

УДК 551.24 (265)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК В РАЙОНЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ЗВЕНА МАГЕЛЛАНОВЫХ ГОР (ТИХИЙ ОКЕАН)

© 2012 С.И. Петухов¹, В.М. Анохин¹, М.Е. Мельников²

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов мирового океана имени академика И.С. Грамберга» Санкт-Петербург, 190121; e-mail: petukhov@vniio.ru

²Государственный научный центр Российской Федерации «Южное научно-производственное объединение по морским геологоразведочным работам», Геленджик, 353470

На основе подробной батиметрической карты района, построенной по результатам многолучевого эхолотирования, был проведен линеаментный анализ рельефа, выделены линейные объекты рельефа, измерены азимуты их простираения, построена роза-диаграмма направленности линеаментов района. Построены модели глубинного и приповерхностного деформационного поля района с выделением блоков, на которые действуют преимущественно растяжения или нагрузки сжатия. По линиям смены знака напряжений (границ блоков) происходят движения блоков. В результате сопоставления диаграмм направленности границ блоков и направленности линеаментов, сделан вывод об их пространственной и генетической связи. Системы направленности линейных форм рельефа, границ глубинных и приповерхностных блоков, частично соответствуют четырем главным системам глобальной дизъюнктивной сети (планетарной трещиноватости), что говорит о существенном влиянии последней на структурный план исследованного района. Перераспределение значений напряжений связано с современными геологическими процессами, приводящими к формированию новых черт рельефа дна и частичному разрушению старых поверхностей гайотов.

Ключевые слова: рельеф, гайот, блок, модель напряжений, растяжение, сжатие, деформация.

ВВЕДЕНИЕ

Магеллановы горы – дугообразная цепь вулканических построек, протяженностью более 1200 км, которая разделяет Восточно-Марианскую котловину на две впадины: северную – Пигафетта и южную – Сайпан. На западе цепь ограничена Марианской системой желобов и поднятий, на юго-востоке поднятиями Больших Каролинских и Маршалловых островов (рис. 1).

Несмотря на то, что Магеллановы горы являются наиболее перспективным районом кобальтоносного железомарганцевого оруденения коркового типа, долгое время их происхождение не привлекало серьезного внимания российских и зарубежных исследователей. Это создавало определенные трудности геологам, занимающимся именно вопросами оруденения, поскольку для познания строения месторождений полезных ископаемых необходимо отчетливо представлять их тектоническую позицию.

Однако с накоплением геофизических данных, появлением альтиметрических карт океанов, на рубеже веков появились многочисленные работы, трактующие природу структуры Магеллановых гор с различных позиций (Брусиловский и др., 1992; Седов и др., 2005; Уткин и др., 2004; Gavrilov, 2005; Koppers et al., 1998).

Приверженцы концепций, близких к новой глобальной тектонике полагают, что подводные горы возникли как вулканические постройки в южной части Тихого океана в районе горячей точки SOPITA и впоследствии заняли современное положение с дрейфом плиты, на которой они расположены (Седов и др., 2005; Koppers et al., 1998).

Иные исследователи придерживаются мнения о том, что Магеллановы горы представляют собой широкую зону трансформного разлома (в этом случае, очевидно, разлома Огасавара), которая разделяет фрагменты плиты среднеюрского (котловина Пигафетта) и позднеюрского (впадина

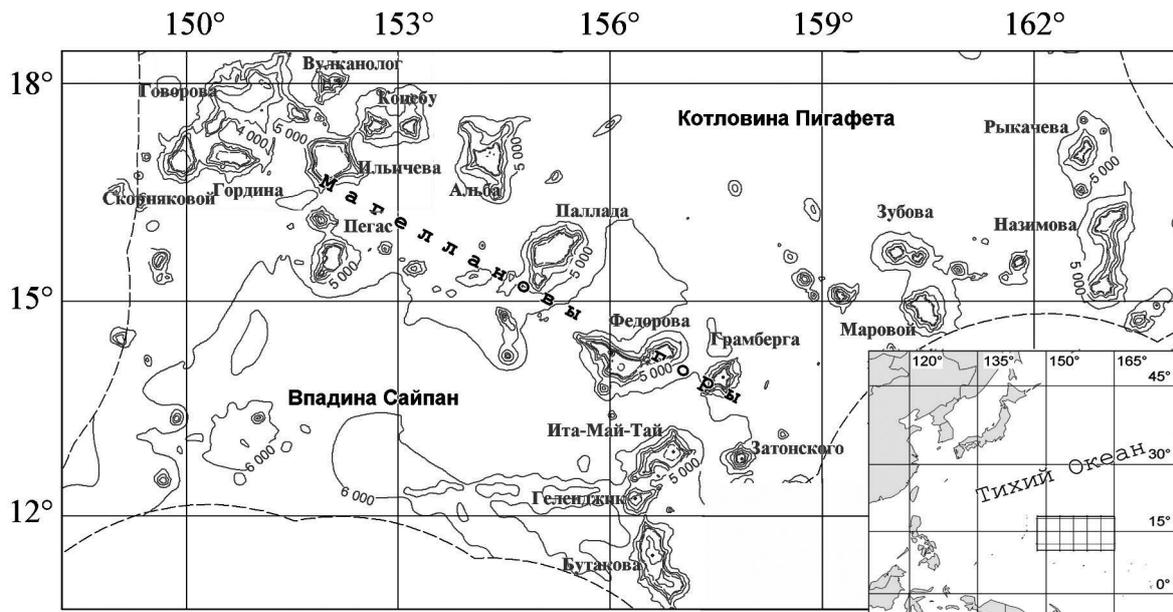


Рис. 1. Обзорная схема района Магеллановых гор.

