

УДК 550.814.551.4+561.26

## КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ МОРФОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОБЕРЕЖИЙ И ДНА ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2021 г. А. А. Гаврилов\*

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

*\*e-mail: gavrilov@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 26.11.2019 г.

После доработки 18.09.2020 г.

Принята к публикации 18.03.2021 г.

Проведение космогеологических исследований позволило установить в пределах зоны перехода континент–Японское море в Южном Приморье серию приразломных рядов миоцен-плиоценовых вулканических построек и зон крупных разрывных нарушений, которые протягиваются через материковый склон от шельфа до дна Центральной котловины. Они представляют собой структурные реперы, устойчивое простираение которых ставит под сомнение тектонические модели формирования Япономорской впадины, основанные на реализации масштабных горизонтальных подвижек блоков земной коры. Сочетание линейных систем небольших моногенных построек и трещинных излияний базальтов отражает многовыходной характер вулканизма Центральной котловины, возникающий при неглубоком расположении выступов астеносферы или мантийных диапиров. Предполагается, что формирование и относительно быстрое опускание котловины связано с активной дефлюидизацией мантии, масштабным базальтовым вулканизмом и инъекциями глубинного базитового и ультрабазитового материала, который замещал менее плотные породы земной коры континентального типа.

**Ключевые слова:** космическая геология, разлом, вулканоструктура, залив Петра Великого (Японское море), тектоническая модель

**DOI:** 10.31857/S0030157421040043

### ВВЕДЕНИЕ

Данные дешифрирования космических снимков (КС) – важная и необходимая составляющая геоморфологических и 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 активностями, особое значение имеет выявление сети разрывных нарушений, блоковых элементов и очаговых структур. Один из актуальных аспектов таких исследований – использование сквозных региональных 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 окраинных морей [4, 5]. Не менее важные вопросы связаны с определением роли разломов в строении и развитии береговых геоморфологических систем, с оценкой влияния разрывных нарушений, очаговой геодинамики и вулканизма на процессы деструкции окраин континента при формировании впадин окраинно-континентальных морей [1, 2, 4, 5, 18, 25 и др.]. Все это определяет целевую установку предлагаемой работы, которая включает космогеологическую индикацию структурных элементов зоны перехода континент–Японское море в Южном Приморье и последующую интерпретацию полученных данных на основе имеющихся геоморфологических, геологических и геофизических материалов.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Достоинства космогеологических методов хорошо известны. Это – комплексирование изображений разного масштаба и типа, что обес-

печивает 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 различных геоморфологических, геологических, ландшафтных признаков [10, 13 и др.]. К настоящему времени накоплен большой объем цифровых материалов дистанционных съемок различных диапазонов спектра и детальности. Созданы и разрабатываются необходимые, достаточно сложные средства и алгоритмы обработки цифровой информации. При этом преобладают представления о том, что простая визуализация данных и традиционное дешифрирование КС малоинформативны. По мнению автора, подобные утверждения, в определенной мере, — следствие общей коммерциализации данной сферы деятельности, так как применение сложных программ не всегда целесообразно. Увеличение объема дополнительных операций при обработке исходных данных сопровождается не только ростом трудозатрат и времени, но и появлением информационного шума и артефактов, которые существенно затрудняют адекватную геологическую интерпретацию [12]. В то же время человеческий глаз — достаточно прецизионный инструмент, поэтому полностью отвергать его при работе с материалами космических съемок вряд ли целесообразно. Несмотря на наличие субъективного фактора, такие работы могут быть проведены достаточно качественно и, главное, оперативно.

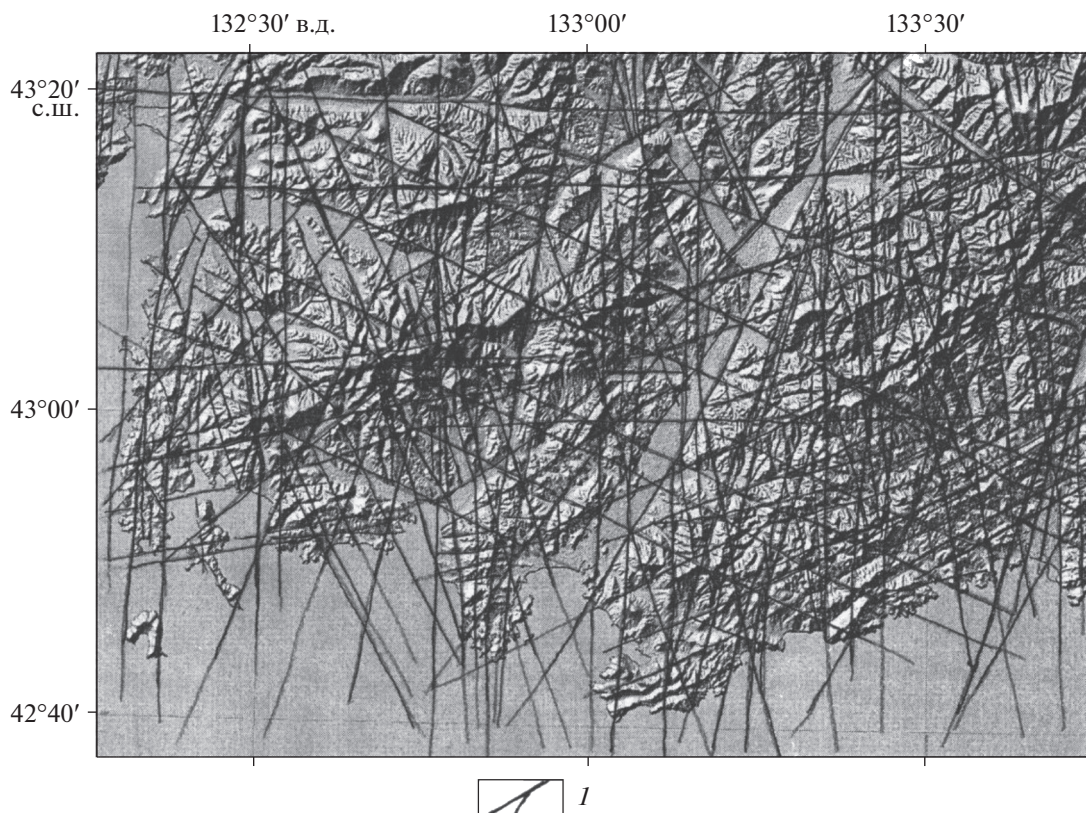
Комплект используемых материалов дистанционного зондирования включал черно-белые панхроматические космofотоснимки м-ба 1 : 500 000, 1 : 000 000 и взятые из Интернета изображения, выполненные в рамках программы Google Earth, которая суммирует информацию сканерных КС суши и моделей цифрового рельефа дна акваторий (GEBCO). Высокая разрешающая способность изображений определяется синтезом материалов спутниковой альтиметрии и данных батиметрических карт, полученных в ходе детальных эхолотных съемок СЗ сектора Японского моря. Пространственное разрешение цифровой модели рельефа дна океана GEBCO (2014 г.) составляет 0.5 дуговой минуты или 0.93 км [30]. Ряд исследователей [12] считает, что наличие спутниковых данных и базы данных GEBCO на залив Петра Великого позволяет создать основу цифровой модели морского дна на сетке с шагом около 600 м.

Для увеличения контрастности и лучшего восприятия деталей изображения копировались на прозрачную пленку и анализировались при под-

светке снизу. В качестве основных признаков разломных структур на КС рассматривались: 1) протяженные (непрерывные или дискретные) узкие линейные или более широкие полосовые аномалии фототона, отличающиеся набором характерных черт, связанных с цветом, рисунком и структурой фотоизображения; 2) линейные границы разделов двух или более участков территории с различным окрасом, плотностью фототона и типом ландшафта, прямолинейные контуры ландшафтных выделов и др. [10, 13]. При геоморфологической и геологической индикации зон разрывных нарушений акцентировалось внимание на протяженных (сквозных или дискретных) линейных элементах рельефа и участках их смещений, на зонах высоких градиентов значений поля высот территорий и батиметрии дна акваторий. Привлекалась информация о прямолинейных границах, нарушениях контуров покровов эффузивов, осадочных геологических тел, учитывались сведения о раздробленности, блоковой структуре интрузивных массивов. Анализировались данные об аномально высокой трещиноватости пород, рядах вулканических структур и иных признаках линейной упорядоченности геологической среды. В ходе изучения сети линеаментов побережий дополнительно применялись схемы морфоструктурного строения побережий, карты “отмытого” рельефа (рис. 1), градиентов уклонов местности, построенные на основе моделей цифрового рельефа [5]. Под морфоструктурными элементами в данной работе понимаются эндогенные формы рельефа, соотносимые с элементами структурного плана.

