломов в Япономорской впадине служил хорошо известный линеаментный анализ [17, 43 и др.], при проведении которого широко использовались как геоморфологические, так и геолого-геофизические данные. В современном понимании это один из наиболее эффективных методов изучения глубинного строения территорий, который был применен для решения поставленной в настоящей статье задачи [10 и др.]. Также был проведён автоматизированный линеаментный анализ рельефа дна Японского моря с помощью специализированной компьютерной программы WinLessa [8], которая, опираясь непосредственно на яркостные и спектральные свойства изображения, выделяет линейные элементы («штрихи»), а затем по ним строит линеаменты и другие статические характеристики. В качестве материалов для автоматизированной обработки использованы данные космической альтиметрии (база ETOPO1). Выделенные программой линеаменты были вынесены на схему основных систем разрывных нарушений по Ю.В.Шевалдину [41], и построена роза-диаграмма их основных направлений.

Термин «линеамент» был впервые предложен У.Хоббсом в качестве обозначения линейно вытянутых элементов рельефа и геологической структуры [43]. В 1930-е годы Г.Штиле опубликовал схему «Кардинальные линеаменты Европы». Простирающиеся горные хребты, впадины и других элементов рельефа подчиняются регматической сети разломов [2 и др.], описанной ещё Р.Зондером как линеаментная тектоника [46], которая включает ортогональную (меридиональную и широтную) и диагональную (северо-западную и северо-восточную) системы.

Главный классификационный признак линеаментов – их принадлежность к разрывным структурам земной

коры. Как известно, крупные разломы глубинного типа на дневной поверхности отражаются в геофизических полях линейными и линейно-кольцевыми аномалиями. В настоящее время линеаменты зачастую сейсмоактивны и обычно рассматриваются как крупнейшие линейные, дугообразные или кольцевые элементы рельефа, связанные с глубинными неоднородностями земной коры и литосферы различной иерархии и времени заложения [33].

Исходные данные. Т.Кобаяси [44] одним из первых предположил наличие разломов в Япономорской впадине. Он считал, что ЯВ возникла в мезозое при отделении Японских островов от Азиатского материка и перемещении их на восток.

Базовым материалом для выделения разломов Японского моря послужила карта мегатрещиноватости, составленная Ю.С.Липкиным, а также карты мощности осадочного слоя, глубины залегания фундамента, мощности земной коры, аномалий магнитного поля, аномалий силы тяжести, теплового потока и типов земной коры. При последовательном наложении этих карт на карту мегатрещиноватости предшественникам удалось выделить линейные зоны, разломная природа которых определялась по одному или нескольким признакам [5]. Большой вклад в дело изучения разломов котловины Японского моря внёс Ю.В.Шевалдин [41 и др.], проводивший в этом регионе систематические морские геофизические исследования. Выделенные этим автором системы разрывных нарушений и зон повышенного теплового потока явно отражают дизъюнктивную планетарную сеть [2, 16, 46 и др.]. Таким образом, предшественники широко использовали геоморфологические и геолого-геофизические данные, являющиеся основой для линеаментного анализа.

Главные разломы, определившие структуру Японского моря, представлены раздвигами, сбросами и сдвигами (рис. 1). При этом выделяются дизъюнктивы, связанные с преимущественным растяжением земной коры и возникшие в зонах сжатия, то есть в результате проявления горизонтальных движений [4, 5, 25]. Среди них по своему геологическому значению и размерам были намечены разломы первого, второго и третьего порядков. Разломы первого порядка отличаются глубоким заложением, длительностью существования, большой протяжённостью и разделяют блоки с континентальным, субконтинентальным и субокеаническим типами земной коры. Разломы второго и третьего порядков распространены внутри крупных блоков. По времени заложения рассматриваемые структуры отнесены к трём группам: допозднемиоловой, позднемиоловой и кайнозойской [34]. В отличие от суши, на дне моря дизъюнктивы лишь иногда могут быть намечены по находкам при драгировании брекчированных, милонитизированных и других динамометаморфических пород. Более или менее достоверно разломы (сдвиги, сбросо-сдвиги, раздвиги) установлены в тех случаях,

