

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВПАДИНЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И ОСТРОВНОЙ СУШИ ПО ДАННЫМ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2020 г. А. А. Гаврилов*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

**E-mail: gavrilov@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 25.12.2019 г.

Выявленная на основе космогеологических данных репрезентативная система разломных, блоковых дислокаций Япономорского сегмента зоны перехода континент—океан и совокупность имеющихся геоморфологических, геологических и геофизических материалов позволили реконструировать одноименный мегасвод позднепалеозойского возраста. Кольцевая форма, длительность и масштабы проявления базитового, кислого магматизма и наличие геолого-геофизических признаков явлений мантийного диапиризма позволяют связывать основные особенности его строения и развития с деятельностью плюма. Геологическая предыстория, явления плюмовой тектоники и периодические инверсии геодинамического режима предопределили направленность, характер деструктивных преобразований окраины континента в раннем мезозое, среднем, позднем кайнозое и специфику развития рассматриваемого региона в целом. Признаки унаследованного развития структурного плана: сохранность в геометрическом центре впадины Японского моря гранитного ядра мегасвода, которое соотносится с подводной возвышенностью Ямато, имеющей континентальный тип коры; наличие радиально-концентрической гипсометрической и структурно-магматической зональности; реликтовая природа многих других подводных поднятий. Отсутствие на востоке о. Хонсю и островодужном склоне прилегающего глубоководного желоба компенсационных коллизионно-аккреционных дислокаций, слабая изменчивость простираний на космоснимках тектонических реперов — сквозных разломов “суша—море”, сохранность структурных элементов палеосвода и другие данные противоречат представлениям о крупных горизонтальных перемещениях литосферных блоков в пределах Япономорского звена зоны перехода от Евразии к Тихому океану.

Ключевые слова: Японское море, зона перехода континент—океан, линеамент, тектоническая модель, мегасвод, плюм, рифтогенез, мантийный диапир

DOI: 10.31857/S0205961420040041

ВВЕДЕНИЕ

Данные дешифрирования космических снимков (КС) — важная и необходимая составляющая геоморфологических, геологических исследований побережий, которая позволяет существенно увеличить объем, качество используемой информации и соответственно повысить эффективность выявления структурных элементов суши и дна прилегающих акваторий. В зависимости от специфики геологического строения регионов и отдельных районов, используемых в качестве полигонов, объектами исследования выступают различные типы дислокаций. Для территории Дальнего Востока (ДВ), характеризующейся высокой тектонической и магматической активностью, особое значение имеет выявление сети разрывных нарушений, блоковых элементов и очаговых систем. Один из актуальных аспектов таких исследований — использование сквозных регио-

нальных и трансрегиональных разломов типа “суша—море” и “суша—море—суша” в качестве структурных реперов для оценки роли, амплитуд горизонтальных блоковых перемещений и определения механизмов формирования зоны перехода и впадин окраинных морей (Гаврилов, 2009). Не менее важные вопросы связаны с определением роли разломов в строении и развитии береговых геоморфологических систем, с оценкой влияния разрывных нарушений, очаговой геодинамики и магматизма на процессы деструкции окраин континента (Гаврилов, 2017). Анализ применения результатов геолого-геоморфологического дешифрирования КС для исследований по данной тематике на примере Япономорского звена зоны перехода континент—океан обусловил целевую установку предлагаемой работы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Достоинства космогеологических методов хорошо известны. Это: комплексирование изображений разного масштаба и типа, обеспечивающее объективную генерализацию данных; обзорность, позволяющая фиксировать и проследить протяженные аномалии и за пределами исследуемого района; возможность определения скрытых, глубинных элементов структурного плана за счет изображения объектов в различных диапазонах спектра электромагнитного излучения; эффективность индикации геологических тел и дислокаций при совмещении геоморфологических, геологических, ландшафтных признаков (Космическая информация ..., 1983; Лебедев, 2013 и др.).

Комплект используемых материалов дистанционного зондирования включал черно-белые космofотоснимки м-ба 1 : 500000, 1 : 1000000 и взятые из Интернета изображения, выполненные в рамках программы GoogleEarth. В качестве основных признаков разломных структур на КС (Космическая информация ..., 1983; Кац и др., 1986), рассматривались: протяженные (непрерывные или дискретные) узкие или более широкие полосовые аномалии фототона, отличающиеся набором характерных черт, связанных с цветом, рисунком и структурой фотоизображения; линейные границы разделов двух или более участков территории с различным окрасом, плотностью фототона и типом ландшафта; прямолинейные формы рельефа (долины водотоков, уступы, обрывы и др.). При геоморфологической и геологической индикации зон разрывных нарушений акцентируется внимание на протяженных (сквозных или дискретных) линейных элементах рельефа и структурного плана, а также на участках их смещений, зонах высоких градиентов значений поля высот. Помимо того, привлекались данные о резких границах, нарушениях контуров дислокаций, ареалов магматитов и других геологических тел, о нарушениях целостности, блоковых формах интрузивных массивов, вулканических покровов и др. Учитывалась информация о размещении серии даек, интрузивов, сведения о рядах вулканических аппаратов и иных признаках линейной упорядоченности элементов геологической и ландшафтной сред. При региональном анализе сети линеаментов наряду с результатами дешифрирования КС использовались морфографические, морфометрические построения, привлекались модели цифрового рельефа (рис. 1), геологические и геофизические данные. При выявлении линейных аномалий гравитационного и магнитного полей использовались приемы, близкие методикам морфометрического и морфографического анализа полей высот рельефа земной поверхности. Полученные результаты обобщались в

виде роз-диаграмм ориентировок линеаментов и разрывных нарушений. В последующем, на основе измерений по регулярной сетке простираний линейных аномалий фототона КС масштаба 1 : 500000 и 1 : 1000000 была проведена парная корреляция сетей линеаментов отдельных районов континентальной и островной суши, обрамляющих впадину Японского моря.

Космогеологическая индикация очаговых систем предполагает использование комплекса ландшафтных, морфологических, структурных, вещественных и геофизических признаков, выраженных на снимках или определяемых дистанционно, со спутников (Космическая информация ..., 1983). В зависимости от размеров, ранга, возраста выделяемых объектов и степени исследованности территории набор используемых признаков и показателей меняется. Постоянными остаются лишь кольцевая форма различных аномалий (цвета, плотности фототона, структуры изображения) на космоснимках, наличие дуговых, кольцевых, концентрических и радиальных линеаментов, определенной структурной организации внутренних элементов (ядерный, сателлитный и ядерно-сателлитный типы инфраструктур) (Гаврилов, 2017). Именно такая зональность строения и существование универсальных типов инфраструктур отличает очаговые структуры от изометрично-блоковых образований, позволяя говорить об инъективном механизме формирования дислокаций.

Высокая информативность рельефа и эффективность применения геоморфологической и космогеологической информации для выявления очаговых систем подтверждается хорошей корреляцией крупных неровностей земной поверхности с элементами глубинного строения территории, аномалиями гравитационного и магнитного полей (Космическая информация ..., 1983; Кулаков, 1986; Гаврилов, 2017 и др.). В качестве наиболее важных индикаторов активности недр рассматривались магматические образования разного уровня генерализации (тела, массивы, комплексы), отражающие интенсивность, длительность и направленность глубинных процессов. При выделении крупных объектов использовались данные структурно-формационного анализа, (материалы о возрасте, мощности, дислоцированности осадочных, вулканогенно-осадочных комплексов и т.д.), сведения о мощности, строении земной коры и другая информация с последующей оценкой статических, динамических и ретроспективных моделей регионального ранга.