При региональном анализе линеаментов эталонными объектами служили известные на территории Южного Приморья зоны крупных разрывных нарушений (Западно-Приморская, Партизанская и др.). Локальные разломы изучались на отдельных полигонах островной (о-ва Попова, Рейнеке, Антипенко и др.) и континентальной суши (п-ва Песчаный, Ломоносова) [3, 4]. В других районах проверка полученных данных осуществлялась в ходе маршрутных геолого-геоморфологических исследований береговой полосы.

В зависимости от прозрачности воды, измеряемой стандартным белым диском Коцебу—Секки, при максимально благоприятных условиях на аэрофотоснимках можно получать достоверные изображения морского дна до глубин 70–80 м, а при использовании КС — 100–120 м [24]. Глубины Амурского и Уссурийского заливов редко превышают 50 м, а изобата 100 м проходит, как правило, на удалении нескольких километров от материковой и островной суши. Относительно малые глубины и прозрачность толщи воды обеспечили отражение на КС целого ряда линейных деталей рельефа и ландшафта дна акватории СЗ части зал. Петра Великого. Выделяемые на КС линей-



**Рис. 1.** Схема разломов юго-восточного Приморья по данным дешифрирования цифровой модели “отмытого” рельефа М 1 : 1000000.

1 – выявленные линейные аномалии, соотносимые с зонами разрывных нарушений.

ные аномалии фототона на дне Амурского залива сочетаются с зонами разломов в пределах континентальной и островной суши, что подтверждает достоверность результатов дешифрирования (см. рис. 6).

Космогеологическая индикация очаговых систем предполагает использование комплекса ландшафтных, морфологических, структурных, вещественных и геофизических данных. В зависимости от размеров, ранга, возраста выделяемых объектов и степени изученности территории набор используемых признаков и показателей меняется. Постоянными индикаторами остаются: концентрическое строение различных аномалий (фотона, поля высот и др.); кольцевая геометрия геологических тел, структур; радиально-концентрическая зональность геоморфологических, геологических и геофизических характеристик объектов; соответствующее внутреннее строение, размещение элементов инфраструктуры [5, 13 и др.]. При выявлении линейных и кольцевых аномалий гравитационного, магнитного полей используются приемы, близкие методикам морфометрического и морфографического анализа полей высот рельефа земной поверхности, связанные с оценкой геометрии, особенностей строения, зональ-

ности, закономерностей размещения аномалий и их группировок, а также с определением зон высоких градиентов [10, 13].

Более сложны индикация и идентификация линейных и кольцевых аномалий изображений дна акваторий на больших глубинах, где рельеф отображается на основе комплексирования данных, полученных различными системами спутниковой альтиметрии (цифровые модели высот геоида, уклонения 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 Земли играет второстепенную роль [16, 28, 29]. В то же время диаметры дешифрируемых кольцевых аномалий фототона, соотносимых с проекциями вулканических сооружений на дне залива Петра Великого, материковом склоне и подножье, составляют в среднем 5–7 км, редко

превышая значения 20 км (возвышенность Первенца). При этом размеры расположенных в центре аномалий купольных форм варьируют в диапазоне 3.5–4 км, что может быть обусловлено лишь степенью детальности изображений объектов моделируемого рельефа на основе данных GEBCO. В зоне сочленения суши и прилегающих акваторий программа Google Earth использует комплекты адаптированных друг к другу сканерных КС местности (суша) и цифровых моделей рельефа дна прилегающих акваторий. Использование таких данных, как размеры островов, подводных возвышенностей и других реперных объектов, позволяет уточнить параметры выделяемых на изображениях кольцевых аномалий и соотносимых с ними вулканоструктур.

Для сравнения: известные в пределах континентальной и островной суши вулканические постройки (г. Столовая, о-ва Антипенко, Сибирикова), представленные экструзивными куполами с фрагментами покровов, сложены миоценовыми гиперстеневыми андезитами, базальтами и имеют диаметр около 2 км [3]. Достоверность выделения кольцевых аномалий фототона, соотносимых с проекциями очаговых структур на шельфе и в пределах подводных возвышенностей Центральной котловины, подтверждается рядом данных. Это – выдержанность диапазона параметрических характеристик, кольцевых аномалий на различных участках дна, расположенных друг от друга на десятки и более км; отчетливая связь с аномалиями куполообразных форм рельефа, имеющих радиально-концентрическую батиметрическую зональность; их упорядоченное, с элементами трансляционной симметрии, размещение в пределах линеаментов, соотносимых с зонами магмаконтролирующих разломов; наличие принципиально похожих особенностей внутреннего строения кольцевых аномалий, имеющих дуговые, кольцевые и радиальные элементы, концентры.

#### ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ И ДНА ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ

Специфика геоморфологического строения дна СЗ части Японского моря определяется существованием двух крупных гипсометрических ступеней с относительно выровненными аккумулятивными поверхностями, разделенных зоной контрастного расчлененного рельефа уступа континентального склона, наличием банок, островов в заливе Петра Великого и подводных возвышенностей в Центральной котловине (рис. 2).

Первая ступень представляет собой мелководную подводную окраину материка, примыкающую к суше и характеризующуюся общим с ней

геологическим строением. Ширина рассматриваемого участка южно-приморского шельфа варьирует от 20 до 90 км, достигая максимальных значений в заливе Петра Великого. Максимальные глубины в его пределах не превышают 140–150 м. В геологическом строении осадочного чехла окраинно-континентальной аккумулятивной равнины, заложенной на гетерохронном и гетерогенном фундаменте, принимает участие комплекс позднекайнозойских рыхлых отложений (глины, алевролиты, пески, галечники и др.). Разрез начинается с верхненеогеновых конгломератов и галечников суйфунской свиты, залегающих в отдельных локальных грабенах Амурского и Уссурийского залива [26]. В основании чехла залегают магматиты и метаморфиты протерозоя (Партизанский блок), породы палеозойского комплекса фундамента эпигерцинской платформы и ее плитный комплекс мезозойского возраста (триас–нижний мел), а также позднемеловые эффузивные и интрузивные породы Восточно-Сихотэ-Алинского вулканоплутонического пояса.

Общее число различных по размерам участков островной суши в заливе Петра Великого составляет несколько десятков. Вещественно-структурные признаки позволяют различать острова, сложенные: 1 – позднепермскими гранитоидами (о-ва Наумова, Моисеева, Сергеева, Желтухина, Стенина и др.); 2 – позднепермскими (раннетриасовыми?) габброидами (о-ва Карамзина, Малый); 3 – преимущественно вулканогенно-осадочными и вулканогенными образованиями верхней перми (о-ва Кротова, Козлова и др.); 4 – интрузивными и эффузивно-осадочными образованиями разного состава палеозойского возраста с участием (о-ва Русский, Путятин и др.) или без участия (о. Попова) субгоризонтально залегающих толщ раннемезозойского структурного яруса; 5 – палеозойскими и мезозойскими толщами, прорванными позднемеловыми гранитами (о. Аскольд); 6 – гиперстеневыми андезитами миоценового возраста славянского комплекса (о-ва Антипенко, Серебрякова). Существование островов в виде реликтов структурных элементов континентальной окраины и новообразованных вулканогенных форм – одна из характерных особенностей залива Петра Великого [3].

Залегание на гранитах о. Русский горизонта базальных конгломератов и ранне-, среднетриасовых песчаников, алевролитов с фауной двустворчатых моллюсков, наутилоидей и мшанок подтверждает тот факт, что к началу мезозоя герцинские вулканоплутонические горные сооружения оказались в значительной степени (1.5–2 км) эродированы и опущены ниже уровня моря. Помимо о. Русский, реликты субгоризонтально залегающих отложений платформенного чехла отмечаются и на о-вах Аскольд, Путятин, Бол. Пелис [3, 5].