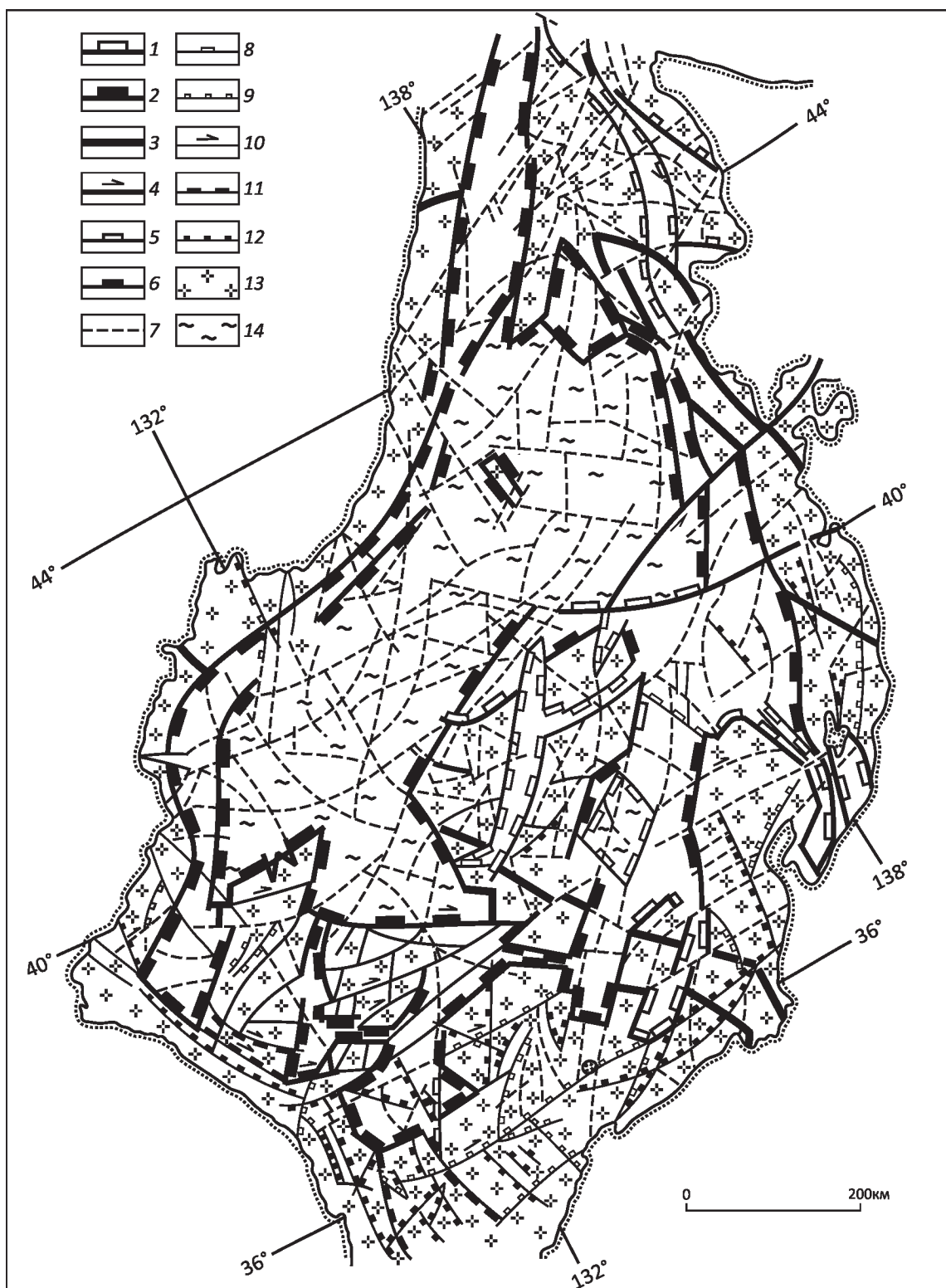


Рис. 1. Карта разломов котловины Японского моря [5]:

разломы: 1–3 – I порядка (3 – палеозойского возраста заложения), 4–6 – II порядка, 8–12 – III порядка (7 – прочие разломы предположительно кайнозойского возраста заложения); раздвиги: 1, 5, 8 – кайнозойского и 2, 6, 11 – позднемиоценового возраста заложения; сбросы: 9 – кайнозойского и 12 – мезозойского возраста заложения; 4, 10 – сдвиги; кора: 13 – материкового, субматерикового и 14 – субокеанического типов

когда они служат границами тектонических блоков [7 и др.]. Кроме того, на составленных картах и схемах разломов (линеаментов) Японского моря они, как правило, лишь в отдельных случаях были увязаны с дизъюнктивными его континентального и островного обрамления [41 и др.]. Позднее Л.А.Масловым и В.М.Анохиным [22] в российской части Японского моря с использованием геоморфологических и геофизических данных была выделена линеаментно-дизъюнктивная сеть, отвечающая четырём главным направлениям планетарной трещиноватости.

Очень важно то, что в Япономорском регионе, начиная с 1960-х годов, Е.А.Радкевич, М.А.Фаворская, Т.Н.Томсон, И.К.Волчанская и др. [1, 9, 26, 27, 31, 32] разрабатывали методику дешифрирования рельефа земной поверхности и материалов дистанционного исследования Земли для выявления зон скрытых разломов фундамента с составлением карт мегатрещиноватости, зон концентрации разломов и др. В дальнейшем на базе этих исследований в континентальной части Дальневосточного региона была установлена сеть долгоживущих мантийных разломов широтного («азиатская» система), меридионального, северо-восточного («тихоокеанская» система) и северо-западного простирания. Позднее в северной части дна Тихого океана была намечена и прослежена далее в пределы его континентального обрамления устойчивая система субширотных линеаментов докембрийского заложения [15]. Поэтому можно предположить, что существует рама мантийных разломов, постоянно функционирующих в нижней мантии (доходя до ядра).

Данные разломы время от времени, по-видимому, перекрываются движущимися тектоническими пластинами и, таким образом, как бы маскируются. Однако они являются ослабленными магмоконтролирующими зонами и поэтому «просвечивают» сквозь перекрывающие их образования. С этих позиций легко понять, почему в пределах покровно-складчатых структур помимо свойственных им тектонических линий «читается» и планетарная трещиноватость [9, 27].