Более сложна индикация линейных и кольцевых аномалий изображений дна акваторий на больших глубинах, где рельеф отображается на основе комплексирования данных, полученных различными системами спутниковой альтимет-

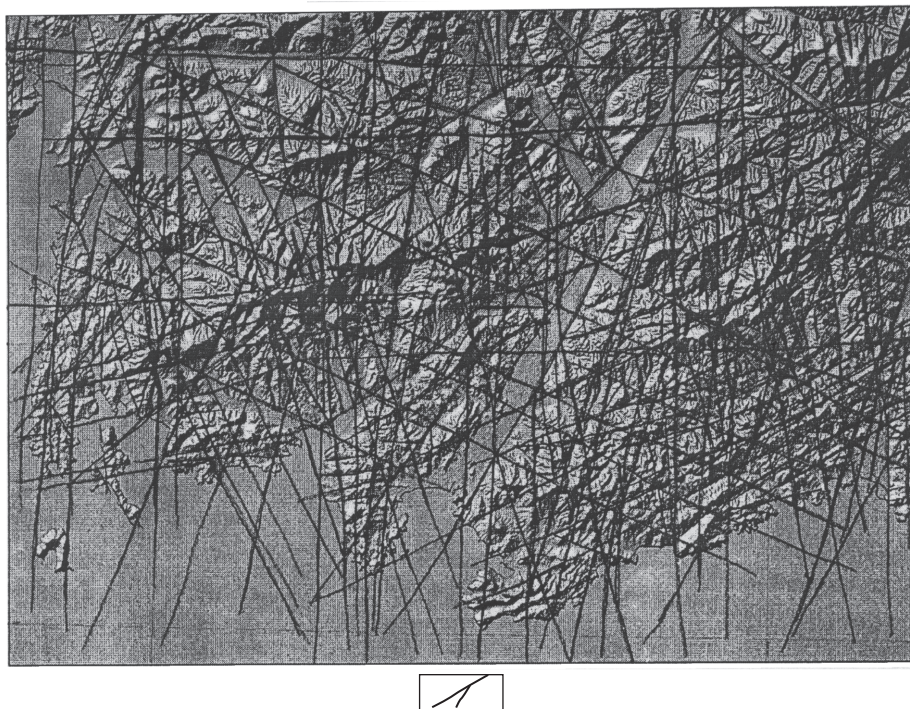


Рис. 1. Сеть линеаментов, выявленных на основе анализа цифровой модели рельефа одного из районов Южного Приморья. Условное обозначение — линейная морфографическая аномалия, соотносимая с зоной разрывного нарушения.

рии (цифровые модели высот геоида, отклонения отвесных линий, аномалий силы тяжести в свободном воздухе) и результатов эхолотных съемок. Точность определений значений гравитационного поля может достигать 5 мгал, а разрешение изображений 20 км. Считается, что в условиях расчлененного рельефа с перепадом высот от нескольких сотен метров и более гравитационные аномалии в свободном воздухе в значительной степени отражают топографию, в то время как гравитационный эффект плотностных неоднородностей верхних этажей геологического разреза литосферы играет второстепенную роль (Лебедев, 2013; Smith, Sandwell, 1994; Wessel, 2001).

СИСТЕМЫ ЛИНЕАМЕНТОВ ЯПОНОМОРСКОГО РЕГИОНА

По аналогии с пространственной организацией рядов очаговых систем в зонах разломов (вулканические, plutонические пояса, зоны) наличие трансляционной симметрии в размещении впадин окраинно-континентальных морей в пределах выделяемой Западно-Тихоокеанской рифтогенной зоны (Милановский, Никишин, 1988) указывает на возможную связь их развития с циркумтихоокеанским рядом глубинных энерго- и магмогерирующих центров, соотносимых с плюмами. Закон сохранения энергии и принцип минимизации ее затрат на процессы тектогенеза

обеспечивают сходство механизмов, конвергентность явлений плюмовой тектоники, рифтогенеза и мантийного диапиризма в различных сегментах Западно-Тихоокеанской зоны, обуславливая общий тренд эволюции впадин окраинных морей Востока Азии в среднем и позднем кайнозое. Специфика их геоморфологических, геологических и геофизических характеристик определяется их предисторией, докайнозойскими особенностями строения и развития. Исторические корни различий, видимо, уходят в докембрий, но более значима роль палеозойских и мезозойских событий. Если в эти хронологические периоды какие-либо сегменты окраины континента имели похожий структурный план и геодинамический режим, то морфологическое подобие или гомология наложенных деструктивных тектономагматических систем, возникших в среднем кайнозое, становится достаточно заметной. Это относится, например, к кольцевым морфоструктурам (впадины и их обрамление) Желтого и Японского морей, которые возникли на месте древних орогенных мегащитов. Проведенные ранее исследования показали (Кулаков, 1986; Гаврилов, 2012, 2017 и др.), что подобные поднятия радиусом многие сотни км — одна из характерных черт геологического строения и развития Центральной и Восточной Азии. Все они представляют собой области длительного (сотни млн лет), хотя и дискретного во времени, горо- и гранитообразования. Масштабы магма-

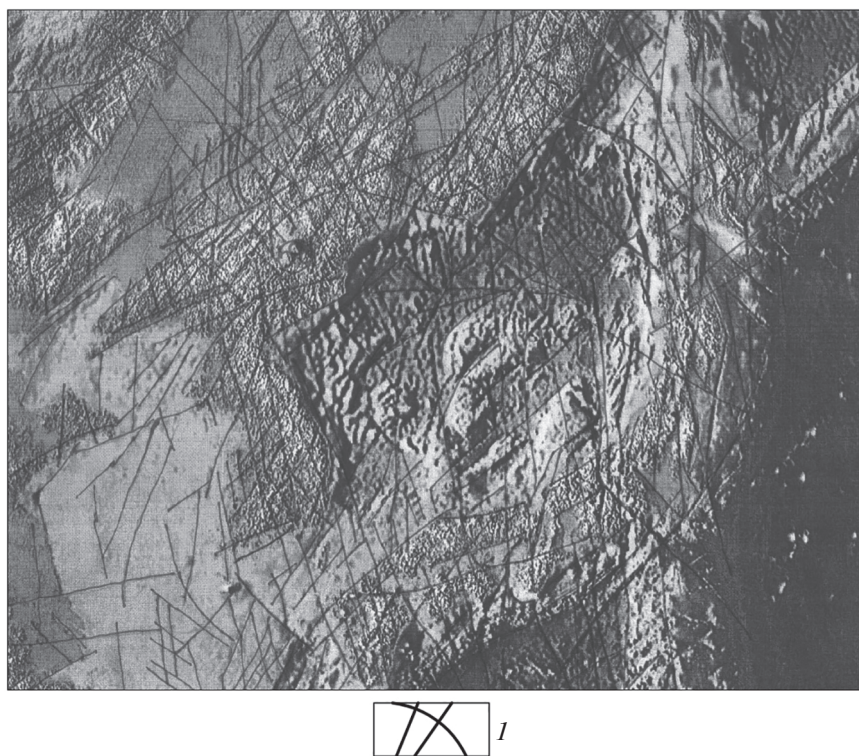


Рис. 2. Системы линеаментов и блоков Япономорского региона и прилегающих территорий по данным дешифрирования КС (Google Earth). 1 – прямолинейные и дуговые линеаменты, соотносимые с зонами разломов.

тизма и подобная продолжительность эндогенной активности недр могут быть обусловлены лишь существованием глубинных энергогенерирующих центров, соотносимых с плюмами. В центральных частях некоторых из них (Монголо-Сибирский, Восточно-Азиатский надплюмовые мегасводы) были сформированы рифтогенные впадины (Байкальская, Танлу). Вместе с Желтоморским и Япономорским реликтовыми мегасводами они образуют соответствующий эволюционный ряд длительно живущих и инверсионно развивающихся очаговых систем регионального ранга Востока Азии.

Представления о существовании реликтового Япономорского мегасвода выдвигались ранее в работах (Золотов, 1976; Кулаков, 1986), однако вопросы определения его границ, возраста, внутреннего строения и особенностей эволюции остаются достаточно дискуссионными. Например, достаточно спорно суждение о докембрийском возрасте мегасвода и мезозойском времени формирования впадины окраинно-континентального морского бассейна. Показанная на рис. 2 схема линеаментов Япономорского сегмента зоны перехода континент–океан суммирует информацию, полученную при дешифрировании КС и цифровых моделей рельефа суши, а также результаты анализа спутниковой альтиметрии дна морской акватории (программа Google Earth). Обращает на

себя внимание наличие в пределах региона сложной системы ортогональных, диагональных и дуговых линейных аномалий фототона, соотносимых с зонами разломов. При этом отчетливо выражены крупные сквозные линеаменты и, соответственно, связанные с ними разрывные нарушения типа “суша–море” и “суша–море–суша”. Общий рисунок дизъюнктивных дислокаций, особенности размещение дуговых и радиальных зон разломов соответствуют так называемой структуре “битой тарелки”. Она типична для дизъюнктивных мульд, соляных куполов с обрушенной кровлей и орогенных сводово-блоковых поднятий, апикальные части которых при инверсии тектонического режима зачастую претерпевают растяжение и последующее гравитационное обрушение с формированием рифтогенных грабенов.