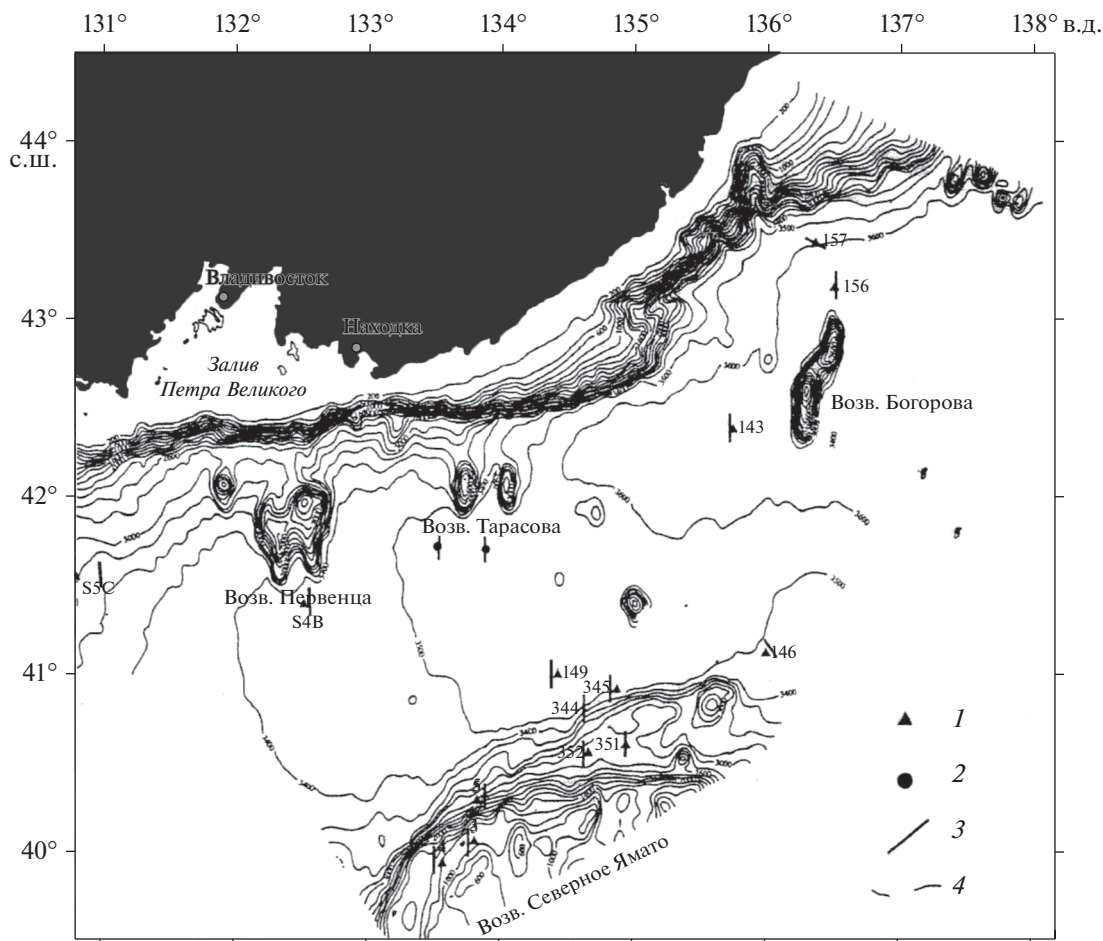


Рис. 2. Батиметрическая карта дна СЗ части Японского моря [10].

1 – центры профилей НСП с сейсмоакустическими радиобуями; 2 – донные сейсмические станции; 3 – фрагменты профилей НСП; 4 – изобаты.

На гранитных массивах, относимых к структурам фундамента эпигерцинской платформы, в пределах о-вов Попова и Русский обнаружены небольшие ареалы площадных кор выветривания, которые отражают этап формирования позднепалеозойско-раннемезозойского пенеплена. 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 связано с региональными орогенными процессами, начавшимися в конце раннего мела и достигшие экстремума в позднем мелу-раннем палеогене. Масштабы проявления поздне-мезозойского гранитоидного магматизма и кислого вулканизма обеспечили возникновение мощных горных систем, что определило резкое повышение интенсивности сопутствующих эрозионных и денудационных процессов. Поднятия региона развивались дифференцированно, но в

целом унаследовано, что обусловлено существованием устойчивой сети региональных глубинных разломов.

Наиболее интенсивно воздымались области мезозойской складчатости и окраинно-континентального вулканоплутонического пояса (Сихотэ-Алинь), менее активно процессы орогенеза и эрозионно-денудационные явления протекали в областях ранней консолидации (Ханкайский, Сергеевский массивы, эпигерцинская платформа). Достаточно отметить, что в настоящее время высоты дейтероорогенных поднятий Южного Приморья и горных сооружений Центрального Сихотэ-Алиня различаются более чем в два раза. Возможно, что сохранность фрагментов платформенного чехла на побережье и островах Южного Приморья объясняется не только дифференцированным характером тектонических движений, но и вовлечением в опускание в среднем и позднем кайнозое морфоструктур, обрамляющих Япономорскую впадину [5].

Начиная с эоцена, в пределах Востока Азии происходила очередная смена тектонического режима, обусловившая доминирование процессов деструктивного тектогенеза, погружение окраин континента и формирование впадин окраинных морей. Наиболее интенсивное опускание Япономорской котловины происходило в позднем олигоцене, миоцене и плиоцене [1, 2, 7–9 и др.]. На континентальном побережье Приморья эти явления привели к активизации докайнозойских и образованию новых окраинно-континентальных прогибов и впадин (Хасанская, Славянская, Тавричанская, Шкотовская и др.), в том числе грабенов Амурского и Уссурийского заливов, заложившихся в миоцене на месте одноименных синклиналей. Индикаторы глубинной, рифтогенной природы позднекайнозойской деструкции южно-приморского сегмента континентальной окраины, расположенного в Западно-Тихоокеанском рифтовом поясе [18], — относительно небольшие (радиус — 30 км) центры базальтоидного вулканизма миоценового возраста (Шуфанский, Шкотовский), соотносимые с проекциями мантийных диапиров. Структурный контроль очаговых систем Шуфанского и Шкотовского плато осуществляется Южно-Сихотэ-Алинской зоной широтного глубинного разлома [2, 19, 25]. Отдельные мелкие вулканические постройки на побережье (г. Столовая, на п-ове Песчаный и др.) располагаются в узлах пересечения разломов северо-восточного и широтного простираний. Дифференцированное развитие поднятий и впадин побережья Южного Приморья сохранилось и на этапе неотектонической активизации (плиоцен), связанной с подвижками в зоне Уссури-Амурского глубинного разлома и возникновением магматического центра Пектусан (Чанбайшань). В настоящее время крупный одноименный вулкан (диаметр 45–50 км) расположен на границе Северной Кореи и провинции Гири (Китай).

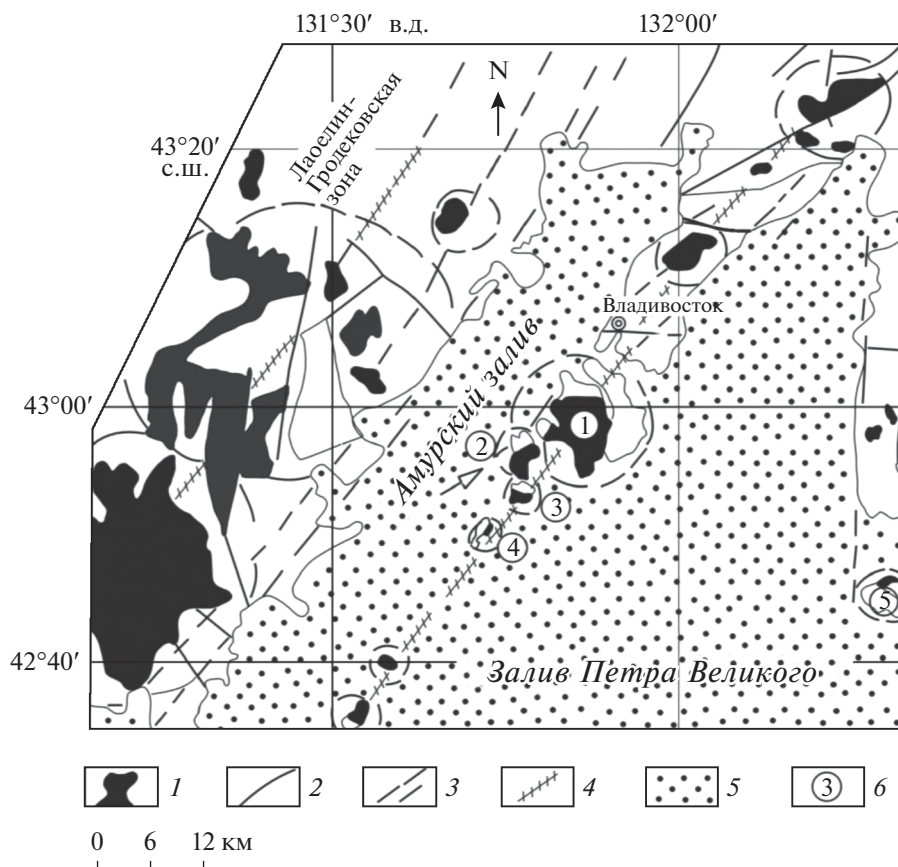
При опускании и затоплении окраин континента остаточные поднятия побережий трансформировались в островные системы. В этих геодинамических условиях цепь активизированных в позднем мелу позднепермских гранитоидных куполов, входивших в состав фундамента эпигерцинской платформы, оказалась максимально устойчивой к процессам деструкции и базификации, обеспечивая унаследованное развитие главного положительного морфоструктурного элемента дна залива Петра Великого — небольшого подводного горного хребта. Он расположен на продолжении структур п-ва Муравьева-Амурского и образует тектоническую основу архипелагов островов Императрицы Евгении (о-ва Русский, Попова и др.) и Римского-Корсакова (о-ва Стенина, Бол. Пелис и др.), протягиваясь в акваторию залива Петра Великого на расстояние более 90 км. Наибольшие высоты этого сооружения (291 м) ха-