Благодаря работам, основанным на интерпретации обширных геоморфологических, геологических и геофизических данных, в Западно-Тихоокеанском регионе были выделены мегаморфоструктуры центрального типа окраинно-материкового ряда, для которых характерна кора материкового, промежуточного и океанического типов [39]. В рассматриваемой Япономорской мегаморфоструктуре, центром которой является возвышенность Ямато, хорошо выражены дуговые линеаменты. Считается, что в мезозое–кайнозое она испытала интенсивное погружение с крупными преобразованиями тектонической структуры и рельефа.

Таким образом, предшественниками был получен огромный фактический материал, с помощью которого удалось установить основные черты разломной и глубинной структуры Японского моря. Составленные

ими карты разломов отражают регматическую сеть [16, 28, 15 и др.], а также дуговые разрывные нарушения, связанные с раскрытием Японского моря. Таким образом, в ЯВ была установлена долгоживущая глубинная разломная рама (тектонический каркас), которая в виде сквозных (трансрегиональных) линеаментов фиксируется на карте рельефа поверхности Мохо [28].

Результаты и их обсуждение. При обработке рельефа дна Японского моря по программе WinLessa, также проявились элементы регматической сети, выделенной Ю.В.Шевалдиным [41]. В ходе анализа построенной розы-диаграммы (рис. 2) по данным автоматизированного анализа установлено, что, во-первых, на данной территории доминируют линеаменты восток-северо-восточного и запад-северо-западного простирания (70° – 80° и 280° – 300°), а во-вторых, слабо выражены диагональная (50° – 60° , 320° – 330°) и меридиональная системы направления линеаментов ЯВ. На севере Японского моря преобладают линеаменты субширотного и северо-западного простирания, которые прослеживаются и на материке. Полученные результаты показали хорошую корреляцию выделенных линеаментов с зоной Юго-Западных разломов и фрагментарно – с Окчонским, Центральным Япономорским и Западно-Хонсюским швами. Серия сравнительно коротких линеаментов размещается параллельно Северо-Ямагинскому и Западно-Хонсюскому швам. Кроме того, линеаменты также чётко отражают разрывные нарушения широтного простирания.

Характерно, что выделенный тектонический каркас является весьма подвижным, фиксируется гравиметрическими данными и контролирует размещение множества эпицентров землетрясений в ЯВ [13, 19, 33], в связи с чем авторами данной публикации была намечена сеть сейсмолинеаментов (рис. 3).

По данным сейсмологических исследований [38 и др.] установлено, что Земля в основном является твёрдой – вплоть до внешнего ядра. И только под жёсткой и хрупкой литосферой (кора+часть верхней мантии) расположена ослабленная пластичная оболочка – астеносфера мощностью 80–200 км, которая может достигать 400 км.

Таким образом, сеть сквозных трансрегиональных линеаментов, отражающих глубинные разломы, заложена и функционирует в жёстком субстрате в пределах средней и, возможно, нижней мантии как реакция на сравнительно быстрые изменения скорости вращения Земли и периодическое сжатие–растяжение вдоль оси геоида.

Судя по тому, что гипоцентры наиболее глубинных землетрясений в Япономорском регионе достигают глубины 670 км, они зарождаются в слое Голицына (мезосфере) на глубине 400–670 км, а возможно и в верхах нижней мантии. Это свидетельствует о том, что регматическая сеть Япономорского региона постоянно тектонически активна [13].



Рис. 2. Схема разломной тектоники Япономорской впадины:

1 – структурные швы и разломы континентального и островного обрамления Японского моря; 2 – структурные швы и разломы Японского моря (цифры в кружках), выделенные по данным морских геофизических исследований [41]: 1 – Северо-Западный, 2 – Южно-Приморский, 3 – Восточно-Приморский, 4 – Северо-Яматинский, 5 – Окчхонский, 6 – Южно-Яматинский, 7 – Центральный Япономорский, 8 – Цусимский, 9 – Хонсуйский, 10 – Яматинский, 11 – Западно-Хонсуйский, 12 – Юго-Западные; 3 – линейные элементы, выделенные с помощью программы WinLessa и роза-диаграмма направлений линейных элементов Япономорской впадины

Необходимо подчеркнуть, что И.И.Берсенева с соавторами [3] в своё время выдвинули идею, согласно которой Японское море сформировалось в результате подъёма мантийного диафрагма, вращавшегося против

часовой стрелки. Рассмотренный ими механизм формирования окраинных морей заключается в следующем: поступление мантийного материала способствует центральному растеканию астеносферного вещества,