В качестве основания для выделения на месте Японского моря позднепалеозойского (эпигерцинского) мегасвода диаметром около 1500 км привлекались следующие данные: круговая форма Япономорской впадины и дуговое расположение группы Японских островов (Хонсю, Сикоку); выявленная на основе космогеологических данных репрезентативная радиально-концентрическая система разрывных и блоковых дислокаций; слабая изменчивость простирания сквозных разломов “суша–море”, рассматриваемых в качестве тектонических реперов; радиальная гипсометри-

ческая и геологическая зональность впадины с учетом ее морфоструктурного обрамления; присутствие в ядре реконструируемой структуры, на подводной возвышенности Ямато, крупного массива (батолита) позднепалеозойских гранитоидов и наличие коры континентального типа; развитие гранитов позднепалеозойского возраста на подводных возвышенностях Кита-Оки и Оки; существование других подводных возвышенностей, представляющих собой реликты блоков континентальной окраины, которые сложены архей-протерозойскими образованиями, палеозойскими и ранне- и поздне меловыми гранитоидами; сходство геологического строения, коррелируемость этапов палеозойского, мезозойского и кайнозойского кислого, базитового магматизма Приморья и о. Хонсю и др.

Внешние и внутренние дуговые системы разломов реконструируемого мегасвода отчетливо проявлены именно на этом острове, в пределах которого происходит разворот структурных линий от северо-восточных направлений к меридиональным и северо-западным. Один из таких разломов внешнего концентратора Япономорского палеосвода проходит через юго-западную часть о. Хоккайдо, в пределах которой присутствуют массивы раннемеловых гранитоидов, широко распространенных на востоке о. Хонсю (горные хребты Абукума, Китаками). В других районах о. Хоккайдо они не установлены (Geological Map ..., 1992). Северная граница реконструируемого сводового поднятия совпадает с крупным вертикальным уступом (1000–1500 м) зоны сочленения Центральной котловины и южной оконечности грабена Татарского пролива (рис. 3), который представляет собой наложенную рифтогенную структуру. На северо-востоке Корейского полуострова роль дугового ограничения палеосвода выполняют широко развитые здесь региональные разрывные нарушения северо-западной ориентировки.

В дополнение и для уточнения выдвинутых положений был проведен сравнительный анализ обобщенных роз-диаграмм разрывных нарушений различных районов континентальной и островной суши вокруг Японского моря. Таким образом определялась степень различия и взаимосвязи их структурных планов, сети дизъюнктивных дислокаций, оценивался суммарный результат разгрузок древних полей напряжений в породах на территории Приморья, Сахалина, Кореи и группы Японских островов (рис. 3).

Исходными данными послужили материалы дешифрирования черно-белых КС М 1 : 1000000, 1 : 500000, снятых в оптическом диапазоне с высот 615–650 км, и информация батиметрических, геологических, геофизических карт и тектонических схем разного масштаба дна Японского моря

и обрамляющей суши (Шевалдин, 1978; Сигова, 1990; Уткин, 1989; Государственная ..., 2006; и др.). Малые различия качества изображений различных территорий позволяют говорить об относительной однородности выборок данных и систематическом характере ошибок измерений. Количество объектов в выборках составляло 200–250 ед. Согласно полученным данным коэффициент парной корреляции (КПК) систем разломов о. Хонсю с окружающими Японское море участками суши равны: с о. Сикоку – 0.54; с о. Кюсю – 0.36; с Корейским полуостровом – 0.39; с Приморьем – 0.41. Это свидетельствует о средней (о. Сикоку) и слабых, но прямых взаимосвязях полей разрывных дислокаций участков суши, которые входят в состав реконструируемого Япономорского палеосвода. На корректность такой интерпретации указывают существенные статистические различия ориентировок систем разрывных нарушений о. Хонсю и о. Хоккайдо (КПК = 0.07). Это согласуется с ранее приведенными данными о том, что самый северный остров Японской гряды, расположенный за пределами выделяемого палеосвода развивался, за исключением юго-западного сегмента, автономно и более тесно связан с Сахалинской и Курильской системами дислокаций. Становится, в частности, понятным отрицательное значение КПК (–0.11) для систем разломов о. Хонсю и о. Сахалина. Достоверность полученных результатов иллюстрируют и отрицательные величины КПК (–0.31) для ориентировок разломов в розах-диаграммах пространственно и генетически несвязанных тектонических областей о. Хонсю и Нижнего Приамурья.

Основная причина этих различий – специфика геологического строения, развития геоблоков и существование крупных трансрегиональных зон разломов, определяющих доминирование ориентировок локальных систем дизъюнктивов на значительных территориях. В качестве примера можно отметить серию глубинных меридиональных разломов Идзу-Бонинской (Нампо-Сахалинской) полосы дислокаций, которые проходят через о. Сахалин, центральную часть о. Хоккайдо, северо-восточные районы о. Хонсю, обуславливая простираание и строение океанического хребта Нампо, положение Идзу-Бонинского желоба. Данные дешифрирования КС свидетельствуют о широком развитии на востоке Корейского полуострова и островах Хонсю и Сикоку сквозных субпараллельных разрывных нарушений с азимутом простираания 345°, структурной предопределенности береговых линий Приморья, Сахалина и т.д. Полученные ранее данные о существовании вокруг впадины Японского моря жесткого тектонического каркаса из дизъюнктивных дислокаций регионального ранга (Гаврилов, 2017) также подтверждают правомерность выделения эпигерцинской сводово-блоковой мегаструктуры.



Рис. 3. Схема разрывных нарушений различных сегментов реконструируемого Япономорского мегасвода, включая сведения (Сигова, 1990) по дну акватории Японского моря. 1 – разломы в пределах дна Японского моря, установленные по геологическим и геофизическим данным; 2 – дуговые разломы, выделенные по геолого-геоморфологическим материалам; 3 – региональная сеть разрывных нарушений по результатам дешифрирования спутниковых снимков; 4 – зоны разломов как тектонические маркеры; 5 – розы-диаграммы разрывных нарушений континентальной, островной суши и дна Японского моря, построенные на основе геоморфологической и геофизической (штриховка) информации (Сигова, 1990). Треугольники на белом фоне – районы, закрытые облачностью.

По мнению многих исследователей (работы А.М. Смирнова, И.И. Берсенева, Дж. Тазава, М. Минато и др.), в историческом плане Японские острова развивались как фрагменты Сино-Корейского кратона, многократно испытывавшие как орогенные, так и рифтогенные этапы тектономагматической активизации. Анализ опубликованных материалов показывает, что общность геологического развития территорий Японии и Южного Приморья прослеживается с докембрия. Известные в архипелаге древние комплексы представлены гнейсами Хида, метаморфитами, установленных в зонах Сангу, Абакума, Китаками. Помимо гнейсов в зоне Хида присутствуют мраморы, пелитовые сланцы и раннепалеозойские граниты. Считается, что по своим возрастным и литолого-химическим характеристикам эти породы близки породам Ханкайского массива в Приморье (Геология дна ..., 1987). В Японском море метаморфические породы и гнейсо-граниты установлены на подводных возвышенностях Кита-Оки, на хребте Оки и в пределах одноименных островов (Геологическая карта ..., 1984). Зона Тамба-Мино сложена пермскими песчаниками, конгломератами, кремнями, порфиритами и пиллоу-лавами, а также триас-юрскими образованиями, которые представлены аргиллитами с незначительным количеством кремней, порфиров и песчаников. Аналогичные комплексы известны и в Южном Приморье, что послужило основанием для вывода о существовании реликтов единой Тамба-Уссурийской структурно-формационной зоны раннемезозойского времени (Геология дна ..., 1987).