Сайпан) возрастов (Брусилковский и др., 1992).

Существует и ряд других гипотез о происхождении Магеллановых гор, не связанных с механизмами мобилизма. Согласно В.П. Уткину с соавторами (2004), в формировании гайотов Магеллановых гор определяющую роль играли сдвиговые дислокации различных рангов, проявленных в пликативных и дизъюнктивных формах (Уткин и др., 2004).

Высказывались и версии, что Магеллановы горы являются частью кольцевой структуры центрального типа, а возможные механизмы формирования таких структур связывались с явлениями мантийного диапиризма (Gavrilov, 2005).

Организации морской геологической службы Министерства природных ресурсов РФ в течение 25 лет выполняют геолого-геофизические исследования Магеллановых гор, направленные на определение промышленных перспектив их железомарганцевого оруденения. За этот период в районе выполнены сейсмоакустическое профилирование и магнитометрические исследования. С 2000 по 2010 гг. с борта НИС «Геленджик» ГНЦ «Южморгеология» проведена батиметрическая съемка многолучевым эхолотом SIMRAD EM 12S-120 всех крупных гайотов цепи Магеллановых гор, расположенных как в западном, так и в восточном звене. В пределах участка западного звена, который будет рассмотрен в этой работе, общая площадь сплошной батиметрической съемки многолучевым эхолотом составила $> 60000 \text{ км}^2$.

Проведенные работы позволили собрать обширный материал и обосновать и наши представления о строении и природе рассматриваемой структуры.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Рельеф дна. В работе рассмотрена северо-западная часть западного звена Магеллановых гор. Большую часть исследуемой площади занимает вулканотектонический массив Говорова – Коцебу, в состав которого входит пять подводных гор – Говорова, Скорняковой, Гордина, Коцебу и Ильячева. Цоколь массива оконтуривается изобатой 5.5 км, гайоты Говорова, Коцебу и Ильячева – изобатами 4.7 км, а Скорняковой и Гордина – 3.7 км. Площадь массива составляет более $43\,500 \text{ км}^2$. Гайоты Скорняковой и Гордина характеризуются относительно небольшими размерами – соответственно 91×64 и 88×55 км в основании. Гайоты Ильячева (90×88 км) и Коцебу (115×95 км) обладают большими размерами. Гайот Коцебу является двухвершинным. Вершинные плато всех этих гайотов находятся на уровне около 1.5 км, лишь плато восточной постройки Коцебу на уровне ~ 1.3 км. Гайот Говорова имеет очень большую площадь (190×180 км) и неправильные очертания, осложненные рядом сателлитных построек. Вершинное плато основного гайота расположено глубже, чем у остальных гайотов массива – 2 км.

Гайоты Скорняковой и Гордина отделены от юго-западного сателлита гайота Говорова пологими седловинами, а друг с другом их разделяет обширное долинообразное понижение на глубинах 3.6 – 3.9 км. Северный склон гайота Гордина и юго-западный склон гайота Говорова разделяет узкая глубокая ложбина, шириной около 15 км и глубинной до 0.7 км. Между юго-восточными сателлитами гайота Говорова и гайотом Ильячева имеет место обширная

пологая седловина на глубине 4.7 км. В свою очередь гайот Коцебу связан с северо-восточным выступом гайота Ильичева узкой перемышкой также на уровне 4.7 км. Протяженность перемышки около 10 км, а ширина – 6 км. В массив не включен небольшой гайот Вулканолог (65×52 км, уровень плато 1.3 км), расположенный на северо-восточной границе рассматриваемого района, поскольку он оконтуривается изобатой 5.2 км. Такая глубина характерна для поверхностей впадины Пигафетта в районе сочленения со структурами нижних склонов гайотов на этом участке. Однако, генетически Вулканолог, вероятно, также может быть связан с другими гайотами массива Говорова – Коцебу.

Относительно обособлен расположенный к югу от гайота Ильичева, гайот Пегас, обладающий площадью в основании 82×75 км и плато на уровне 1.5 км. Между этими гайотами расположен небольшой гайот-сателлит, диаметр основания которого не превышает 35 км, а плато приурочено к той же глубине.

Очевидно, что гайоты в общих чертах имеют близкие характеристики. Из общего ряда выпадают только самый крупный гайот Говорова и самый мелкий – Вулканолог.

Общие особенности геологического строения. Подводные горы западного звена, как и другие гайоты Магеллановых гор, сложены преимущественно вулканическими породами нижнего мела, представленными толеит-щелочнобазальтовой ассоциацией гавайского типа (Волохин и др., 1995). В них выделяется два комплекса. Нижний представлен плитотолейтами, а верхний ярус слагают субщелочные и щелочные базальтоиды, среди которых идентифицированы пикриты, щелочные оливиновые базальты и трахибазальты.

Осадочная шапка может достигать по мощности одного км и состоит из комплексов осадочных и вулканогенно-осадочных пород апта-турона, кампана-маастрихта, позднего палеоцена-эоцена и миоцена (Волохин и др., 1995; Мельников, 2005; Плетнев и др., 2010). Венчает разрез толща нелигифицированных осадков плиоцен – четвертичного возраста. Состав всех возрастных комплексов пород сходен и включает рифогенные и планктоногенные известняки, эдафогенные брекчии, мелкообломочные породы. В миоценовом комплексе мелководные отложения отсутствуют. В каждом комплексе присутствуют вулканогенно-обломочные и вулканогенно-осадочные породы узких возрастных интервалов. Их присутствие в разрезе свидетельствует о регулярном проявлении вулканотектонических активизаций в районе с позднего мела по миоцен включительно.