рактерны для о. Русский. На других островах — вершинах подводного хребта — они существенно меньше. Относительно аккумулятивной поверхности дна прилегающих впадин Уссурийского и Амурского заливов высоты этого линейного поднятия СВ простирания при средней ширине 12 км варьируют в диапазоне от 110 до 350 м. Такие же цепи купольных форм, сопряженных с позднепалеозойскими массивами гранитоидов и контролирующими их разломами, образуют тектоническую основу горных систем прилегающего континентального побережья (рис. 3).

Общая история геологического развития гряды островов залива определяется следующей схемой: вулканоплутонический хребет ( $P_2$ ) — линейная система остаточных горстов и эродированных плутонов ( $P_2-T_1$ ) — серия погребенных массивов гранитоидов ( $T_1-J_3$ ) — ряд возрожденных горстов ( $J_3-K_2$ ) — дискретная полоса эксгумированных и отпрепарированных купольных и блоковых структур ( $K_2-N_1-Q_{IV}$ ), образующих тектоническую основу подводного хребта. В основе его длительного и унаследованного развития лежит комплекс факторов: существование каркасной сети глубинных магмоконтролирующих разломов и связанных с ними интрузивных массивов (габбро, габбро-диориты, диориты и граниты); повышенные мощности гранитно-метаморфического слоя — “корни гор” под позднепалеозойскими магматическими орогенами (на период образования); превалирование вертикальных перемещений масс горных пород; дифференцированный характер тектонических движений; гравитационная устойчивость купольных, пирамидальных форм в целом и устойчивость гранитных куполов к процессам рифтогенной деструкции и базификации, в частности; повышенная стойкость окварцованных, ороговикованных пород экзоконтактов гранитоидных массивов к абразии и денудации [3].

Новые данные об абсолютном возрасте магматитов свидетельствуют о силурийском времени формирования основной части гранитов о. Русский [14]. Поскольку отдельные элементы массива были образованы в поздней перми, а для некоторых магматических тел есть и позднеюрские абсолютные датировки [20], получается, что очаговая система, экспонированная в пределах острова, соотносится с центром длительного гранитообразования. Он развивался дискретно во времени, но унаследовано на протяжении нескольких сотен миллионов лет, что, вероятно, обусловлено его положением в зоне регионально-магмоконтролирующего разлома.

В ходе геолого-съемочных работ и геофизических исследований на территории Южного Приморья была выделена целая серия зон крупных разрывных нарушений (Западно-Приморская,



**Рис. 3.** Линейные системы эксгумированных и экспонированных в позднем кайнозое позднепермских гранитоидных куполов островов и континентального побережья залива Петра Великого [3].

1 – гранитоиды позднепермского возраста; 2–3 – системы разломов, установленные по данным: 2 – геологическим, 3 – морфоструктурного анализа; 4 – предполагаемые зоны магмоконтролирующих разломов, образующих линейные системы палеомагматических структур; 5 – акватория зал. Петра Великого; 6 – названия островов: 1 – Русский, 2 – Попова, 3 – Рейнеке, 4 – Рикорда, 5 – Аскольд. Стрелка направлена на о-ва Попова и Русский.

Партизанская, Центрально-Сихотэ-Алинская и др.) [1, 2, 22, 25, 26 и др.], представляющих собой длительно живущие каркасные элементы структурного плана глубинного заложения. С разрывными дислокациями соответствующего ранга связаны границы структурно-формационных зон, контроль явлений магматизма, создание блоковой структуры земной коры региона и реализация современных геодинамических, сейсмических процессов. Отмечается влияние региональных разломов на очертание границ материковой суши, формирование межгорных впадин, долин крупных рек и других крупных элементов морфологического ландшафта региона [3–5]. Например, контуры залива Петра Великого контролируются фрагментами региональных и трансрегиональных разрывных нарушений, с которыми соотносятся протяженные гипсометрические уступы на побережье и мелководном шельфе, а также полосы обрывистых, относительно спрямленных берегов (рис. 4).

Западный берег Амурского залива имеет СВ ориентировку, которая обусловлена системой разрывов Уссурийско-Биялчанского трансрегионального разлома, протягивающегося на север вдоль долины р. Уссури до р. Амур и далее по системе межгорных впадин до Западного Приохотья [4]. Именно в полосе этого разлома расположен эпицентр Приморского землетрясения 1955 г. с магнитудой 4.4 и глубиной залегания очага 6 км. Восточный берег Амурского залива более спрямлен и также ориентирован в СВ направлении. На контакте структур п-ва Муравьева-Амурского и Амурского грабена проходит Береговой глубинный разлом, выраженный на схемах гравитационного поля зоной повышенных градиентов. Общая мощность зоны повышенных дислоцированных пород на п-ве Птичий (о. Попова) в полосе этого разлома превышает, по данным автора, 1 км [5]. Центроклинальное падение слоев вулканогенно-осадочных пород позднепермского возраста на континентальном побережье и в пределах островных территорий, занимающих соответ-



**Рис. 4.** Схема линейных морфографических элементов и основных систем разломов побережья залива Петра Великого [3]. 1 – спрямленные и дуговые участки долин водотоков, протяженные гипсометрические уступы, связанные с разрывными нарушениями, 2 – зоны крупных разломов по геологическим данным и результатам дешифрирования космических снимков, 3 – ареалы рыхлых отложений в пределах прибрежных низменностей и речных долин, 4 – береговая линия, 5 – цифры в кружках – фрагменты трансрегиональных и региональных зон разломов: 1 – Уссурийско-Биличанская, 2 – Береговая, 3 – Южно-Приморская, 4 – Муравьевская (Артемовская), 5 – Аскольдовская, 6 – Посьетская.

ственно западное и восточное крылья Амурского грабена, свидетельствует о его заложении в пределах синклиальной структуры [3].

Контуры и ориентировка западного берега Уссурийского залива также задаются двумя крупными разрывными нарушениями, отчетливо выраженными на КС и представляющими ответвления Арсеньевской региональной системы разломов. Непосредственно в береговой полосе фиксируются многочисленные локальные сбросовые и сбросо-сдвиговые дислокации с плоскостями сместителей, ориентированными параллельно береговой линии [4]. Восточный берег Уссурийского залива подчиняется ориентировке Аскольдовского меридионального разлома, в пределах которого известны выходы пород ультраосновного состава. Формирование грабенов Амурского и Уссурийского залива в пределах синклиальных палеоформ, а горста п-ва Муравьева-Амурского в рамках одноименного антиклинория указывают на дифференцированный

характер и преемственность развития элементов морфоструктурного плана от основных конструктивных (поздний палеозой, поздний мел) и деструктивных (ранний мезозой, средний-поздний кайнозой) этапов тектогенеза территории.

Полученные данные о строении разрывных нарушений в береговых обрывах зал. Петра Великого показали, что амплитуды горизонтальных перемещений на побережье редко превышают первые десятки метров, в то время как амплитуды сбросов имеют значения, отличающиеся на порядок и более. Одним из примеров может служить система дизъюнктивных структур на о. Пулятина (рис. 5), где широко представлены сбросовые и сбросо-сдвиговые дислокации с относительно небольшими (десятки метров) подвижками по разломам.