Первые горные сооружения в пределах Японских островов, судя по времени появления гранитоидного магматизма и коррелятных терригенных комплексов, возникли уже в раннем палеозое. Проявление гранитоидного магматизма в кембрии, ордовике, карбоне, перми, ранней юре и в хронологическом диапазоне мел–плиоцен отражает наличие многочисленных этапов конструктивного тектогенеза. Присутствие грубого терригенного материала в составе различных по возрасту осадочных и вулканогенно-осадочных комплексов Японских островов – признак существования длительно развивающихся областей денудации, соотносимых с гетерохронными системами поднятий, характеризующихся повышенными мощностями гранитно-метаморфического слоя и относительной устойчивостью к процессам деструкции. Похожие черты геологического строения и развития отмечаются и на западном берегу Японского моря.

В основании чехла рыхлых отложений на шельфе Южного Приморья залегают магматиты и метаморфиты протерозоя (Сергеевский массив), породы палеозойского комплекса фундамента эпигерцинской платформы и ее плитный

комплекс мезозойского возраста, а также позднемеловые эффузивные и интрузивные породы Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса. Помимо о. Русский, реликты субгоризонтально залегающих отложений платформенного чехла отмечаются и на о-вах Аскольд, Путятин (Гаврилов, 2017). На гранитных массивах, относимых к структурам фундамента эпигерцинской платформы, в пределах о-вов Попова и Русский обнаружены реликтовые ареалы площадных кор выветривания, которые отражают этап формирования позднепалеозойско–раннемезозойского пенеплена. Это – следы крупной инверсии тектонического режима и трансгрессии, произошедших на рубеже позднего палеозоя–раннего мезозоя. Морские условия осадконакопления на территории Южного Приморья существовали до раннего мела включительно, но сохранялись лишь локально, в отдельных впадинах. Последующая инверсия тектонического режима и воздымание территории связаны с региональными орогенными процессами, начавшимися в раннем мелу и достигшие экстремума в позднем мелу–раннем палеогене. Они затронули и Японские острова, где известны как плутоногенные, так и вулканогенные образования мелового возраста (Geological Map ..., 1992). Свидетельство активизации реконструируемого Япономорского мегасвода в позднем мезозое – наличие раннемеловых гранитов на подводной возвышенности Криштофовича, крупных батолитов на востоке о. Хонсю и позднемеловых кислых эффузивов на возвышенности Ямато. Крупные ареалы вулканитов смешанного состава олигоцен-миоценового возраста установлены не только на Ямато, но и на подводном хребте Оки, возвышенности Кита-Оки (Геологическая карта ..., 1984).

Поднятия региона развивались дифференцированно, но в целом унаследовано, что обусловлено существованием устойчивой сети региональных глубинных, магмоконтролирующих разломов. Наиболее интенсивно на континенте воздымались области мезозойской складчатости и Восточно-Сихотэ-Алинского окраинно-континентального вулканоплутонического пояса, менее активно – процессы орогенеза и сопутствующие эрозионно-денудационные явления протекали в областях ранней консолидации (Ханкайский, Сергеевский массивы, Сино-Корейская эпигерцинская платформа). Для сравнения: максимальные высоты гор в Центральном Сихотэ-Алине достигают 2 км, а на юге Приморья составляют менее 1 км. Гипсометрическая позиция ареалов позднемеловых галечников и песков суйфунской свиты на водоразделах полуострова Муравьева-Амурского свидетельствует о том, что амплитуда плейстоцен-голоценовых положительных движений в пределах прибрежных морфоструктур не превышала 200–250 м.

Основные этапы гранитообразования в Японии: кембрий—силур, карбон, пермь, ранняя юра, ранний мел, поздний мел—плиоцен. Для базитовых плутонов время формирования — ранняя юра, ранний мел, поздний мел—плиоцен (Geological Map ..., 1992; Гаврилов, 2012). Хронологическая связь кислого и базитового интрузивного магматизма, а также базальтового вулканизма в окраинно-континентальном морском бассейне отмечается и на позднекайнозойском этапе (вплоть до плиоцена) развития Япономорской тектономагматической системы. Более детальный анализ геохронологии магматических комплексов и общей эволюции магматизма региона показывает, что на территории Приморья и на Японских островах в течение фанерозоя существовало не менее 12 дискретных этапов тектономагматической активизации, которые принципиально коррелируются между собой. Например, в кампан-маастрихтское время в Приморье были образованы марьяновский, ольгинский и корфовский комплексы гранитоидов (Государственная ..., 2006), а на о. Хонсю — граниты Хиросима и Сирокава. Хронологически соотносятся и этапы раннемелового кислого магматизма. В Приморье с ним связаны интрузивы хунгарийского, троцкого, татибинского и успенского комплексов, а на востоке о. Хонсю — батолиты горных хребтов Абукума и Китаками.

На наличие единого глубинного энерго- и магмогенерирующего центра или плюма указывает и общая продолжительность тектономагматической активности рассматриваемого региона. Если не считать палеозой, то только для мезозой-кайнозойских процессов базитового интрузивного магматизма и гранитообразования в Японии активность составляет около 140 млн лет (ранний мел—плиоцен). Несколько больший хронологический диапазон в мезозое-кайнозое занимают этапы кислого и базальтового вулканизма (ранний мел—голоцен) (Гаврилов, 2012). Аналогичная ситуация имеет место и в Южном Приморье, что позволяет высказать тезис об универсальной и, в то же время, двойственной роли плюмовых и мантийно-диапировых очаговых систем. В условиях тектонического сжатия и слабой проницаемости литосферы они формируют области гранитообразования и орогенные поднятия, а при доминировании процессов растяжения и повышенной проницаемости земной коры в зонах рифтогенеза возникают мантийные диапиры, доминирует базитовый магматизм и возникают впадины, депрессии. Такие различия обусловлены, вероятно, длительностью существования в относительно закрытых очаговых системах температурного режима и газово-флюидных систем, благоприятных для масштабных явлений ультраметаморфизма вмещающих горных пород и палингенеза. Сосуществование в пределах надплюмовых мегасводов режимов сжа-

тия (периферия) и растяжения (центральная часть) на заключительных этапах развития приводит к дифференцированному проявлению тектонических движений и магматизма разного состава, а также возникновению сопутствующих дислокаций и форм рельефа. Проведенные исследования показали, что наиболее благоприятные условия формирования окраинно-континентальных горных сооружений связаны с чередованием режимов сжатия и растяжения. Структурную основу Сихотэ-Алинской и Хингано-Охотской орогенных систем образуют магматические своды и тектономагматические поднятия (Гаврилов, 2017).

Пульсационный характер, хронологическую корреляцию процессов кислого и базитового магматизма, общую, хотя и дискретную, продолжительность (сотни млн лет) активности недр япономорского звена зоны перехода континент—океан и материалы о цикличности, особенно мелкой ритмичности тектонических подвижек и проявлений магматизма, невозможно объяснить с позиций неомобилистских моделей геологического развития. Считается, что Сихотэ-Алинский ороген, занимающий западное и северо-западное обрамление Япономорской впадины, представляет собой коллизионно-аккреционный коллаж террейнов, континентальная кора в пределах которого сформировалась лишь в средней юре—альбе (Ханчук, 2000). Орогенный гранитоидный магматизм и ассоциации пород одноименного вулканоплутонического окраинно-континентального пояса рассматриваются как следствие субдукционного и коллизионного механизмов тектогенеза. Согласно данным Википедии (<http://ru.wikipedia.org> > Геологическое строение Японии), приведенных с некоторыми сокращениями, Японские острова — продукт движений литосферных плит, происходящих сотни млн лет, начиная с силура. За это время было субдуцировано несколько (9 из 10) океанических плит. Последняя плита (Изанаги) была субдуцирована 95 млн лет назад. В олигоцене (23 млн лет) погружающая плита приподняла часть Японии где находятся районы Тюгоку и Кюсю, и произошло открытие Японского моря. Изгиб современной Японской дуги (*исходя из радиуса кривизны, не меньше 250–300 км — авт.*), согласно палеомагнитным данным, возник в начале миоцена и связан с раскрытием глубоководных впадин Японского моря. В Приморье и на Японских островах, выделяются террейны аккреционных призм разного возраста вулканических, островных дуг и преддуговых прогибов, турбидитовых бассейнов, представляющие собой аллохтоны. Некоторые из террейнов Сихот-Алинского орогена, согласно палеомагнитным данным, переместились на расстояние до 2500 км (Ханчук, 2000; Геодинамика, 2006).