Обширные данные многолучевого эхолотирования, проведенного в данном районе в течение последних 10-ти лет, в масштабе 1:200000, позволили составить подробную батиметрическую карту района, на основании которой был проведен линеаментный анализ рельефа.

В данной работе под «линеаментами» авторы понимают структуры земной коры, выражающиеся в линейных формах рельефа поверхности суши или морского дна, линейных геологических формах, линейных аномалиях физических полей Земли и имеющие прямую или косвенную связь с разрывными нарушениями и зонами повышенной проницаемости в земной коре (Анохин, 2006). Линеаментный анализ проводился, исходя из этого определения.

В процессе анализа были выделены линейные объекты рельефа – гребни, ложбины и уступы, измерены азимуты их простирания. Вслед за этим средствами пакета EXEL была построена роза-диаграмма направленности линеаментов района, а далее в программе Maple была построена модель деформационного поля района Магеллановых гор.

Построение деформационных моделей проводится в ФГУП ВНИИОкеангеология уже больше 10 лет (S. Petukhov et al., 2010). Первоначально эти модели применялись для поиска полей гидротермальной активности на участках Срединно-Атлантического хребта. При этом выявлялась связь активных гидротермальных полей с напряжёнными состояниями участков земной коры (участки сжатия, растяжения или разгрузки). Напряжённое состояние характеризуется значениями нормальных ($\sigma_{\text{норм}}$) и касательных напряжений ($\tau_{\text{касат}}$) при этом для сжатия $\tau_{\text{касат}} < 0$, растяжения $\tau_{\text{касат}} > 0$ и разгрузки $\tau_{\text{касат}} = 0$. (Александров и др., 2009).

Эта же методика была применена и в данной работе. Исходным материалом для построения деформационной модели являлся рельеф океанского дна. Было использовано два варианта построения деформационной модели.

В первом варианте на предварительном этапе была построена карта-схема блочного строения рельефа дна методом геодинамического районирования (рис. 2).

Выявление блочного строения рельефа морского дна методом геодинамического районирования основано на представлении о различной интенсивности вертикальных движений блоков по системе разновозрастных разломов различной глубины заложения. Считается, что любые горизонтальные перемещения блоков находят отражение в его вертикальном перемещении (Петухов и др., 1999). По некоторым из

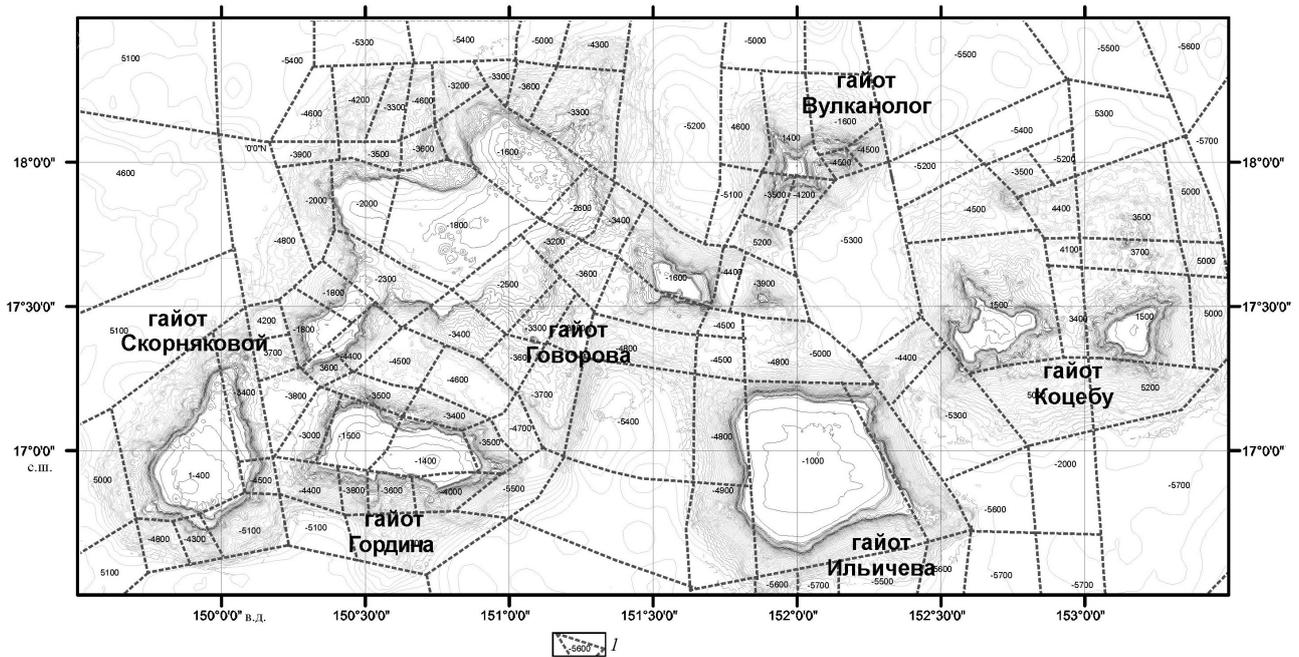


Рис. 2. Схема блочной структуры района как основа для построения деформационной модели коры (для первого варианта): *l* – граница блока и его отметка.