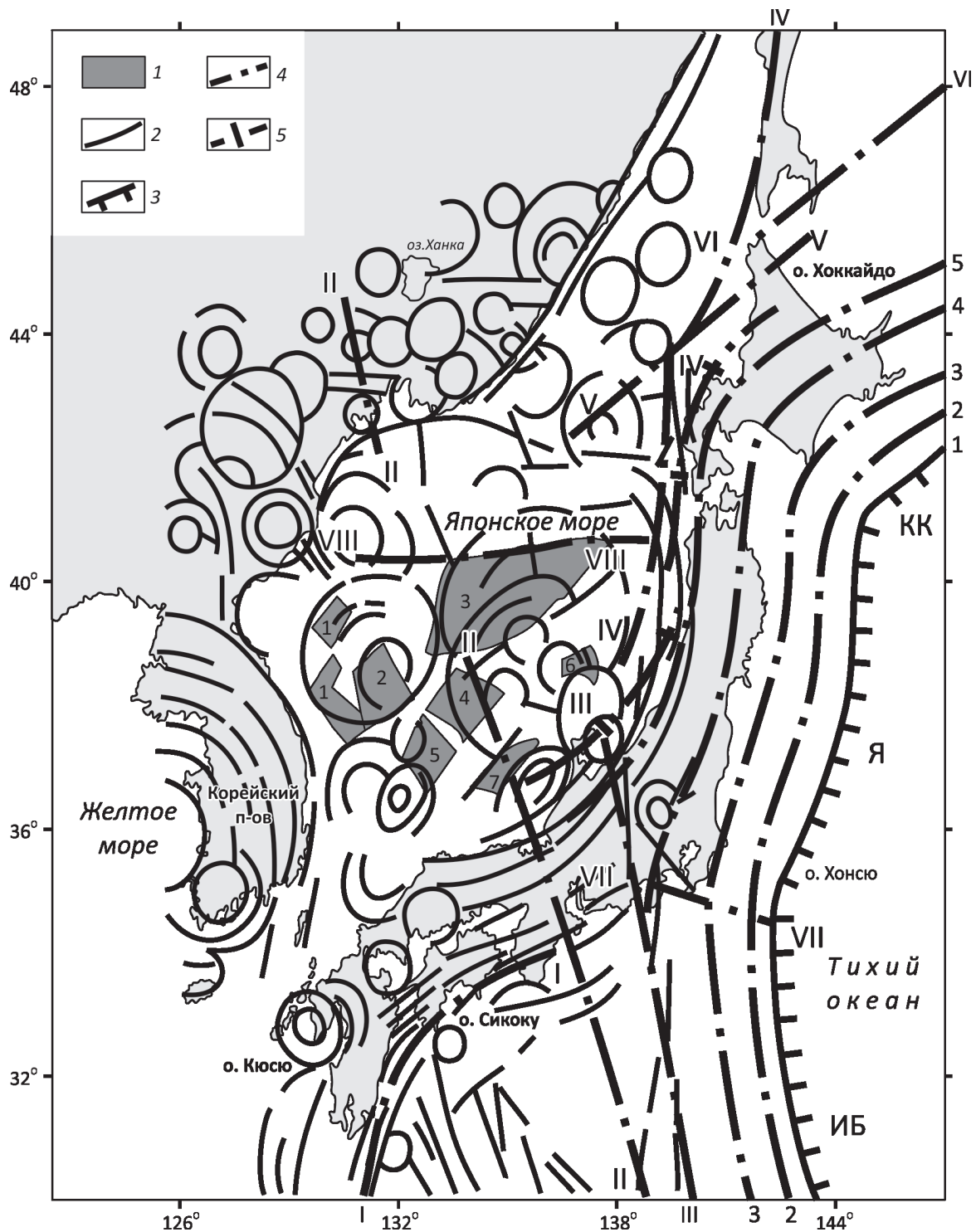


Рис. 3. Тектоническая карта Япономорской впадины:

1 – континентальные блоки Япономорской впадины с архейско-раннепротерозойским фундаментом [9]: Восточно-Корейский (1), Криштофовича (2), Ямато (3), Кита-Оки (4), Западный Оки (5), Хакусан (6) и Восточный Оки (7); 2 – линейменты, выделенные по данным космической альтиметрии [12]; 3 – глубоководные желоба: Курило-Камчатский (КК), Японский (Я), Идзу-Бонинский (ИБ); 4 – сейсмолинейменты первого порядка: I – Нансей-Мацуэ, II – Западный Нампо-Хасан, III – Центральный Нампо-Итоигава-Шизуока, IV – Западный Хонсю-Западный Сахалин, V – Вакканай, VI – Лаперуза, VII – Нодзима, VIII – Центрально-Япономорский; линейменты, входящие в систему желобов: Курило-Камчатского и Японского (1–5), Идзу-Бонинского (1–3); 5 – сейсмолинейменты второго порядка

интенсивному растяжению и рифтогенезу, что приводит к общему опусканию кровли диапира и формированию впадины окраинного моря.

Как выяснилось в дальнейшем, эта идея оказалась весьма плодотворной. Так, в последние годы Япономорская впадина, как и другие Западно-Тихоокеанские моря, стала рассматриваться камчатскими геологами [6, 18, 24 и др.], а затем и авторами настоящей публикации на основе линеаментного анализа [12, 13, 33, 40] как литосферная вихревая структура.

Ряд линейных и кольцевых линеаментов, выявленных в Южном Приморье и на шельфе Японского моря по геоморфологическим и геофизическим данным, был завершен Л.А.Изосовым [27] при проведении мелкомасштабной геологической съёмки шельфа и материкового склона Японского моря (листы К-52, К-53; ОАО «Дальморгеология», 2003 г.). В данном случае имелась возможность непосредственно проследить главные структурные линии в направлении от континента к Япономорской впадине. В результате полевых исследований было установлено, что данные линеаменты выражены зонами дробления, милонитизации, расщепления и интенсивной трещиноватости пород, а также фиксируются дайками и кварц-полевошпатовыми жилами, выполняющими разрывные нарушения.