Приведенные в статье факты противоречат представлениям о масштабных и неупорядочен-

ных во времени перемещениях литосферных плит, имеющих огромную массу и соответствующий момент инерции. Влияние вариаций геодинамических режимов сжатия—растяжения в зоне взаимодействия Тихоокеанской и Евразийской плит может распространяться, вероятно, лишь на большие периоды, циклы развития. Гораздо более вероятна модель длительно живущих глубинных энергогенерирующих центров и зон, в соответствии с которой процессы различной направленности тектогенеза и разнополярного магматизма обусловлены периодической активизацией плюма и связанных с ним мантийных диапиров и магматических очагов. Работают они по принципу гейзера или вулкана, представляющие собой открытые системы, аккумулирующие и периодически сбрасывающие излишки тепловой, механической энергии и вещества. Предпосылки для образования изостатически неустойчивых линз разуплотненной мантии и магматических центров возникают в условиях существенного снижения литостатического давления при раздвиговых и сдвиговых подвижках в зонах глубинных разломов при относительно высокой насыщенности глубинных расплавов флюидами и газами. Кроме того, формирование газовых и газовой флюидных потоков возможно как за счет глубинной кумулятивной дегазации (явление декомпрессии) недр планеты, так и вследствие физико-химических реакций с выделением струй и потоков ранее связанных летучих компонентов при изменении температурного режима (Летников, 2003).

Ранее уже отмечалось (Гаврилов, 2009, 2017), что в тектонических моделях образования Япономорской впадины, основанных на механизмах синдвигового раздвига (*pull-apart*) (Lallemant, Jolivet, 1985; Уткин, 1989 и др.), масштабного перемещения к востоку глубоководного желоба и вулканической дуги в связи с конвективными движениями масс в надсубдукционной мантии (Elsasser, 1971; Gill, 1981 и др.) игнорируется проблема геологического пространства. Такое же замечание можно отнести и к идее формирования впадины Японского моря за счет вращения юго-западной части Японских островов по часовой стрелке, а северо-западного сегмента архипелага — против (Kawai et al., 1962), и к построениям, постулирующим значительные перемещения литосферных блоков вследствие задугового спрединга или рифтогенного растяжения. Например считается, что изгиб современной Японской дуги, согласно палеомагнитным данным (Otofuji, 1996), возник в начале миоцена в связи с раскрытием глубоководных впадин Японского моря. В то же время на прилегающей островной и континентальной суше коллизионных дислокаций, сопутствующих и компенсирующих крупные позднекайнозойские горизонтальные подвижки на дне Япономорской

впадины, не установлено. Хорошо известно, что ни в восточной части о. Хонсю (хребты Абукума, Китаками), ни на островодужном склоне глубоководного желоба нет следов коллизионных деформаций и существования коллизионно-аккреционных комплексов (Васильев, Чой, 2001). Как уже отмечалось, тектоническую основу хребтов Абукума, Китаками составляют крупные массивы раннемеловых гранитов. Более того, юго-восточная часть о. Хонсю, прилегающая к Токийскому заливу, вообще характеризуется равнинным рельефом. В то же время прилегающие к Япономорской впадине горные магматогенные сооружения оказались вовлечены в погружение. Во многих случаях складчатые фундаменты Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса и пояса зеленых туфов на западе Хонсю лежат ниже современного уровня моря. Анализ характера дислокаций чехла рыхлых отложений на многочисленных геолого-геоморфологических профилях в Центральной (Прокудин и др., 2018) и других котловинах Японского моря (Geology ..., 1996) показывает доминирование гравитационных складок оползания, облекания при полном отсутствии надвигов, складок выжимания и других коллизионных форм. Главные структурные элементы подводных возвышенностей и хребтов представлены остаточными горстами и вулканическими постройками разного размера.

Согласно имеющимся батиметрическим данным Центральная котловина (глубина до 3700 м) состоит из двух впадин: западной эллипсовидной ($R_1 = 160$ км, $R_2 = 100$ км) и восточной округлой ($R = 160$ км) (рис. 4). Общие ее размеры составляют 750×350 км. По результатам гравиметрических и сейсмических работ (Geology ..., 1996; Прокудин и др., 2018), она характеризуется пониженными мощностями земной коры (8.5–10.5 км).

Параметры расположенных в южной части моря котловин Хонсю и Цусимская существенно меньше. Первая имеет форму неправильного овала (200×150 км), при этом область максимальных глубин у нее сдвинута на СЗ. Вторая — изометрична ($R = 90$ км), глубины равны соответственно 3060 и 2120 м. Как свидетельствуют данные о глубинном строении Япономорской впадины, “гранитный” слой в котловинах Хонсю, Центральная и Цусима отсутствует. По отношению к крупным подводным возвышенностям они отличаются повышенным тепловым потоком. По одним данным — до 120 мВт/м² (Шевалдин, 1978), по другим — (Прокудин и др., 2018) до 140 мВт/м². Для сравнения: мощность земной коры под возвышенностью Ямато составляет 26 км (Geology ..., 1996; Карп и др., 2007). Параметры глубоководных котловин и особенности размещения в них подводных возвышенностей, образованных остаточными горстами и вулканическими постройками, позволя-