них происходят современные движения земной коры. Геометризация тектонического рельефа дна океана позволяет понять его глубинную структуру, ход ее формирования в геосторическом плане.

Главным элементом в блочной структуре является блок, выделяемый по унифицированному комплексу признаков. За блок, в данном случае, принимается участок земной коры, имеющий относительно одинаковое гипсометрическое поле высотных отметок. (Петухов и др., 1999).

Выделение блочной структуры проводится в следующей последовательности:

- на карте размечают опорные высоты;
- каждую выделенную высоту отмечают на карте условным знаком, который показывает, к какому уровню высот относится данный участок. На каждом конкретном участке за минимальную разницу можно принять $0.1 (H_{\max} - H_{\min})$, где H_{\max} – абсолютная максимальная высота рельефа, а H_{\min} – абсолютная минимальная высота рельефа. Индикационными признаками разломов, ограничивающих блоки, служат: глубоководные желоба; участки линейно вытянутых изобат, характеризующих уступы; цепочки локальных погружений; линейные участки островов, подножия хребтов; цепи подводных гор, днища впадин, участки океанических плато; характерные особенности конфигурации изобат (Петухов и др., 1999).

Полученная блоковая модель рельефа дна аппроксимировалась двухслойной структурой, мощность верхнего, упруго – пластичного слоя

принималась равной $1/5$ от мощности нижнего, пластично-деформирующегося слоя. Такой подход представляется оправданным, исходя из слоистого строения океанической коры.

При этом предполагалось (Александров и др., 2009), что под воздействием веса верхнего слоя происходит пластичная деформация нижнего, величины которой непосредственно зависят от высотных отметок блоков, тем самым реализуется учет изменений в характере рельефа океанического дна (рис. 3).

По своим физическим свойствам (модулю упругости, коэффициенту Пуассона, удельному весу) принятая модель эквивалентна океанической коре мощностью ~ 5 км, сложенной толеитовыми базальтами, что характерно для многих районов океана. (Александров и др., 2009)

При расчетах деформационного поля гайотов был использован метод конечных элементов (МКЭ), который позволил сложный рельеф с непрерывно изменяющейся формой поверхности аппроксимировать набором большого числа участков, для каждого из которых решалась система линейных алгебраических уравнений. Определив значения потенциальной энергии для каждого конечного элемента можно охарактеризовать действующие в них нормальные и касательные напряжения. (Александров и др., 2009)

По результатам моделирования были выявлены области находящиеся в условиях сжатия ($\tau_{\text{касат.}} < 0$), растяжения ($\tau_{\text{касат.}} > 0$), а так же относительно разгруженные, характеризующихся по нашему мнению «нулевыми» значениями касат.

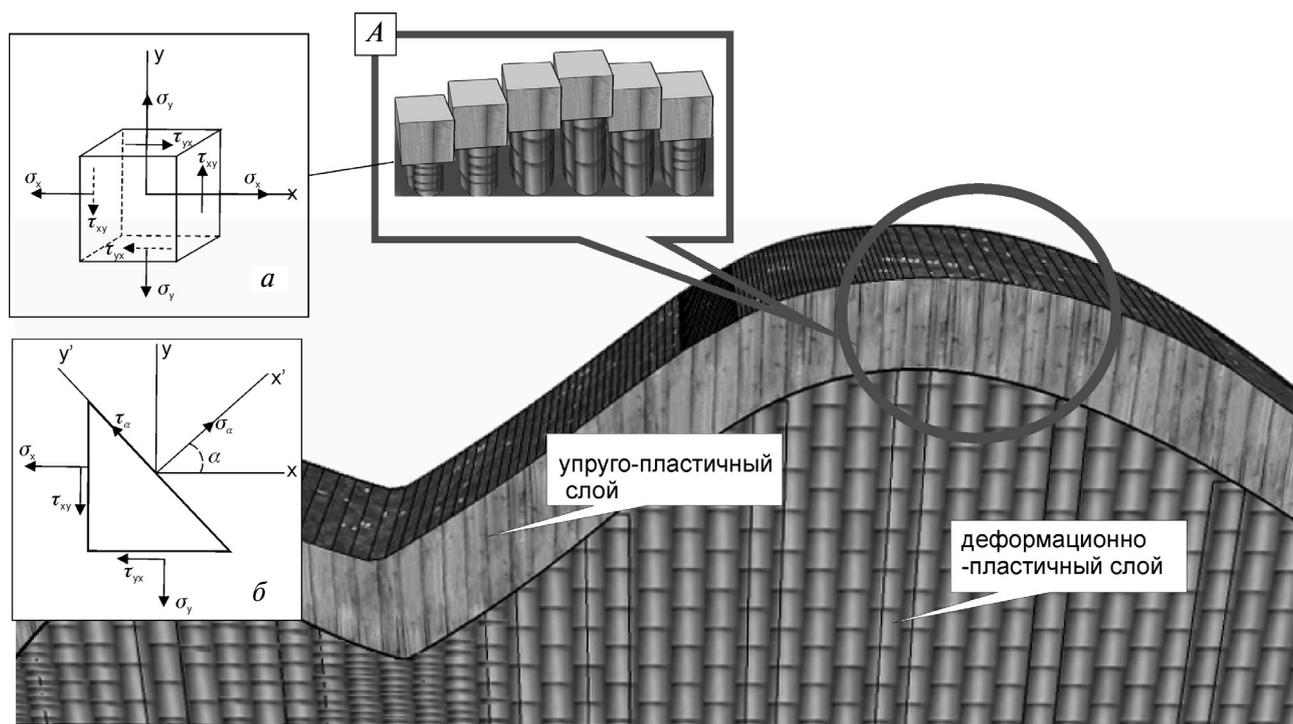


Рис. 3. Слоистая структура, принятая в расчетной модели. А – элементарные участки МКЭ: а – распределение нормальных напряжений для элементарного участка; б – распределение касательных напряжений для элементарного участка).