Разломная структура Япономорской впадины обусловлена тем, что она расположена в транзитной зоне континент–океан, где активно протекали как древние, так и современные тектонические и геоморфологические процессы. При этом происходила переработка–обновление одних дизъюнктивов и наложение на них более поздних разрывов в связи с развитием как вертикальных, так и горизонтальных дислокаций [6, 12 и др.]. Характерно, что на схематической карте аномального гравитационного поля ЯВ в редукции Буге [35] отчётливо проявляются линейные, дуговые и кольцевые структурные линии, выраженные зонами гравитационных градиентов (рис. 4).

Формирование Япономорской вихревой структуры происходило в связи с раскрытием Японского моря преимущественно в миоцене [7, 42] из-за геодинамического взаимодействия Евроазиатской и Тихоокеанской плит [12, 13, 40], спровоцировавшего развитие площадного базальтового вулканизма и интенсивной сейсмической активности [13, 14, 33]. Характерно, что вращательные движения фиксируются на Японских островах и в настоящее время [29, 45].

Впервые подробно описанная [12, 13, 33, 40] Япономорская вихревая структура является преимущественно литосферным образованием: она чётко фиксируется [33] на картах аномального гравитационного поля в редукции Фая (аномалии «в свободном воздухе») [36] (рис. 5, А) и аномального магнитного поля [23] (см. рис. 5, Б), что свидетельствует о её глубинной природе. Кроме того, названная вихревая структура достаточно уверенно выделяется при совместной интерпретации

данных космической альтиметрии (ЕТОРО1) и различных геолого-геофизических методов исследований, которые в целом отражают её циклональный характер (см. рис. 3).

Примечательно, что под Западно-Тихоокеанскими окраинными морями расположены активные выступы астеносферы [30], из которых поднимаются мантийные диапиры и где, вероятно, происходит зарождение вихревого движения. Как известно [38 и др.], астеносфера является главным источником магматической деятельности на планете и характеризуется пониженной вязкостью. Возникающие в ней расплавы испытывают медленные горизонтальные и вертикальные перемещения, формирующие мантийные диапиры и, как следствие, литосферные вихри и окраинные моря. При этом образование данных структур происходит в течение длительного (геологического) времени, когда жёсткая литосфера ведёт себя как вязкая жидкость.

Таким образом, разломная тектоника Японского моря определяется тем, что в данном регионе существуют два структурных этажа: преимущественно мантийный (нижняя–средняя мантия) и литосферный. В строении первого глубинные разломы образуют долгоживущий тектонический каркас, сформированный в результате быстрых хрупких деформаций в жёстком субстрате. В пределах второго, тесно связанного в своём развитии с подстилающей его астеносферой, господствуют вихревые структурные линии.

В заключение отметим следующее:

1. В результате изучения разломной тектоники Япономорской впадины проведено обобщение многочисленных данных, полученных в разные годы как отечественными, так и зарубежными исследователями. Установлено, что для рассматриваемого региона характерно сложное сочетание «континентальных», «океанических» и «переходных» геотектонических и морфоструктурных элементов, поскольку он расположен в транзитной зоне континент–океан, где активно протекали как древние, так и современные тектонические и геоморфологические процессы.

2. Выявленный в Японском море с помощью линеаментного анализа тектонический каркас представляет собой регматическую сеть Земли и чётко фиксируется геоморфологическими, геолого-геофизическими и сейсмологическими данными.

3. В последние годы камчатские геологи и авторы данной публикации рассматривают Япономорскую впадину на основе геолого-геофизических и геоморфологических данных, включая материалы космической альтиметрии, как литосферную вихревую структуру. Её формирование происходило в кайнозое в связи с подъёмом мантийного диапира и раскрытием Японского моря из-за проявления вращательного сдвига в зоне геодинамического взаимодействия Евроазиатской и Тихоокеанской плит и сопровождалось мощными проявлениями базальтового вулканизма и сейсмической активности.