С позиций неомобилистских воззрений основные элементы структурного плана Южного Приморья – Лаоелин-Градековский и Сергеевский террейны. Первый описывается как фрагмент



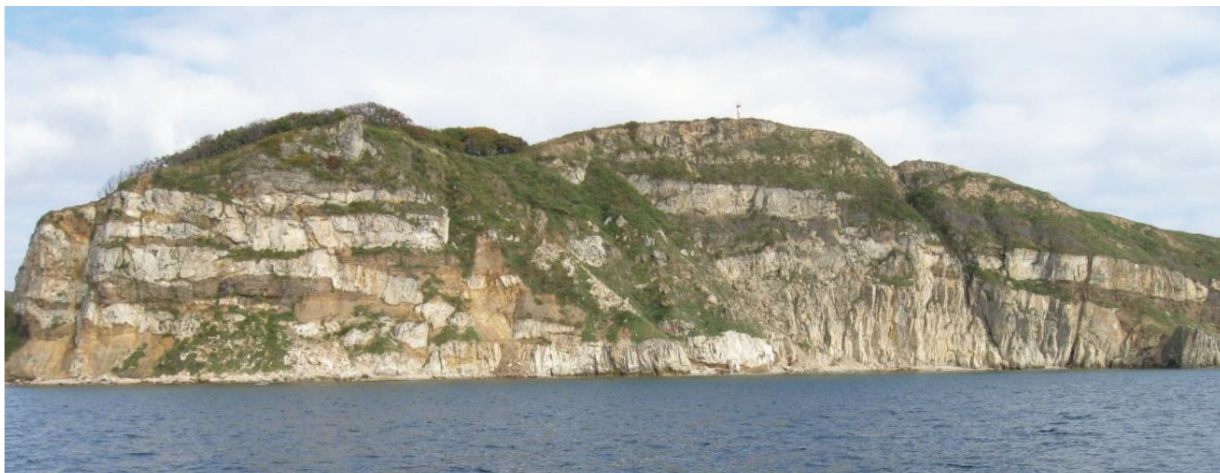


Рис. 5. Системы дизъюнктивных дислокаций в береговых обрывах мыса Родионова (о. Путятина). Роль тектонических маркеров играют субгоризонтально залегающие плоские тела (силлы) поздне меловых диоритов.

островной дуги, аккрецированный к среднепалеозойскому континенту в конце силура. Второй определяется как фрагмент раннепалеозойской активной окраины, который переместился за период валанжин–альб с юга на север на расстояние более 1500 км [23]. Некоторые авторы относят небольшую часть побережья к Вознесенскому террейну, характеризуя его в качестве позднепермско-кембрийской пассивной окраины, в пределах которой проявился позднесилурийский гранитоидный магматизм [14]. Постулируется, что континентальная кора Сихотэ-Алиня была сформирована примерно за 60 млн лет в средней юре–альбе. Само горное сооружение рассматривается в виде коллажа террейнов аккреционных призм, турбидитового бассейна и островной дуги. Считается, что этот ороген был сформирован на коре океанического типа в результате коллизионных процессов при решающей роли крупномасштабных перемещений по левым сдвигам [23]. В ряде тектонических моделей формирования Япономорской впадины решающая роль также отводится левосторонним масштабным горизонтальным подвижкам с реализацией механизма “pull apart” [22, 27 и др.].

Все это, по мнению автора, противоречит данным о существовании устойчивой региональной сети глубинных магмоконтролирующих разломов и наличии длительно живущих магматических центров, не согласуется с характером наблюдаемых дислокаций и палеогеографическими реконструкциями, а также с другими геологическими и геоморфологическими материалами [1–5, 15, 20, 21 и др.]. Установленная тектоническая предопределенность коренных берегов континентальной, островной суши и основных морфоструктурных элементов региона [4, 5] во многом объясняет дизъюнктивную природу реконструи-

руемых при тектонических построениях границ структурно-формационных зон и выделяемых террейнов.

**Дно акватории.** Вторая региональная гипсометрическая ступень северной части Японского моря связана с днищем Центральной котловины, которая отделена от шельфа зоной высокоградиентного рельефа. Она включает бровку шельфа и континентальный склон, строение и ориентировка которых обусловлены зонами широтного Южно-Приморского и северо-восточного Восточно-Приморского разломов [1, 2, 6, 24]. Ширина этого линейного морфоструктурного элемента от бровки шельфа до подножья составляет 15–20 км, максимальные углы наклона достигают значений 25 и более градусов [6, 7 и др.] Характерная черта его строения – высокая степень вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, которая обусловлена разницей гипсометрических уровней, существованием блоков отседания, оползней, обвалов и поперечных глубоко врезанных приразломных грабен, каньонов, соотносимых, зачастую, с палеодолинами речной сети, имеющими разный возраст. Последний этап их активного развития связан, вероятно, с ранним плейстоценом, когда произошла крупная (150–200 м) регрессия вод Японского моря [11]. Вместе с современными долинами именно они представляют собой основные каналы транзита рыхлого материала в виде мутьевых потоков из прибрежных районов на шельф и на материковый склон. Глубины залегания основания материкового склона варьируют от 2700 до 3300 м. В буферную зону сочленения континентальной окраины и Центральной котловины можно включить и материковое подножье, так как конусы выноса и массы горных пород, перемещенных обвальными оползневными процессами и турбидитными пото-

ками, обеспечивают сохранение наклона аккумулятивной поверхности по направлению к центральной части абиссальной равнины. Глубины моря в ее пределах меняются в диапазоне 3200–3650 м. По особенностям своего геоморфологического строения она представляет собой аккумулятивную выровненную поверхность с горизонтально залегающими слоями осадочных и вулканогенных пород, в пределах которой развиты отдельные подводные поднятия (возвышенности Богорова, Беляевского и др.), удаленные друг от друга на многие десятки и сотни км. Несмотря на небольшие размеры (обычно несколько десятков км), относительные высоты этих положительных форм могут достигать 1500–2500 м. Ряд из них имеет изометричные в горизонтальной проекции контуры (возвышенности Петра Великого, Беляевского и др.), другие отличаются вытянутой в меридиональном направлении формой, образуя небольшие подводные хребты. Имеющиеся данные драгирования свидетельствуют об участии в строении некоторых из них пород складчатого фундамента и позднемезозойских образований (песчаники, алевролиты, граниты, эффузивы кислого, среднего состава и др.), но в целом преобладают вулканы среднего миоцена плиоценового комплекса [1, 2, 6–9]. Присутствие в разрезах осадочного чехла, помимо лав, туфов и туфогенно-осадочных разностей пород указывает на их формирования в приповерхностных, субаэральных условиях. По материалам глубоководного бурения (проекты DSDP Leg 31 и ODP Legs 127, 128), осадочный чехол Японской котловины сложен преимущественно терригенными и биогенными отложениями, накопление которых началось со среднего миоцена. Одна из скважин (ODP 795 В), пробуренная на периферии погребенной вулканической постройки, вскрыла базальтовый покров мощностью 78.7 м [20, 21].

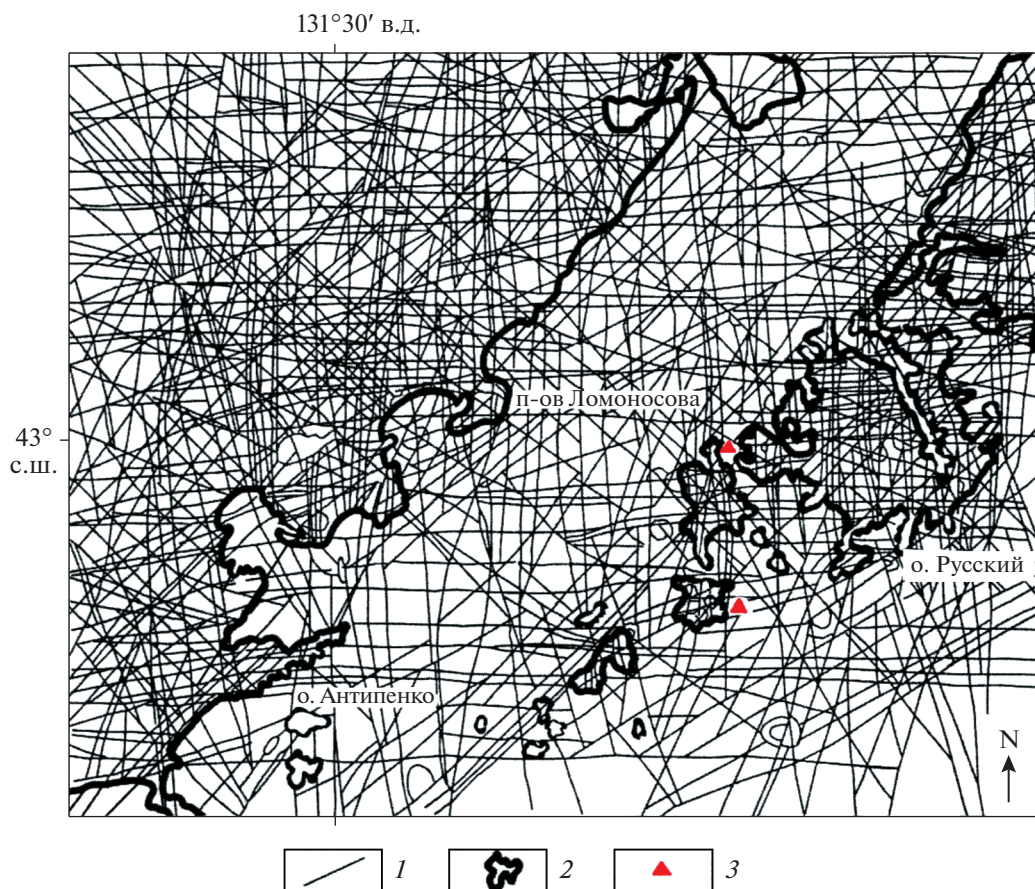
#### РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДНА ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ПРИЛЕГАЮЩИХ УЧАСТКОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КОТЛОВИНЫ