тельных напряжений ($\tau_{\text{касат.}} = 0$). Далее строится карта-схема в изолиниях с оценкой напряженного состояния блочного массива (рис.7), и выделяется «0-линия» (зона «разгрузки» – $\tau_{\text{касат.}} = 0$).

Во втором варианте расчетная деформационная модель строилась непосредственно по батиметрическим данным рельефа дна. Рельеф, построенный в программе *Maple*, несколько упрощен по сравнению с батиметрической картой, но вполне отражает все основные морфоструктуры исследуемого района (рис. 4).

Рельеф дна исследуемого района, так же как и для первого варианта аппроксимировался двухслойной структурой, с мощностью верхнего, упруго-пластичного слоя равно $1/5$ мощности нижнего (рис. 3). Работа непосредственно с батиметрической основой позволяет, по нашему мнению, более корректно учитывать при моделировании основные черты строения современного рельефа океанического дна в исследуемом регионе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 5 приведены выделенные линейные объекты рельефа района исследований. Их общая направленность показана на розе-диаграмме (рис. 6).

Направленность линеаментов района характеризуется наличием нескольких главных систем: субмеридиональной ($0-5^\circ$), субширотной ($86-90^\circ$),

диагональной СВ ($46-50^\circ$) и диагональной ЮВ ($131-140^\circ$), что в общем соответствует системам планетарной линеаментно-дизъюнктивной сети (Анохин, 2006). Однако для данного района характерно «раздвоение» лучей главных систем, при этом появляются дополнительные лучи $101-110^\circ$, $146-155^\circ$ и менее значительные $11-15^\circ$, $31-35^\circ$ и $61-65^\circ$. Подобное же явление «раздвоенности» лучей главных систем направлений линейных элементов рельефа уже было зафиксировано для СВ склона гайота Говорова (Анохин, Мельников, 2010).

В первом варианте (рис. 6) основой для построения деформационной модели послужила схема предварительно выделенной при геометризации рельефа блочной структуры исследуемой площади (рис. 2). Во втором варианте (рис. 8) моделирование распределения напряжений было проведено непосредственно на основе построенного в программе *Maple* рельефа (рис. 4). В обоих случаях выявлялись области находящиеся в условиях сжатия, растяжения, а так же относительно разгруженные, характеризующиеся «нулевыми» значениями касательных напряжений. По результатам моделирования были построены карты-схемы западного звена Магеллановых гор, на которых изолиниями показаны участки с напряженным состоянием сжатия и растяжения, а также выделена зона «разгрузки» («0-линия») рис. 7, 8 (Александров и др., 2009).

ОСОБЕННОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК

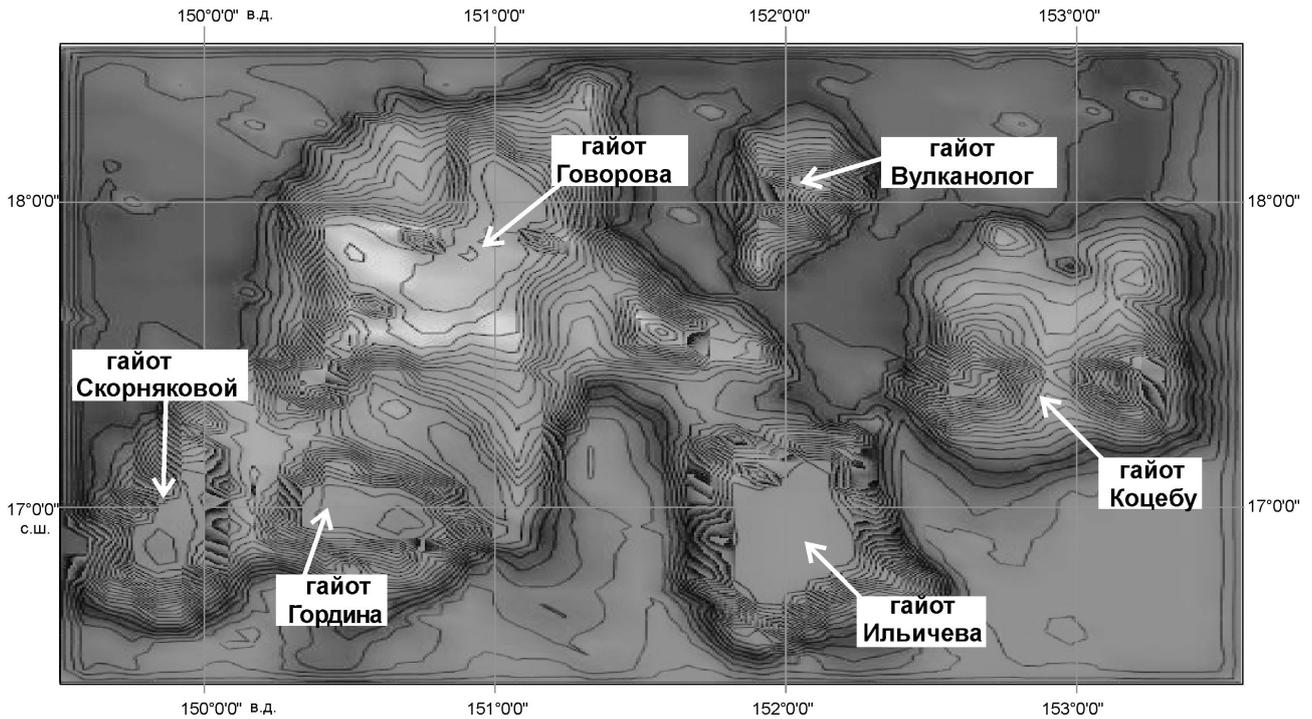


Рис. 4. Модель рельефа – основа для построения приповерхностной деформационной модели (для второго варианта).