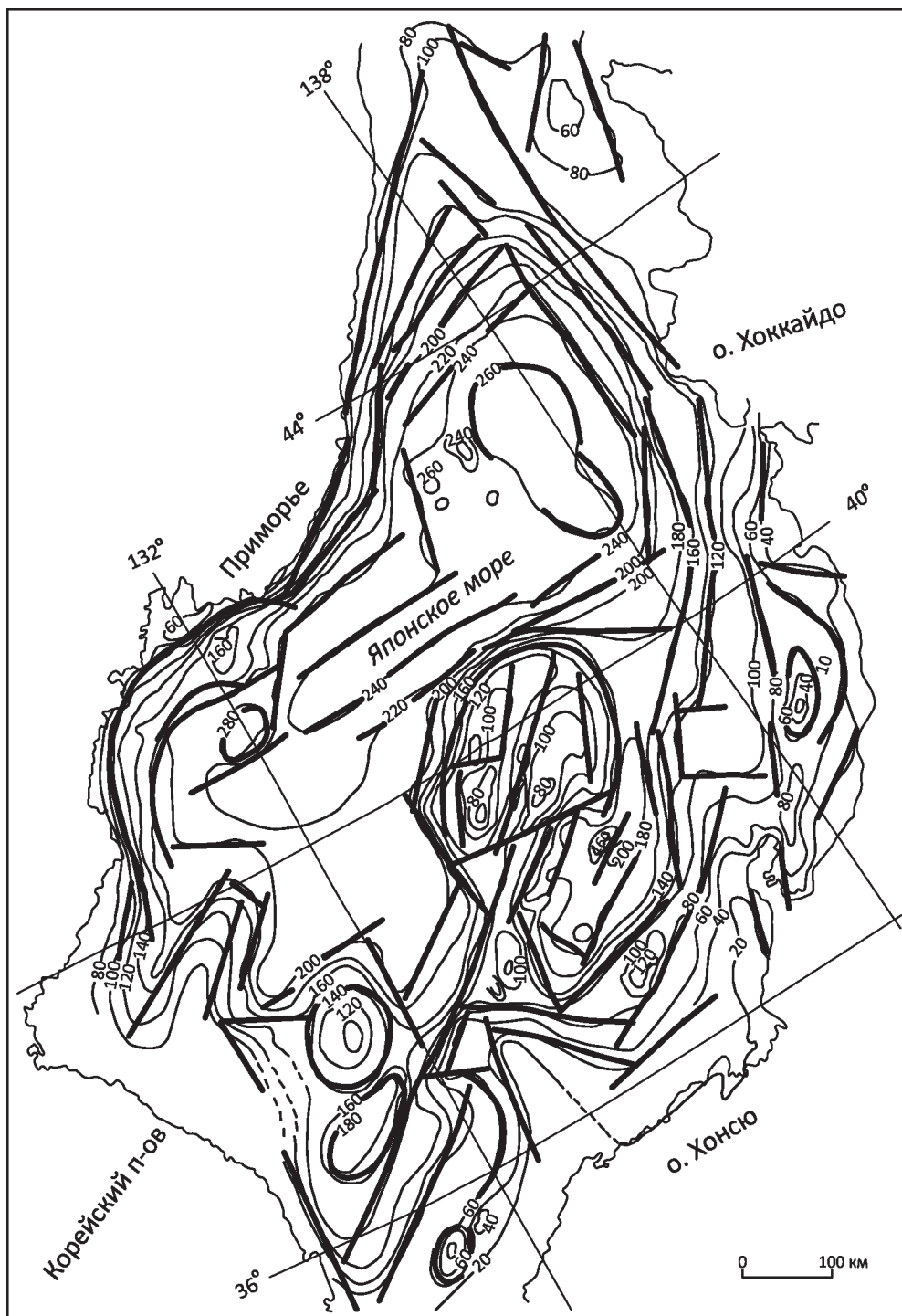


Рис. 4. Схематическая карта гравитационных аномалий в редукции Буге (изолинии, в мГал) Японского моря [35] с линейными зонами градиентов

4. Как показал А.Г.Родников, под Западно-Тихоокеанскими окраинными морями располагаются активные выступы астеносферы, из которых и поднимаются мантийные диапиры, и где, по мнению авторов публикации, зарождается вихревое движение. При этом образование

вихревых структур происходит в течение длительного (геологического) времени, когда жёсткая литосфера ведёт себя как вязкая жидкость.

5. Разломная тектоника Японского моря определяется тем, что в данном регионе существуют два