В отличие от известных тектонических построений [1, 2, 22 и др.], приведенная схема (рис. 6) отражает такие черты геологического строения Южного Приморья, как общую высокую раздробленность земной коры, важную роль разрывных дислокаций не только северо-восточного, но и других направлений. Отмечается, в частности, широкое развитие ортогональных (широтных и меридиональных) структур, наличие сквозных разломов “суша–море” и др. Основной фон образуют локальные разрывные нарушения, выраженные на черно-белых панхроматических КС и в виде линейных аномалий фототона не только на

суше, но и в пределах Амурского залива, где глубины редко превышают 50 м. Региональные разломы представлены зонами сгущения мелких линеаментов. На КС отчетливо выделяются, например, меридиональный Западно-Приморский, северо-восточные Уссурийско-Биличанский, Береговой, серии широтных и северо-западных дизъюнктивных дислокаций, которые показаны на геологических картах лишь фрагментарно либо не представлены вообще.

Можно предполагать, что отражение на снимках разломов на дне Амурского залива и в целом на шельфе Южного Приморья обусловлено рядом факторов: 1 – связь с разрывными нарушениями гипсометрических уступов, выступов, ложбин, палеодолин, каньонов и других линейных форм рельефа; 2 – соотношение с границами структур, наличие геологических тел с разными физико-механическими свойствами (дайки, экзоконтакты интрузивных массивов и др.); 3 – эффект динамического влияния зон разрядки тектонических напряжений в скальных породах фундамента на вышележащие слои слаболитофицированных и рыхлых осадочных образований при сейсмических процессах; 4 – выполнение тектоническими трещинами функций газопроводящих и подводных каналов при глубинной дегазации недр и диагенезе обогащенных органикой слоев рыхлых отложений; 5 – разгрузка в зонах нарушений дна акваторий потоков трещинных вод, формирующихся на прилегающей суше.

Следующая схема дешифрирования изображения (Google Earth), суммирующего информацию космических съемок (суша) и цифровых моделей рельефа дна акваторий (GEMCO) (рис. 7), содержит информацию о системах разрывных нарушений и очаговых морфоструктур СЗ сектора дна Японского моря и прилегающей суши. Помимо широкого развития ортогональных – широтных и меридиональных структур, отмечаются во многом похожие особенности сети дизъюнктивных дислокаций: наличие сквозных разломов “суша–море”, тектонический контроль ориентировок коренных берегов, структурная предопределенность бровки шельфа, материкового склона, цепи островов и подводных возвышенностей. Подтверждаются, в частности, опубликованные ранее положения [1, 2, 25] о тектонической предопределенности материкового склона, образующего зону контрастного сочленения окраины материка и Центральной котловины Японского моря. Развитые здесь крупные разломы имеют глубинное заложение и влияют на формирование регионального уступа, размещение вулканических центров и блоковых структур с разными мощностями земной коры. Перепады высот от бровки шельфа до подножья (2500–3000 м) и характер строения материкового склона отражают сбросо-обвальный характер погружения Цен-



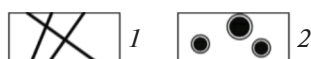
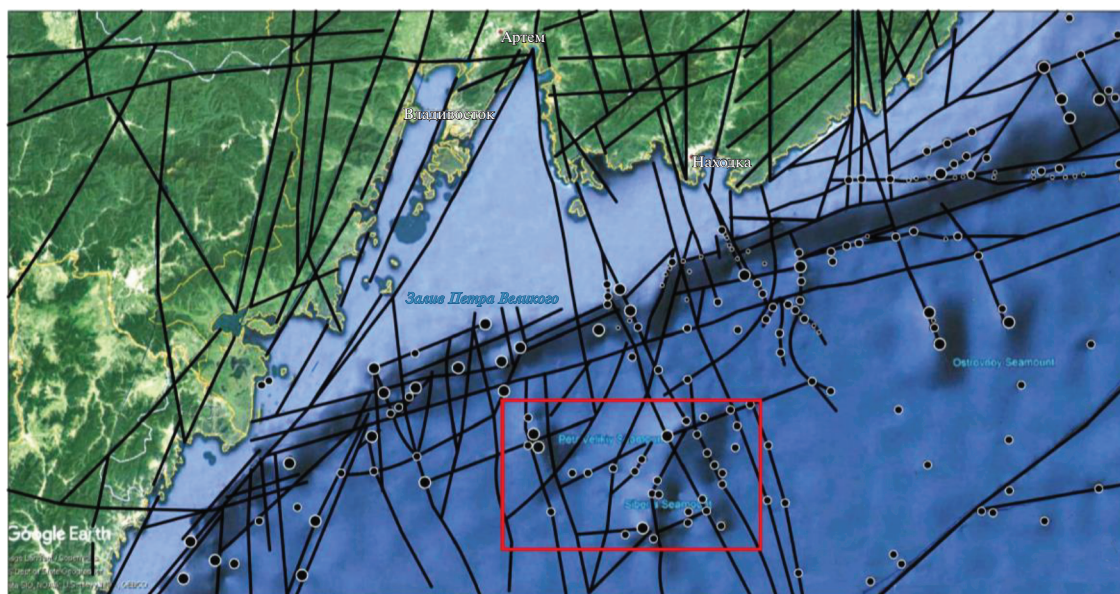
**Рис. 6.** Системы разломов континентального, островных побережий и дна Амурского залива по данным дешифрирования черно-белых панхроматических КС М 1 : 500000.

1 – линеаменты, соотносимые с зонами разломов; 2 – береговая линия; 3 – участки детальных исследований для проверки линейных фотоаномалий.

тральной котловины. Полученные данные о тектонической предопределенности береговых линий зал. Петра Великого и основных элементов морфоструктурного плана побережья Приморья в целом [3–5] позволяют рассматривать окраинно-материковую ступень региона не только как продукт эрозионно-абразионных процессов, протекавших при неоднократных масштабных регрессивных и трансгрессивных изменениях уровня вод Японского моря, но и как структурно обусловленную систему блоковых дислокаций, вовлеченных в опускание при формировании Центральной котловины Япономорской впадины.

Хорошо видимые на иллюстрации (см. рис. 7) мелкие кольцевые аномалии светлого фототона соотносятся с проекциями относительно небольших вулканических построек, выраженных в рельефе в виде купольных форм с кратерами и без кратеров, а также в виде изометричных впадин, представляющих собой, видимо, эксплозивные воронки. Реликты вулканических структур выявлены на шельфе, бровке шельфа, на подводных

возвышенностях и в прилегающих районах Центральной котловины. Их размещение контролируется разломами и узлами их пересечений. Вместе с разломами вулканические постройки образуют прямолинейные, пересекающиеся и более сложные пространственные группировки. Господствующие простирания цепочек или рядов вулканических форм – субширотное и меридиональное, но в западной части зал. Петра Великого в зоне Уссурийско-Биякчанского разлома расположены тектономагматические системы северо-восточной ориентировки. Некоторые из выявленных рядов вулканических аппаратов поперечны материковому склону, другие имеют конформное субширотное простирание и фиксируются на бровке шельфа. Протяженность таких цепочек вулканических построек различна. Одни из них имеют длину первые десятки км, другие протягиваются на 100 и более км. Например, ряд мелких кольцевых форм, расположенных южнее бухты Находка и объединяющих купольные и воронкообразные объекты, характеризуются длиной около 50 км. Его северный сегмент имеет ме-



**Рис. 7.** Схема дешифрирования изображения в программе Google Earth северо-западного сектора дна Японского моря и прилегающей суши.