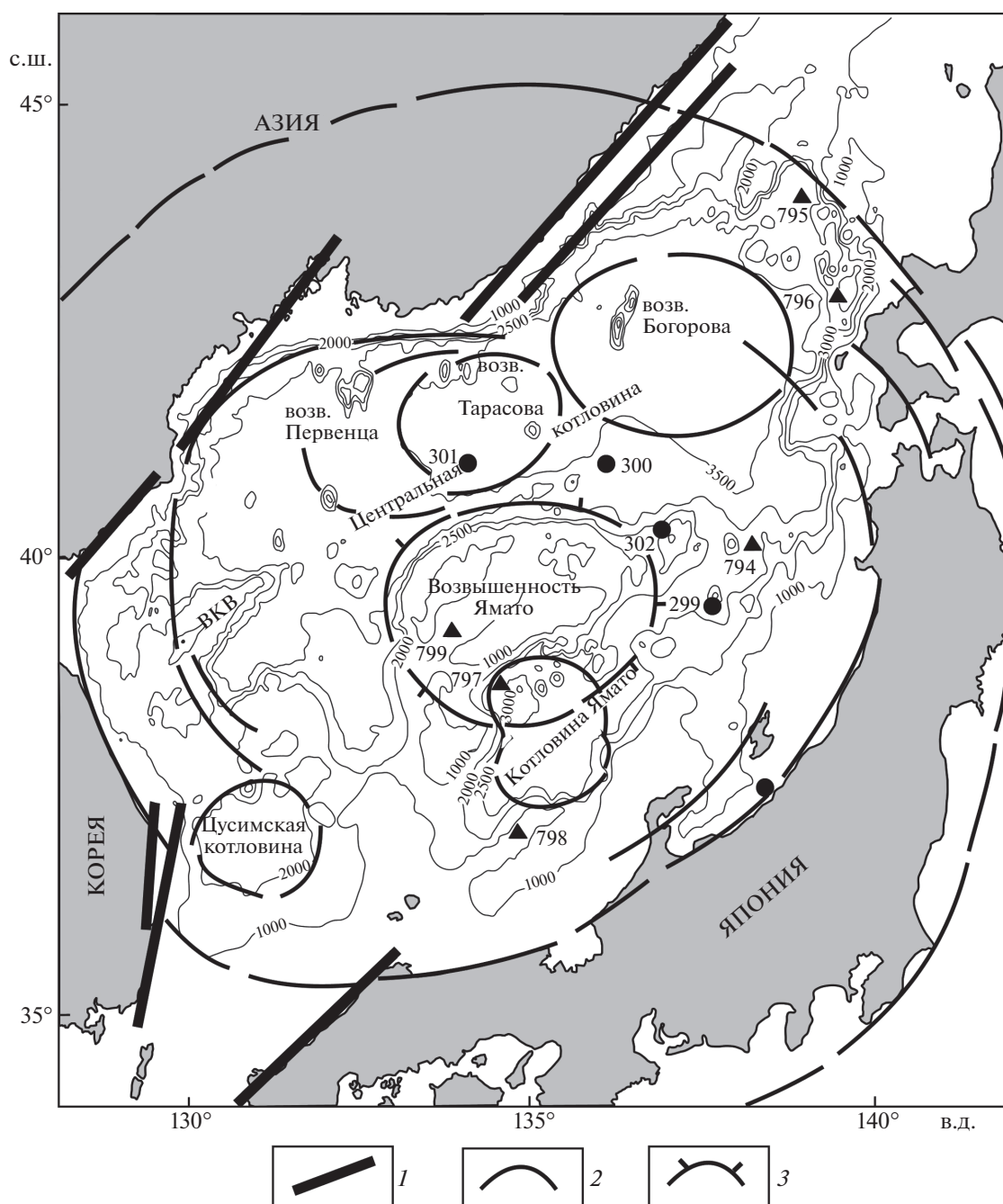


Рис. 4. Батиметрическая карта Японского моря (Карнаух и др., 2007) с предполагаемыми каркасными дуговыми разломами реконструируемого мегасвода позднепалеозойского возраста и рядом кольцевых морфоструктур глубоководных котловин, соотносимых с проекциями позднекайнозойских мантийных диапиров деструктивного этапа развития. Зоны аномально высоких градиентов уклонов рельефа: 1 — сопряженные с прямыми линейными разломами; 2 — связанные с дуговыми и кольцевыми линейными разломами отрицательных морфоструктур; 3 — подводное поднятие Ямато — ядро реликтового Япономорского мегасвода. Скважины глубоководного бурения проекта DSDP Leg 31 и проекта ODP Legs 127, 128 обозначены черными кружками и треугольниками соответственно. ВКВ — Восточно-Корейская возвышенность.

ют предполагать, что размеры первичных рифтогенных прогибов и впадин, расположенных между поднятиями на начальном этапе развития будущего морского бассейна, видимо, не превышали нескольких десятков км. В последующем, по мере повышения проницаемости земной ко-

ры, глубинные инъективные дислокации и тела в виде интрузий и протрузий ультраосновной магмы (например, перидотитов) и базальтовый вулканизм стали самостоятельными факторами структурирования окружающей среды, замещая относительно легкие породы «гранитно-мета-

морфического”, осадочного слоев и формируя над мантийными диапирами соответствующие просадки земной коры.

Приведенные геоморфологические и геофизические характеристики этих отрицательных морфоструктур позволили ряду исследователей уже на ранних этапах исследований рассматривать их как проекции относительно небольших мантийных диапиров (Геология ..., 1987). В трактовке автора это — апофизы плюма. Общее расположение глубоководных котловин в Японском море относительно возвышенности Ямато — концентрическое. Такое внутреннее строение относится к сателлитно-орбитальному типу и характерно для очаговых систем с периферийным распределением потоков тепломассопереноса (Гаврилов, 2017). Причина этому — наличие в ядерной части реликтового мегасвода блока относительно слабо проницаемой консолидированной земной корой континентального типа с крупным массивом позднепалеозойских гранитоидов. Общее внутреннее строение Япономорской тектономагматической системы с ядерно-сателлитным типом инфраструктуры — результат суперпозиции структурных элементов конструктивных и деструктивных этапов развития эпигерцинского мегасвода.

С учетом рассмотренных данных выделяются следующие основные этапы эволюции реконструируемого мегасвода и прилегающих территорий, начиная с позднего палеозоя. Конец пермского периода — возникновение на завершающем этапе герцинского горообразования надплюмового орогенного мегасвода с крупным батолитом в центральной части. Рубеж палеозоя—мезозоя, ранний мезозой — инверсия тектонического режима, деструкция орогенного поднятия, образование региональной поверхности выравнивания, морская трансгрессия и формирование плитного комплекса (триас, нижняя, средняя юра, нижний мел) эпигерцинской платформы. Поздняя юра—ранний мел, поздний мел—палеоцен — новый продолжительный, хотя и дискретный, этап конструктивного тектогенеза на ДВ России, характеризующийся внедрением крупных масс гранитоидов и масштабными явлениями горообразования, проявившимися и в пределах реликтового мегасвода.

Очередная, после раннего-среднего мезозоя, смена тектонического режима, которая привела к доминированию рифтогенных и деструктивных процессов, приурочена к периоду эоцен-миоцен-плиоцен. В это время в Южном Приморье произошла активизация старых и осуществилось заложение новых межгорных, предгорных внутри- и окраинно-континентальных впадин (Хасанская, Славянская, Тавричанская, Шкотовская и др.), были сформированы конформные комплексы базальтоидов эоценового (суворовский, зайсановский) и миоценового (славянский, шуфанский)

возраста (Государственная ..., 2006). На фоне опускания и постепенного затопления территории наиболее приподнятые участки активизированного в позднем мезозое мегасвода трансформировались в остаточные подводные поднятия и островные системы (архипелаги Римского-Корсакова, Императрицы Евгении и др.).

Индикаторы глубинной, рифтогенной природы явлений позднекайнозойской деструкции континентальной окраины в Южном Приморье — центры базальтоидного вулканизма миоценового возраста (Шуфанский, Шкотовский) ($R = 30$ км), соотносимые с проекциями небольших мантийных диапиров, и ряд мелких вулканических построек (Сахно, 2008). Время начала деструктивных процессов в мегасводе связано, вероятно, с формированием крупного покрова (170×25 км) эоценовых базальтов, залегающих на подводной возвышенности Южное Ямато (Геологическая карта ..., 1984). Аналогичные временные отрезки получены при расчете возраста толщ, залегающих в основании чехла рыхлых отложений Центральной котловины (Прокудин и др., 2018). Интенсивное опускание впадины моря началось несколько позднее, в позднем олигоцене и продолжалось до плиоцена на фоне площадных излияний базальтоидов соответствующего возраста (Geology ..., 1996; Карп и др., 2007 и др.). Масштабы базитового магматизма, деструктивных преобразований земной коры и необратимый характер эволюции позволяют рассматривать позднекайнозойский этап развития Япономорского реликтового мегасвода как качественно новое событие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная модель строения и развития Япономорского звена зоны перехода континент-океан отличается комплексным использованием геоморфологической, геологической, геофизической информации и данных дистанционно зондирования Земли из космоса. В качестве основания для реконструкции позднепалеозойского мегасвода в пределах Япономорского звена зоны перехода континент—океан рассматриваются следующие данные: дуговые контуры о. Хонсю с отчетливо дешифрируемой на КС системой дуговых и радиальных разломов; существование репрезентативной системы разрывных и блоковых дислокаций типа “битой тарелки”; радиально-концентрическая гипсометрическая, геологическая и геофизическая зональность выделяемой по космогеологическим данным палеоструктуры; сохранность в геометрическом центре впадины Японского моря бывшего ядра мегасвода, которое соотносится с подводной возвышенностью Ямато, характеризующейся континентальным типом коры и наличием крупного батолита позднепалеозойских гранитоидов; существование

других остаточных подводных возвышенностей с субконтинентальным типом коры, сложенных массивами гранитов, блоками кислых эффузивов, терригенных пород разного возраста; средние и слабые, но прямые взаимосвязи систем линейных участков континентальной и островной суши структурного обрамления морской впадины; орбитальное размещение глубоководных котловин, соотносимых с проекциями мантийных диапиров, вокруг возвышенности Ямато.

Возврат к умеренно фиксированным построениям кажется на фоне данных космической геодезии (SLR, DORIS, GPS и др.) парадоксальным. Но на самом деле, ситуация продолжает оставаться достаточно неопределенной. Очевидно, что проводимые спутниковые измерения несут слишком кратковременный характер, чтобы приобрести силу решающих доводов. Данные инструментальных наблюдений на геодинимических полигонах Сахалина, Курильских островов, Камчатки (Воейкова и др., 2007) свидетельствуют о том, что фиксируемые движения отдельных блоков зачастую носят возвратно-поступательный или колебательный характер, отражая периодические изменения направлений векторов поля напряжений и чередование режимов сжатия—растяжения в верхних частях литосферы (Гаврилов, 2017). Ни одна из существующих гипотез образования впадины Японского моря: рифтогенная или задугового спрединга, синсдвигового раздвига (pullapart), мантийно-диапировая и другие — сами по себе не могут объяснить отмеченные особенности строения этого сегмента зоны перехода континент-океан, если не учитывать предыстории его геологического развития. Многие противоречия снимаются, если считать, что процессы рифтогенеза и мантийного диапиризма накладывались на систему дислокаций эпигерцинского надплюмового мега-свода, которые предопределили как направленность, так и характер, интенсивность деструктивных преобразований окраины континента в раннем мезозое и среднем, позднем кайнозое.