Как отмечалось ранее основой для создания деформационной модели в первом варианте (рис. 7) являлась карта-схема блочного строения поверхности океанического дна (рис 2), построенная на предварительном этапе методом геодинамического районирования. Это, на наш взгляд позволяет наиболее близко отразить блочное строение фундамента (Брусиловский и др., 1992; Петухов Батугина, 1999).

На карте-схеме первого варианта (рис. 7) выделены римскими цифрами области (зоны) с напряжениями сжатия (II) и растяжения (I).

Зона Вулканолог – Коцебу. Гайоты Вулканолог и Коцебу находятся в единой протяженной зоне напряжений растяжения (Iб) и их фундаменты представляют собой моноблоковые структуры.

Зона Говорова – Ильичева. Гайот Говорова имеет блоковое строение. По характеру деформационных напряжений гайот можно разделить на три части. Восточная и западная его части характеризуются напряжениями сжатия (IIб) и (IIв), а центральная часть напряжениями растяжения (Iв).

Центральная часть гайота Ильичева находится в области напряжений сжатия (IIб), а западная растяжения (Iв), что указывает на блоковый характер его фундамента.

Зона Гордина. Гайот Гордина расположен в зоне напряжений растяжения (Iд) и его фундамент представлен одним блоком.

Зона Скорняковой. Северная часть гайота Скорняковой находится в условиях деформаций растяжения (Iе), а южная – в условиях сжатия (IIе), что свидетельствует о его блочном строении.

Как показано на розе-диаграмме (рис. 6), границы раздела блоков в данной модели имеют в основном СЗ-ЮВ направленность и приурочены к направлениям 116-120°, 131-135° и 151-165°. Вероятно, это связано с преобладанием горизонтальных напряжений меридионального направления в этом районе (Уткин и др., 2004).

В отличие от карты-схемы, представленной на рис. 7 и характеризующей распределения напряжений в фундаменте, на рис. 8 представлена модель распределения напряжений, рассчитанная непосредственно по рельефу исследуемого участка и отражающая распределение напряжений в верхней части разреза, которую в первом приближении можно сопоставить с осадочной толщей.

При анализе карты-схемы второго варианта деформационной модели района Магеллановых гор (рис. 8) обращает на себя внимание чередование субмеридиональных зон растяжения и сжатия исследуемого региона. На карте схеме они обозначены римскими цифрами:

Зона Вулканолог – Коцебу. Если центральная часть цоколя гайота Коцебу находится в условиях растяжения (Iа), то восточная (IIб) и западная (IIа) его части в условиях сжатия. Участкам напряжения разгрузки соответствуют восточные борты обеих построек гайота Коцебу, а сами вершины подводных гор лежат в области сжатия. У гайота Вулканолог восточная часть находится в условиях растяжения (Iа), а западная его часть в условиях сжатия (IIа).