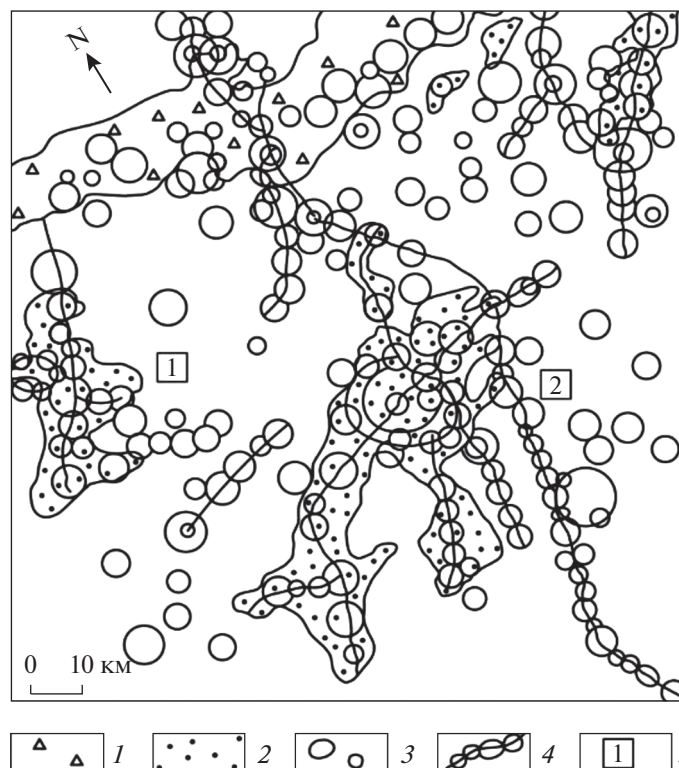
1 – линеаменты, соотносимые с зонами разломов; 2 – кольцевые аномалии разного размера, сопоставляемые с вулканическими структурами миоцен-плиоценового этапа вулканизма. Siberian Seamount – возвышенность Первенца. Прямоугольником выделена площадь детальных исследований (рис. 8).

ридиональную ориентировку, южный – юго-восточную. Он прослеживается на шельфе, материковом склоне и дне Центральной котловины, отражая, в виде тектонического маркера, отсутствие крупных горизонтальных перемещений на границе этих морфоструктур. Крупная цепь кольцевых аномалий, выделяемая восточнее мыса Поворотного (азимут простираения  $290^{\circ}$ – $295^{\circ}$ ), трассируется на расстояние около 120 км.

Имеющиеся геологические данные [1, 2, 7–9 и др.] позволяют отнести время формирования большинства вулканических построек, выявленных на дне акваторий залива и Центральной котловины, к миоцен-плиоценовому этапу базитового магматизма. С учетом превалирования на прилегающей суше вулканогенных образований раннемиоценового возраста часть из них, возможно, сформировалась раньше. Важно отметить, что, если в плиоцене базальтовый вулканизм на территории Южного Приморья проявился лишь ограничено [19], то на дне акватории Японского моря площадные излияния продолжались, по одним данным [7, 8], до конца плиоцена, а по другим [20] – до среднего плейстоцена. Пространственные и хронологические особенности подводного вулканизма подчеркивают детерминированные отношения процессов погребения Япономорской котловины и функционирования мантийных энерго- и магомгенерирующих очаговых систем. Именно они продуцировали интру-

зивные и протрузивные инъективные дислокации, определяя характер структурно-вещественных преобразований земной коры континентальной окраины.

Со склонов подводной возвышенности Петра Великого (глубины около 1600 м), относительно близко расположенной к континентальному склону, наряду с базальтами среднемиоцен-плиоценового комплекса, были подняты обломки аркозовых и грувакковых песчаников [8], которые близки по составу породам мезозойского (триас) плитного комплекса эпигерцинской платформы, сохранившегося на о-вах Русский, Путятин и др. В пределах этого подводного поднятия на мелкомасштабном снимке (см. рис. 7) выделяется 4 кольцевых аномалии, интерпретируемые как реликтовые вулканические сооружения. При увеличении изображения количество мелких кольцевых аномалий, соотносимых с мелкими вулканическими аппаратами, возрастает до 14 (рис. 8). Согласно батиметрическим и космогеологическим данным, тектоническая основа возвышенности – цепь вулканических аппаратов протяженностью около 45 км. Диаметры кольцевых объектов варьируют в интервале 4–9 км. Геометрическому центру поднятия отвечает узел пересечения магмоконтролирующих разломов меридиональной и субширотной ориентировок. Сама г. Петра Великого соотносится с более крупной очаговой постройкой.



**Рис. 8.** Увеличенный фрагмент схемы кольцевых и линейных аномалий, выявленных на изображении (программа Google Earth) цифрового рельефа подводных возвышенностей Петра Великого и Первенца.

1 – материковый склон; 2 – подводные возвышенности; 3 – кольцевые аномалии, соотносимые с проекциями вулканоструктур; 4 – линейные системы (ряды) кольцевых аномалий, сопряженные с линеаменами (разломами); 5 – цифры в квадратах – названия подводных возвышенностей: 1 – Петра Великого, 2 – Первенца.

Подводные возвышенности Первенца и Тарасова (хребты Берсенева, Васильковского) расположены примерно в 50 км от подножья материкового склона. В пределах первой, имеющей диаметр основания по изобате 2700 м около 60 км и относительную высоту более 2500 м, помимо вулканитов (базальты, андезиты) миоцен-плиоценового возраста, также установлены мезозойские стратифицированные образования и гранитоиды [1, 2, 7]. По результатам более детального дешифрирования изображения (см. рис. 8) на ней установлено более 20 кольцевых аномалий разного размера, соотносимых с проекциями вулканических построек. При этом в северной части возвышенности отчетливо проявлены крупные разломы и связанные с ним субпараллельные ряды мелких купольных форм, которые прослеживаются через материковый склон до бровки шельфа.

Такие же по составу обломки пород, типичные для прилегающего континента, были драгированы на склонах второго объекта, подводной возвышенности Тарасова [1, 2, 8], что свидетельствует о совмещении признаков и геологических характеристик остаточного и новообразованного (вулканогенного) поднятия. Более детальные исследования показали наличие двух хребтов меридионального

простираения с глубинами соответственно 1530 и 2550 м, которые имеют ширину 30 км и 10–14 км. По геофизическим данным, в основании возвышенности выделяется платообразное поднятие, совместимое, видимо, с выступом складчатого фундамента. Среди пород осадочного чехла установлены глины, туфы, туфоконгломераты позднемиоценового и плиоценового возраста [7]. В соответствии с полученными данными, тектоническую основу двух хребтов образуют ряды мелких вулканов, контролируемых субпараллельными магмоконтролирующими разломами.

Юго-восточнее, на расстоянии около 220 км от подножья материкового склона расположена палеовулканическая постройка горы Беляевского с диаметром основания около 25 км. По результатам драгирования эта морфоструктура сложена толеитовыми базальтами, трахиандезитами и трахитами [1, 2], которые относятся к среднемиоцен-плиоценовому вулканическому комплексу. В соответствии с результатами сейсмического зондирования, мощность земной коры в районе г. Беляевского, составляет более 10 км. По своим геофизическим характеристикам она относится к континентальному типу [9]. В строении других подводных поднятий Центральной котловины

принимают участие аналогичные приразломные ряды, линейно-узловые группировки относительно мелких вулканических построек. Значительная часть этих образований, видимо, скрыта под чехлом рыхлых отложений, что позволяет предполагать их более широкое площадное распространение.

Установленные особенности размещения и структурного контроля вулканических построек дна северо-западной части Японского моря отражают совмещение черт трещинного и центрального типов извержений. Магматические потоки перемещались вдоль разломов-каналов, формируя на участках повышенной проницаемости коры, в узлах пересечения локальных разрывов, небольшие моногенные вулканы, лавовые, экструзивные купола, шлаковые конусы с одним или несколькими потоками лавы. Более крупные постройки возникают в узлах пересечения региональных разломов, роль которых обычно играют протяженные структуры меридионального и субширотного простираний. Известные соотношения между параметрами вулканических построек и глубинами залегания магматических камер [17] свидетельствуют об относительно неглубоком залегании магмо- и энергогенерирующих источников, соотносимых с выступами литосферной мантии, или мантийными диапирами. В условиях высокой проницаемости земной коры, которые существовали в пределах Западно-Тихоокеанского рифтового пояса [18], инъекции глубинного материала быстро достигали поверхности и теряли летучие компоненты, способствуя резкому уменьшению объемов магматических камер. Суммарный эффект от этих процессов и от структурно-вещественных преобразований земной коры, способствующих увеличению ее плотности за счет образования многочисленных покровов, потоков, лавовых, экструзивных куполов и возникновения сопутствующих интрузивных тел корневых частей вулканических построек, вероятно, и привел к относительно быстрому погружению Япономорской впадины.