Имеющиеся данные: об отсутствии компенсирующих зон коллизионных и коллизионно-аккреционных дислокаций на востоке о. Хонсю и островодужном склоне глубоководного желоба; о наличии крупных сквозных разломов — тектонических реперов, прослеживаемых на суше и дне морской акватории; существовании вокруг впадины Японского моря тектонического каркаса из региональных дизъюнктивных дислокаций; сохранности радиально-концентрической организации структурных элементов и соответствующей зональности распределения поля высот, по мнению автора, исключают возможность реализации в Япономорском сегменте зоны перехода континент—океан масштабных движений литосферных блоков и плит.

В основе чередования конструктивных и деструктивных тенденций развития Япономорской кольцевой тектономагматической системы, соотносимой с проекцией плюма, лежит суперпозиция дискретной во времени, пульсационной деятельности (циклы, ритмы) глубинного энергогенерирующего центра и вариаций геодинамического режима на региональном и планетарном уровнях. В пределах надплюмовых мега-сводов на заключительных этапах развития могут сосуществовать условия сжатия (периферия) и растяжения (центральная часть), что приводит к дифференцированному проявлению тектонических движений и различного по составу магматизма, а также сопутствующих дислокаций и форм рельефа.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках государственной темы “Пространственно-временные изменения геофизических полей, их связь со структурой, геодинамикой и сейсмотектоническими процессами в литосфере дальневосточных морей России и их обрамлении” (0271-2016-0003). Регистрационный номер: АААА-А17-117030110032-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильев Б.И., Чой Д.Р. Геология глубоководных желобов и островных дуг Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2001. 183 с.
- Воейкова О.А., Несмеянов С.А., Серебрякова Л.И. Неотектоника и активные разломы Сахалина. М.: Наука, 2007. 186 с.
- Гаврилов А.А. Кольцевые структуры Японских островов // Вулканология и сейсмология, 2012. № 1. С. 19–36.
- Гаврилов А.А. Морфотектоника окраинно-континентальных орогенных областей (Юг Дальнего Востока и прилегающие территории). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. 311 с.
- Гаврилов А.А. Роль разрывных нарушений в формировании береговых линий Охотского и Японского морей. Ст. 1. Региональный аспект исследований // Геоморфология. 2009. № 3. С. 38–48.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1. Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 572 с.
- Геологическая карта дна Японского моря. М. 1 : 2500000. Ред. Берсенов И.И., Красный Л.И. ВСЕГЕИ. 1984.
- Геология дна Японского моря. Берсенов И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л., Вашенкова Н.Г., Съедин В.Г., Терехов Е.П., Цой И.Б. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
- Государственная геологическая карта РФ М 1 : 1000000 (третье поколение), Дальневосточная серия: L-52, 53; K-52, 53. ВСЕГЕИ, 2006.
- Золотов М.Г. Ядерно-сводовые и кольцевые структуры Приамурья / Тектоника Востока Советской Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 3–33.
- Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б. Структура фундамента и сейсмостратиграфия осадочного чехла север-

ной части Японской котловины в районе возвышенности Тарасова // *Океанология*. 2007. Т. 47. № 5. С. 742–755.

Карп Б.Я., Прокудин В.Г., Медведев С.Н., Карнаух В.Н. Строение земной коры по сейсмическим данным (Японское море) / Дальневосточные моря России. Кн. 3. Геологические и геофизические исследования. М.: Наука, 2007. С. 26–47.

Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцев Э.Д. Основы линейamentной тектоники. М.: Наука, 1986. 140 с.

Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. 534 с.

Кулаков А.П. Морфоструктура Востока Азии. М.: Наука, 1986. 175 с.

Лебедев С.А. Спутниковая альтиметрия в науках о Земле // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3. С. 33–49.

Летников Ф.А. Магмообразующие флюидные системы континентальной литосферы // *Геология и геофизика*. 2003. Т. 44. № 12. С. 1262–1269.

Милановский Е.Е., Никишин А.М. Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // *Бюл. МОИП. Отд. геол.* Т. 63. Вып. 4. С. 3–15.

Прокудин В.Г., Съедин В.Т., Валитов М.Г., Медведев С.Н. Центральная котловина Японского моря: история изучения и тектоника // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2018. № 4. Вып. 40. С. 82–104.

<https://doi.org/10.31431/1816-5524-2018-4-40-82-10>

Сахно В.Г. Новейший и современный вулканизм Юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 128 с.

Сигова К.И. Соотношение приповерхностных и глубинных структур земной коры впадины Японского моря. Владивосток: ДВО РАН, 1990. 111 с.

Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 164 с.

Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России / Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34.

Шевалдин Ю.В. Аномальное магнитное поле Японского моря. М.: Наука, 1978. 74 с.

Geological Map of Japan. Third Edition. S 1 : 1000000. Geological Survey of Japan. 1992.

Geology and Geophysics of the Japan Sea (Japan-USSR Monograph. Series. V. 1) / Edited by *N. Isezaki* Tokyo: TERRAPUB, 1996. 487 p.

Elsasser W.M. Sea —floor spreading as thermal convection // *Geophys. Res.* 1971. V. 76. P. 1101–1112.

<https://doi.org/10.1029/JB076i005p01101>

Gill J.B. Orogenic andesites and plate tectonics. New York: Springer, 1981. 390 p.

<http://ru.wikipedia.org>>Геологическое строение Я...

Kawai N., Kume S., Ito H. Study on the magnetization of the Japanese rocks // *J. Geomagn. Geoelec.* 1962. № 13. P. 150–203.

Lallemand S., Jolivet L. Japan Sea; a pull-apart basin // *Earth Planet Sci. Lett.* 1985. V. 76. P. 375–389.

[https://doi.org/10.1016/0012-821X\(86\)90088-9](https://doi.org/10.1016/0012-821X(86)90088-9)

Otofuji Y. Large tectonic movements of the Japan arc in the Cenozoic time inferred from paleomagnetism: Review and synthesis // *Island arc*. 1996. № 5. P. 229–249.

<https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.1996.tb00029.x>

Smith W.H.F., Sandwell D.T. Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparse shipboard bathymetry // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. № B11. P. 21803–21824.

<https://doi.org/10.1029/94SB00988>

Wessel P. Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry // *J. Geophys. Res.* 2001. V. 106. № B9. P. 19431–19441.

<https://doi.org/10.1029/2000SB000083>

Structural Elements of the Sea of Japan Basin and Adjacent Continental and Island Dryland According to Space Geological Data Investigations

A. A. Gavrilov

V.I. Ilchev Pacific Oceanological Institute of RAS Far Eastern Branch, Vladivostok, Russia

The representative system of fault and block dislocations of the Japan Sea segment of the continent-ocean transition zone which was evolved on the basis of space geological data and a sum of available geomorphological, geological and geophysical material allowed to reconstruct of the same name mega-arch of the Late-Palaeozoic age. The ring form, a duration, volumes of basite, acidic magmatism and presence of geological and geophysical signs of mantle diapirism phenomena allow to connect the main features of its structure and development with plum activity. The geological prehistory, plume tectonics phenomena and geodynamic regime periodical inversions have determined the direction, features of destructive transformations of the continent's margin in the Early Mesozoic, in Medium, in Late Cenozoic and the specific character of the region evolution on the whole. Signs of the inherited development of the structural plan: the preservation the granite core of the meg-arch, which is related to the Yamato underwater rise with continental type of crust in the geometric center of the Sea of Japan basin; the presence of radial-concentric hypsometric and structural-magmatic zonality; the reductive nature of many other underwater rises. The absence of compensatory collision-accretion dislocations within the Honshu Island East and island arc slope of the adjacent deep-sea trench, the weak variability of strikes of tectonic marks- through faults “land—sea” on Space images, the preservation of the paleoarch structural elements and other data contradict the ideas about large horizontal movements of lithospheric blocks within the Sea of Japan region which is link of transition zone from Eurasia to the Pacific Ocean.