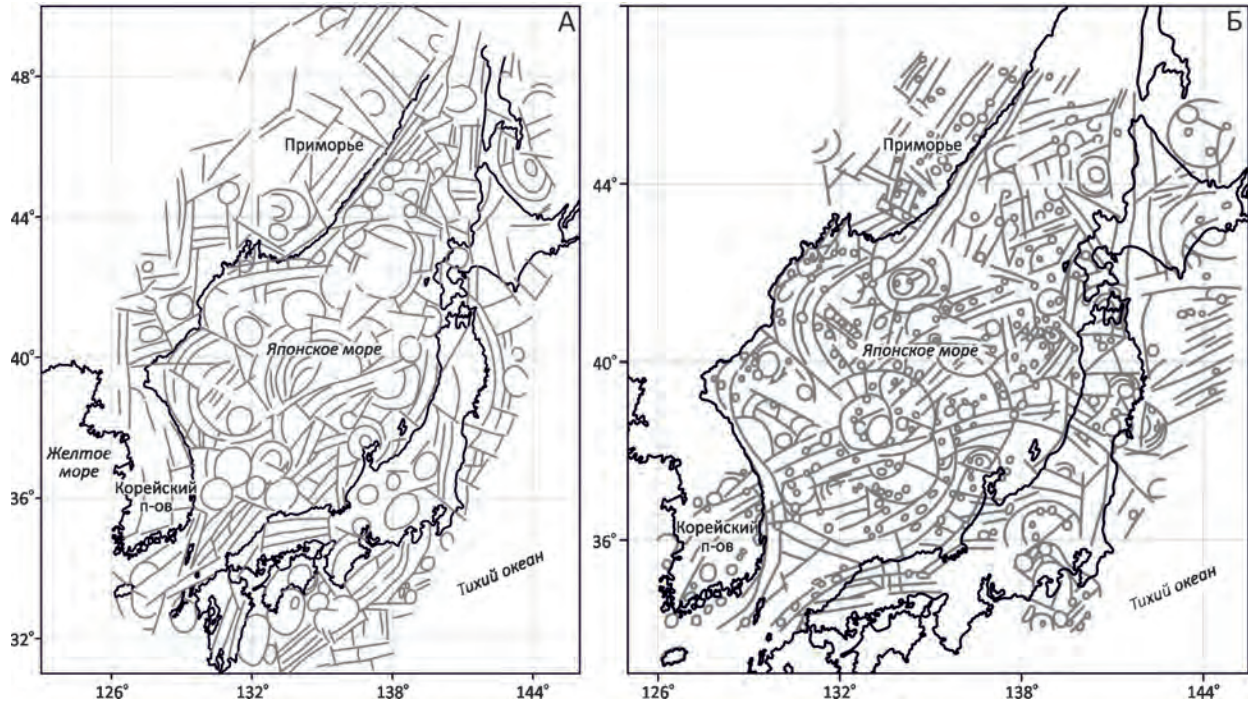


Рис. 5. Схема линеаментов Япономорской впадины [33], выделенных на карте аномального гравитационного поля Японского моря (аномалии в свободном воздухе) (А) [36] и на карте аномального магнитного поля (Б) [23]:

мелкие кружки на схеме Б, вероятно, фиксируют щитовидные базальтовые вулканические постройки

структурных этажа: преимущественно мантийный (нижняя–средняя мантия) и литосферный. В первом глубинные разломы образуют тектонический каркас, сформированный в результате быстрых хрупких деформаций в жёстком субстрате. В пределах второго, тесно связанного в своём развитии с подстилающей его астеносферой, господствуют вихревые структурные линии.

Работа выполнена по программе ФНИ ТОИ ДВО РАН (тема 7: № АААА-А17-117030110033-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ космических снимков при тектоно-магматических и металлогенических исследованиях / Отв. ред. И.Н.Томсон. – М.: Наука, 1979.
2. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. – С-Пб.: Недра, 2006.
3. Берсенева И.И., Безверхний В.Л., Леликов Е.П. Строение и развитие дна Японского моря // Геодинамические исследования. № 11: Тектоника восточно-азиатских окраинных морей. – М.: МГК АН СССР, 1988. С. 60–67.
4. Берсенева И.И., Липкин Ю.С., Сигова К.И. Впадина Японского моря // Разломы и горизонтальные движения горных сооружений СССР. – М.: Наука, 1977. С. 113–124.
5. Берсенева И.И., Липкин Ю.С., Сигова К.И. Разломы котловины Японского моря // Геология дна Японского и Филиппинского морей. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 99–116.
6. Вихри в геологических процессах / Под ред. А.В.Викулина. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского гос. пед. ун-та, 2004.
7. Геология дна Японского моря / И.И.Берсенева, Е.П.Леликов, В.Л.Безверхний и др. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987.
8. Златопольский А.А. Методика измерения ориентационных характеристик данных дистанционного зондирования (технология LESSA) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5. № 1. С. 102–112.
9. Изосов Л.А., Коновалов Ю.И., Емельянова Т.А. Проблемы геологии и алмазности зоны перехода континент–океан (Япономорский и Желтоморский регионы). – Владивосток: Дальнаука, 2000.
10. Изосов Л.А., Ли Н.С. Линеаментный анализ при тектонических и металлогенических построениях в Япономорском регионе // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 1. С. 9–14.
11. Изосов Л.А., Мельниченко Ю.И., Ли Н.С. Разломы Японского моря // Геология Дальневосточных морей России и их обрамления. Мат-лы региональной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.И.Берсенева, 16 сентября 2016 г. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2016. С. 31–34.