По сейсмологическим и гравиметрическим [2, 9, 21 и др.] данным, в пределах фундамента Центральной котловины не выделяются структуры, идентифицируемые с рифтогенными грабенами. Наличие на западе и северо-востоке этой морфоструктуры крупных изометричных углубленных участков дна, отличающихся сокращенными мощностями земной коры, указывает на то, что главная роль в реализации процессов деструктивного тектогенеза и прогибания земной коры принадлежит явлениям мантийного диапиризма. Аналогичные представления принципиально применимы и к глубоководным котловинам Ямато и Цусимской [2].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По данным дешифрирования КС и анализа изображений (Google Earth) цифровой модели рельефа Южно-Приморского сектора зоны перехода континент—окраинное море, на шельфе, материковом склоне, в пределах подводных поднятий Центральной котловины и ее равнинных участков с различной плотностью распространены линейные и кольцевые аномалии, соотносимые соответственно с зонами разрывных нарушений и проекциями миоценовых и миоцен-плиоценовых очаговых структур. Отдельный класс объектов образуют приразломные ряды, цепи вулканических построек, образующие структурную основу подводных возвышенностей, мгногие из которых расположены на складчатом фундаменте и имеют унаследовано-наложенную природу.

2. Установлена слабая изменчивость простираний приразломных вулканотектонических систем, протягивающихся через материковый склон от бровки шельфа Южного Приморья до дна Центральной котловины, и устойчивость ориентировок сквозных разломов “суша—море”, выступающих в роли тектонических реперов. Анализ имеющихся геологических и геофизических данных о строении Южного Приморья и полученные космогеологические материалы указывают на отсутствие следов крупных горизонтальных перемещений блоков при деструкции континентальной окраины и опускании Центральной котловины. Это ставит под сомнение тектонические модели формирования впадины Японского моря, связанные с реализацией масштабных горизонтальных подвижек блоков земной коры.

3. Сочетание множества линейных систем небольших моногенных построек и трещинных излияний базальтов отражает многовыходной характер вулканизма в Центральной котловине, который возникает при неглубоком расположении выступов астеносферы или мантийных диапиров, представляющих собой неотъемлемые структурные элементы рифтогенных зон.

4. Наиболее вероятные причины масштабного и относительно быстрого опускания дна Япономорской котловины в позднем кайнозое — активная дефлюидизация литосферной мантии, масштабный базальтовый вулканизм и интрузивные, протрузивные инъективные дислокации базитового и ультрабазитового глубинного материала, что указывает на определяющую роль процессов очаговой геодинамики в деструкции и структурно-вещественном преобразовании земной коры Южно-Приморского сегмента континентальной окраины Евразии на позднекайнозойском этапе ее развития.

**Благодарности.** Автор благодарит рецензента за ряд полезных замечаний, которые позволили

избежать неточностей и сделать изложение материалов статьи более аргументированным.

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках госбюджетной 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

1. *Берсенева И.И.* Происхождение и развитие впадины Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 15–35.
2. *Берсенева И.И., Леликов Е.П., Безверхний В.Л. и др.* Геология дна Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 140 с.
3. *Гаврилов А.А.* Острова залива Петра Великого – важные структурные элементы Южно-Приморского участка зоны сочленения Евразийского континента и впадины Японского моря // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 312–339.
4. *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.
5. *Гаврилов А.А.* Морфотектоника окраинно-континентальных орогенных областей (Юг Дальнего Востока и прилегающие территории). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. 311 с.
6. *Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б.* Сейсмостратиграфия осадочного чехла и процессы осадконакопления на возвышенности Первенца и ее окрестностях (Японское море) // Океанология. 2005. Т. 45. № 1. С. 118–129.
7. *Карнаух В.Н., Карп Б.Я., Цой И.Б.* Структура фундамента и сейсмостратиграфия осадочного чехла северной части Японской котловины в районе возвышенности Тарасова // Океанология. 2007. Т. 47. № 5. С. 742–755.
8. *Карнаух В.Н., Цой И.Б., Леликов Е.П. и др.* Геологическое строение подводной горы Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 6. С. 189–197.
9. *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.
10. *Кац Я.Г., Поletaев А.И., Румянцева Э.Д.* Основы линейной тектоники. М.: Наука, 1986. 140 с.
11. *Короткий А.М.* Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции) // Вестник ДВО РАН. 1994. № 3. С. 29–42.
12. *Коротченко Р.А., Самченко А.Н., Яроуцк И.О.* Пространственно-временной анализ геоморфологии дна залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 2014. Т. 54. № 4. С. 538–545.
13. Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. 534 с.
14. *Крук Н.Н., Голозубов В.В., Киселев В.И. и др.* Палеозойские гранитоиды южной части Вознесенского террейна (Южное Приморье): возраст, вещественный состав, источники расплавов и обстановки формирования // Тихоокеанская геология. 2018. Т. 37. № 3. С. 32–53.
15. *Кулаков А.П.* Морфоструктура Востока Азии. М.: Наука, 1986. 175 с.
16. *Лебедев С.А.* Спутниковая альтиметрия в науках о Земле // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 3. С. 33–49.
17. *Масуренков Ю.П.* Вулканы над интрузиями. М.: Наука, 1979. 219 с.
18. *Милановский Е.Е., Никишин А.М.* Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 63. Вып. 4. С. 3–15.
19. *Сахно В.Г.* Новейший и современный вулканизм Юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 128 с.
20. *Сьедин В.Т., Терехов Е.П., Гаврилов А.А., Валитов М.Г. и др.* Возрастные комплексы пород островов центральной части залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2018. № 1. С. 128–141.
21. *Сьедин В.Т., Валитов М.Г., Прокудин В.Г.* Строение и эволюция Центральной котловины Японского моря // Тектоника глубинное строение и минерагения Востока Азии: мат-лы Всерос. конф. с между. участием, 10–12 сентября, г. Хабаровск / Отв. ред. Диденко А.Н. и др. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 2019. С. 108–111.
22. *Уткин В.П.* Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 164 с.
23. *Ханчук А.И.* Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 5–34.
24. *Шарков В.В.* Новейшие и современные геологические процессы на шельфе // Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. С. 158–163.
25. *Шевальдин Ю.В.* Аномальное магнитное поле Японского моря. М.: Наука, 1978. 74 с.
26. Шельфовая область Японского моря. Геология и минерагения / Под. ред. Ушакова В.И. СПб.: ВНИИ Океангеология, 2005. 137 с.
27. *Otofujii 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.
28. *Smith W.H.F., Sandwell D.T.* Bathymetric prediction from dense satellite altimetry and sparseshipboard bathymetry // J. Geophys. Res. 1994. V. 99. № B11. P. 21803–21824.
29. *Wessel P.* Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry // J. Geophys. Res. 2001. V. 106. № B9. P. 19431–19441.
30. [http://www.gebco.net/data\\_and\\_products/gridded\\_bathymetry\\_data.gov](http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data.gov).

## The Space Geological Indication of Morphostructural Elements of Coasts and Bottom of Adjacent Water Areas (Peter the Great Bay, the Sea of Japan)

A. A. Gavrilov<sup>#</sup>

*Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia*

<sup>#</sup>*e-mail: gavrilov@poi.dvo.ru*

The realization of space geological investigations within the continent–Sea of Japan transition zone in Southern Primorye made it possible to establish series of connected with faults rows (chains) of Miocene and Miocene-Pliocene volcanic structures and large fracture zones, which are extended through continental slope from shelf to Central basin of the Japan Sea. They represent structural markers, the steady strike of which calls into question of the Japan Sea basin formation tectonic models, that based on the realization of large-scale horizontal movements of the Earth's crust blocks. The combination of linear systems of small monogenic volcanic structures and fissure eruption of basalt lava flows reflects the multi-outlet nature of the Central basin volcanism appeared by rather shallow location of asthenosphere juts or mantle diapirs. It is supposed that the formation and relatively rapid sinking of this basin is connected with active mantle defluidization, with large-scale basalt volcanism and deep basic and ultrabasic material injections that replaced rocks of the continent type Earth's crust.

**Keywords:** space geology, fault, volcanic structure, Peter the Great Bay (the Sea of Japan), tectonic model