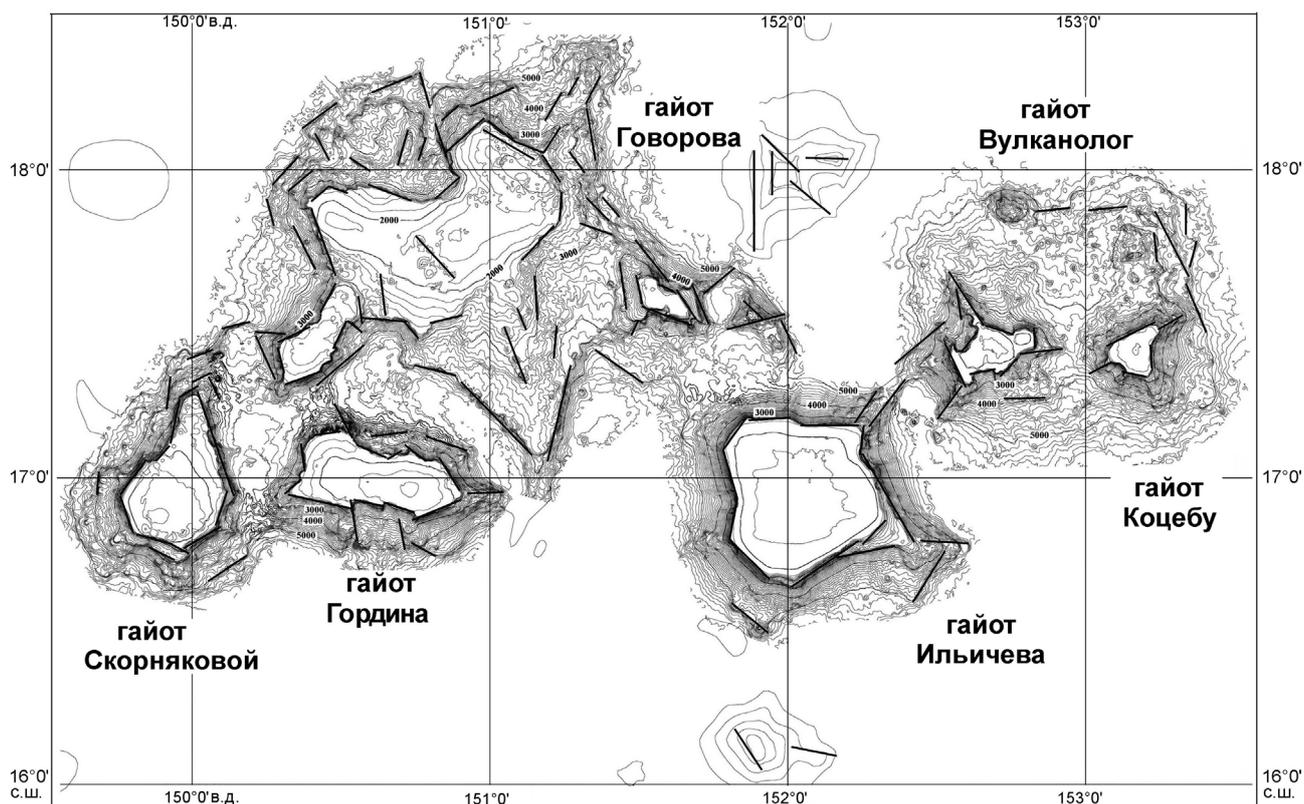


Рис. 5. Батиметрическая карта-схема северо-западной части Магеллановых гор с выделением линеаментов. Светлосерые кривые – изобаты, через 100 м; темносерые отрезки – выделенные линеаменты.

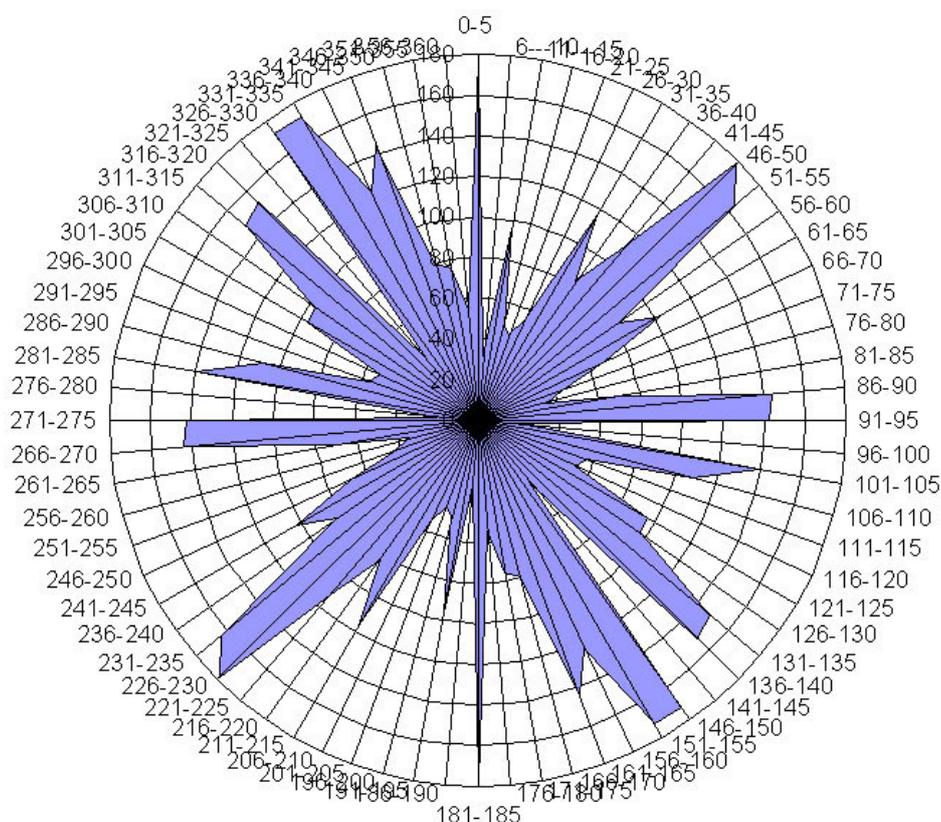


Рис. 6. Роза-диаграмма направленности линеаментов северо-западной части Магеллановых гор. На круговой шкале – азимуты линеаментов в градусах; на радиальных – суммарная длина линеаментов данных азимутов в км.