12. *Изосов Л.А., Чупрынин В.И.* О механизме формирования структур центрального типа Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент–океан // Геотектоника. 2012. № 3. С. 70–91.
13. *Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С.* Япономорская сейсмоактивная вихревая структура // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3. Вып. 35. С. 26–35.
14. *Кайнозойские* формации залива Петра Великого (Японское море) и его побережья: индикаторы полигенной зоны перехода континент–океан / Л.А.Изосов, Е.А.Бессонова, Н.С.Ли и др. // Вулканология и сейсмология. 2015. № 5. С. 23–35.
15. *Калягин А.Н., Абрамов В.А.* Основы трансструктурной геологии. – Владивосток: Дальнаука, 2003.
16. *Каттерфельд Г.Н.* Лик Земли и его происхождение. – М.: ГИГЛ, 1962.
17. *Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф.* Основы линейментной тектоники. – М.: Недра, 1986.
18. *Колосков А.В., Фёдоров П.И.* Базальты окраинных бассейнов Азиатско-Австралийского региона в рамках концепции глубинной вихревой геодинамики // Вулканизм и геодинамика. Мат-лы IV всерос. симпоз. по вулканологии и палеовулканологии, 22–27 сентября 2009 г. – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 177–180.
19. *Ли Н.С.* О связи землетрясений с глубинным строением Япономорского звена Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент–океан // Региональные проблемы. 2013. Т. 16. № 2. С. 25–29.
20. *Ли Сы-гуан* Вихревые и другие проблемы, относящиеся к сочетанию геотектонических систем северо-западного Китая. – М.: Госгеолтехиздат, 1958.
21. *Маслов Л.А.* Геодинамика литосферы Тихоокеанского подвижного пояса. – Хабаровск–Владивосток: Дальнаука, 1996.
22. *Маслов Л.А., Анохин В.М.* Закономерности направленности линейментов и разломов Российской части Японского моря // Тихоокеанская геология. 2009. Т. 28. № 2. С. 3–16.
23. *Международный* геолого-геофизический Атлас Тихого океана / Под ред. Г.Б.Удинцева. – М.–С-Пб.: МОК (ЮНЕСКО), ПКО «Картография», 2003.
24. *Мелекесцев И.В.* Вихревая вулканическая гипотеза и некоторые перспективы её применения // Проблемы глубинного вулканизма. – М.: Наука, 1979. С. 125–155.
25. *Основные* черты геологического строения дна Японского моря. – М.: Наука, 1978.
26. *Радкевич Е.А.* Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. – М.: Наука, 1977.
27. *Разломная* сеть Южно-Приморского сектора зоны сочленения континент – океан / Л.А.Изосов, Р.Г.Кулинич, Ю.И.Мельниченко, Т.А.Емельянова // Проблемы морфотектоники Западно-Тихоокеанской переходной зоны. – Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 103–113.
28. *Рельеф* поверхности Мохо и типы земной коры в северо-западной части Японского моря по гравиметрическим данным / Р.Г.Кулинич, М.Г.Валитов, С.М.Николаев, Т.Н.Колпащикова // Дальневосточные моря России: в 4-х кн. Кн. 3: Геологические и геофизические исследования. – М.: Наука, 2007. С. 48–52.
29. *Рикитакэ Т.* Геофизические и геологические данные о Японской островной дуге и её обрамлении // Окраины континентов и островные дуги. – М.: Мир, 1970. С. 217–236.
30. *Родников А.Г.* Соотношение астеносферы и структур земной коры окраины Тихого океана // Тихоокеанская геология. 1986. № 4. С. 15–22.
31. *Рудоконтролирующие* структуры Азии и их металлогения / М.А.Фаворская, В.А.Баскина, Н.Л.Шилин и др. – М.: Недра, 1983.
32. *Связь* магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой / Под ред. М.А.Фаворской, И.Н.Томсона. – М.: Недра, 1969.
33. *Связь* сейсмической активности с тектоническими и вулканогенными структурами Япономорского звена Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент–океан / Л.А.Изосов, В.И.Чупрынин, Ю.И.Мельниченко и др. // Литосфера. 2014. № 6. С. 3–21.
34. *Сигова К.И.* Линейменты разломных деформаций Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода // Вопросы морфотектоники Западно-Тихоокеанской переходной зоны. – Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 88–107.
35. *Строев П.А.* Аномальное гравитационное поле Японского моря // Глубинная структура дальневосточных морей и островных дуг. Тр. СахКНИИ ДВНЦ АН СССР. Вып. 33. – Новоалександровск: Дальневосточное книжное изд-во, 1972. С. 250–260.
36. *Строев П.А.* О характере гравитационных аномалий в свободном воздухе в Япономорской переходной зоне // Морские гравиметрические исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1975. № 8. С. 136–144.
37. *Уткин В.П.* Сдвиговый структурный парагенез и его роль в континентальном рифтогенезе Восточной окраины Азии // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 3. С. 21–43.
38. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики. – М.: Изд-во МГУ, 1995.
39. *Худяков Г.И., Кулаков А.П., Никонова Р.И.* Новые представления о морфоструктуре окраинных морей Востока Азии // Геодинамические исследования. – М.: МГК АН СССР, 1988. № 11: Тектоника восточно-азиатских окраинных морей. С. 15–21.
40. *Чупрынин В.И., Изосов Л.А.* Модель формирования краевых морей Западной части Тихого океана // Доклады Академии наук. 2017. Т. 472. № 1. С. 68–71.
41. *Шевалдин Ю.В.* О взаимосвязи разрывных нарушений дна Японского моря и его обрамления // Морские геофизические исследования. – Владивосток: ТОИ ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 107–115.
42. *Chinzei K.* Opening of the Japan Sea and marine Biogeography during the Miocene // Journal of Geomagnetism and Geoelectricity. 1986. Vol. 38. № 5. P. 487–494.
43. *Hobbs W.* Lineaments of the Atlantic border region // Bull. Geol. Soc. Amer. 1904. Vol. 15. P. 483–506.
44. *Kobayashi T.* The Sakawa orogenic cycle and its bearing on the origin of the Japanese Islands // J. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 1941. Sec. II. Vol. 5. Pt. 7. P. 219–578.
45. *Otofuji Y., Matsuda T.* Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan // Earth. Planet. Sci. Lett. 1983. Vol. 62. № 3. Pp. 349–359.
46. *Sonder R.A.* Die Lineament Tectonic und ihre Problem // Ed. Geol. Helv. 1938. Vol. 31. № 1. P. 199–238.
47. *Takeuchi A.* Pacific swing: Cenozoic episodicity of tectonism and volcanism in Northeastern Japan // Memoir of the Geol. Soc. of China. 1986. № 7. P. 233–248.