Keywords: Sea of Japan, continent—ocean transition zone, lineament, tectonic model, mega-arch, plum, riftogenesis, mantle diapir

REFERENCES

- Elsasser W.M.* Sea — floor spreading as thermal convection // *Geophys. Res.* 1971.V. 76. P. 1101–1112. doi: 10.1029/JB076i005p01101
- Gavrilov A.A.* Koltsevye struktury Yaponskikh ostrovov [Ring Structures of the Japanese Islands // *Vulkanologiya and Seismologiya*, 2012. № 1. P. 19–36. (In Russian).
- Gavrilov A.A.* Morfotektonika okrainno-kontinentalnykh orogennykh oblastey (Yug Dal'nogo Vostoka i privileyushchie territorii) [Morphotectonics of the margin-continent orogenic areas (South of the Far East and adjacent territories)]. Vladivostok: TOI DVO RAS, 2017. 311 p. (In Russian).
- Gavrilov A.A.* Roly rasryvnykh narushenii v formirovaniy beregovykh liniy Okhotskogo i Yaponskogo morey. Statiya 1. Regional aspect issledovaniy [The role of fracture zones in the shorelines formation of Okhotsk and Japan Seas. Article. 1. Regional aspect of research] // *Geomorphology*. 2009. № 3. P. 38–48. (In Russian).
- Geodinamika, magmatizm i metallogeniya Vostoka Rossii [Geodynamics, magmatism and metallogeny of the East of Russia]. B. 1. Ed. A.I. Hanchuk. Vladivostok: Dalnauka, 2006. 572 p. (In Russian).
- Geologicheskaya karta dna Yaponskogo morya [Geological map of the Japanese Sea bottom. M 1 : 2.500.000. Edition. Bersenev I.I., Krasnyy L.I.] VSEGEI. 1984.
- Geologiya dna Yaponskogo morya [Geology of the Japanese Sea bottom]. Bersenev I.I., Lelikov E.P., Bezverchny V.L., Vashchenkova N.G., Sedin V.T., Terekhov E.P., Tsoi I.B. Vladivostok: DVO of the USSR Academy of Sciences, 1987. 140 p. (In Russian).
- Geology and Geophysics of the Japan Sea (Japan-USSR Monograph. Series. V. 1) / Edited by N. Isezaki et al. Tokyo: TERRAPUB, 1996. 487 p.
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii [State geological Map of the Russian Federation M 1 : 1000000 (third generation), Far Eastern series: L-52, 53; K-52, 53. VSEGEI]. 2006.
- Gill J.B.* Orogenic andesites and plate tectonics. New York: Springer, 1981. 390 p.
- Hanchuk A.I.* Paleogeodinamicheskii analiz formirovaniya rudnykh mestorozhdeniy [Paleogeodynamic analysis of ore deposits formation of the Russia Far East] / *Rudnye mestorozhdeniya kontinentalnykh okrain* [Ore deposits of continental margins]. Vladivostok: Dalnauka, 2000. P. 5–34. (In Russian). <http://ru.wikipedia.org> Геологическое строение Я... *Karnauh V.N., Karp B.Ya., Tsoi I.B.* Structura fundamenta i seismostratigrafiya osadochnogo chekhla severnoy chasti Yaponskoy kotloviny v rayone vozvyshennosti Tarasova (Yaponskoe more) [Basement structure and sedimentary cover seismostratigraphy in the northern part of the Japan basin in the region of the Tarasov rise (Sea of Japan)] // *Oceanology*. 2007. V. 47. № 5. P. 742–755.
- Karp B.J., Prokudin V.G., Medvedev S.N., Karnauh V.N.* Stroenie zemnoy kory po seismicheskim dannym (Yaponskoe more) [The Earth crust structure from seismic data (the Sea of Japan) / Far Eastern Seas of Russia]. V. 3. Geologicheskie i geofizicheskie issledovaniya. M.: Nauka, 2007. P. 26–47. (In Russian).
- Kawai N., Kume S., Ito H.* Study on the magnetization of the Japanese rocks // *J. Geomagn. Geoelec.* 1962. № 13. P. 150–203.
- Kaz Ya.G., Poletayev A.I., Rummyantseva E.D.* Osnovy lineamentnoy tektoniki [Fundamentals of lineament tectonics]. M.: Nauka, 1986. 140 p. (In Russian).
- Kosmicheskaya informatsiya v geologii [Space information in geology]. M.: Nauka, 1983. 534 p. (In Russian).
- Kulakov A.P.* Morfostruktura Vostoka Azii [Morphostructure of East Asia]. M.: Nauka, 1986. 175 p. (In Russian).
- Lallemant S., Jolivet L.* Japan Sea; a pull-apart basin // *Earth Planet. Sci. Lett.* 1985. V. 76. P. 375–389. doi: 10.1016/0012-821X (86) 90088-9
- Lebedev S.A.* Sputnikovaya altimetriya v naukakh o Zemle [Satellite altimetry in Earth sciences] // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2013. V. 10. № 3. P. 33–49. (In Russian).
- Letnikov F.A.* Magmaobrasuyushchie fluidnye sistemy kontinentalnoy litosfery [Magma-forming fluid systems of the continental lithosphere] // *Geologiya and geofizika*. 2003. V. 44. № 12. P. 1262–1269. (In Russian).
- Milanovsky E.E., Nikishin A.M.* Zapadnotikhookeanskiy riftovyy poyas [West Pacific Rift Belt] // *Bul. MOIP*. 1988. Otd. Geol. V. 63. № 4. P. 3–15. (In Russian).
- Otofuji Y.* Large tectonic movements of the Japan arc in the Cenozoic time inferred from paleomagnetism: Review and synthesis // *Island arc*. 1996. № 5. P. 229–249. doi: 10.1111/j.1440-1738.1996.tb00029.x
- Prokudin V.G., Sedin V.T., Valitov M.G., Medvedev S.N.* Tsentralnaya kotlovina Yaponskogo morya [Central basin of the Sea of Japan: history of study and tectonics] // *Zhurnal of KRUNC. Nauki o Zemle*. 2018. № 4. № 40. P. 82–104. (In Russian). doi: 10.31431/1816-5524-2018-4-40-82-10
- Sahno V.G.* Noveyshiye i sovremennyy vulkanizm Yuga Dal'nogo Vostoka [The newest and recent volcanism of the South Far East]. Vladivostok: Dalnauka, 2008. 128 p. (In Russian).
- Sigova K.I.* Sootnoshenie pripoверхnostnykh i glubinykh struktur zemnoy kory v padine Yaponskogo morya [Ratio of near-surface and deep structures of the Japanese Sea basin Earth's crust]. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1990. 111 p. (In Russian).
- Smith W.H.F., Sandwell D.T.* Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparse shipboard bathymetry // *J. Geophys. Res.* 1994. V. 99. № B11. P. 21803–21824. doi: 10.1029/94SB00988
- Shevaldin Yu.V.* Anomalnoe magnitnoe pole Yaponskogo morya [Anomal magnetic field of the Japanese Sea]. M.: Nauka, 1978. 74 p. (In Russian).
- Utkin V.P.* Sdvigovye dislokatsii magmatizm i rudoobrazovanie [Shift dislocations, magmatism and ore formation]. M.: Nauka, 1989. 164 p. (In Russian).
- Vasilyev B.I., Choi D.R.* Geologiya glubokovodnykh zhelobov i ostrovnykh dug Tikhogo okeana [Geology of deep-water trenches and island arcs of the Pacific] Vladivostok: Dalnauka, 2001. 183 p.
- Voeikova O.A., Nesmeyanov S.A., Serebryakova L.I.* Neotektonika i aktivnyye raslomy Sakhalina [Neotectonics and active faults of Sakhalin]. Moscow: Nauka, 2007. 186 p. (In Russian).
- Wessel P.* Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry // *J. Geophys. Res.* 2001. V. 106. № B9. P. 19431–19441. doi: 10.1029/2000SB000083.
- Zolotov M.G.* Yaderno-svodovye i koltsevye struktury Priamurya [Nuclear-arches and ring structures of Priamurya] / *Tektonika Vostoka Sovetskoi Asii*. Vladivostok: DVO AN SSSR, 1976. P. 3–33. (In Russian).