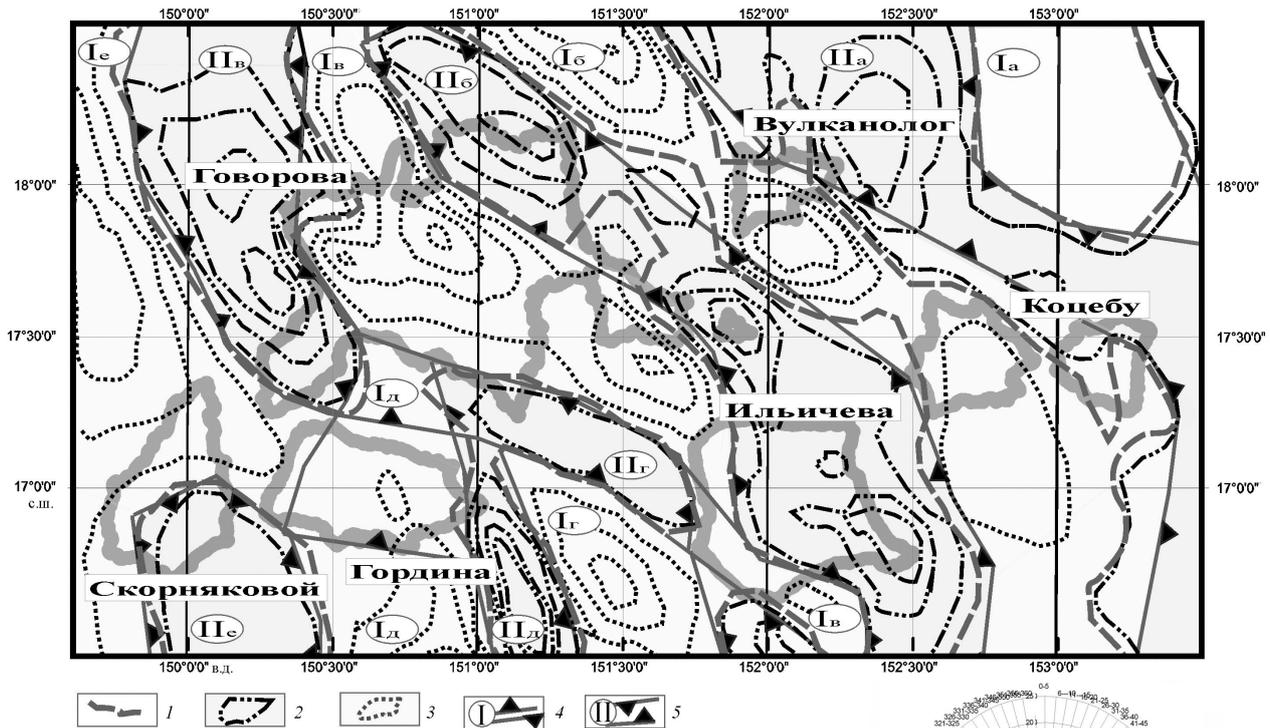


Рис. 7. Деформационная модель коры для глубокой блочной структуры океанического дна (первый вариант): 1 – изолинии характеризующие зону разгрузки; 2 – изолинии характеризующие зоны сжатия; 3 – изолинии характеризующие зоны растяжения; 4 – зоны растяжения; 5 – зоны сжатия. На розе-диаграмме – направленность границ зон растяжения и сжатия. Круговая шкала – азимуты в градусах; радиальная шкала – длина в км.

Зона Говорова – Ильичева. Гайот Говорова имеет блоковое строение и осложнен многочисленными отрогами и сателлитными постройками. По характеру деформационных напряжений гайот можно разделить на несколько частей. Восточную часть характеризуют напряжения растяжения (Iб) в этой же зоне растяжения оказывается и гайот Ильичева. Центральная часть гайота находится как в области напряжений сжатия (IIб), так и растяжения (Iв) (в этой области лежит и южный отрог гайота).

Зона Говорова – Гордина. Юго-западный сателлит гайота Говорова отделен от центральной части зоной напряжений сжатия (IIд) и находится в области напряжений растяжения (Iг). Вместе с ней в зоне (Iг) лежит и гайот Гордина.

Гайот Гордина, находящийся в условиях деформаций растяжения (Iд) отделяется от гайота Скорняковой зоной сжатия (IIд).

Картина деформационного поля исследуемого района гайотов Магеллановых гор по характеру смены знака напряжений имеет вид «гармошки»: области с напряжениями растяжения сменяются областями напряжения сжатия, которые в свою очередь снова сменяются областями с напряжениями растяжения. Это явление, возможно, связано с тем, что развитие

региона, как считают некоторые исследователи (Уткин и др., 2004), происходило в условиях меридионального сжатия океанической коры. При этом образование гайотов – компенсация тектонических напряжений океанической коры.

При рассмотрении розы-диаграммы направленности границ блоков, выделенных на модели (рис. 8), можно отметить преимущественную приуроченность этих границ к следующим главным системам направлений: субмеридиональной 170–185, субширотной 86–90, диагональным ЮВ 126–130°, 141–145°, 156–160°. Эта роза-диаграмма имеет схожие черты как с розой-диаграммой направленности глубинных границ блоков (рис. 7 – ряд выраженных ЮВ систем), так и с розой-диаграммой направленности линейных элементов рельефа (рис. 6 – наличие субширотной и субмеридиональной систем). Из этого можно сделать вывод о комплексном влиянии на конфигурацию блоков и связанный с ней линейный рельеф дна как эндогенных, так и планетарных напряжений (Анохин, 2006).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Любой геологический объект проходит в своем развитии стадии зарождения, роста и

изменения (вплоть до полного разрушения). В настоящее время гайоты Магеллановых гор находятся на стадии изменения с элементами разрушения, начавшейся, по-видимому, после формирования вершинных поверхностей. Традиционно считалось, что изменения гайота происходят исключительно под действием экзогенных факторов. Наши исследования показали, что в изменении гайотов важную роль играет и тектонический фактор. Процессы связанные с действием современных напряжений вызывают частичное разрушение ранее сформированных поверхностей и, таким образом, формирует новые черты рельефа.

Представление о блоковом строении гайота в целом не противоречит опубликованным данным о строении аномального магнитного поля в районе Магеллановых гор (Брусилковский и др. 1992; Рашидов и др., 2009; Lee et al., 2003). Ранее отмечалась постоянная приуроченность высокоамплитудных магнитных аномалий к морфоструктурным элементам рельефа гайотов, таким, как склоны, отроги и др. (Волохин и др., 1995; Мельников, 2005).

Сходство направлений главных систем линейного рельефа и границ блоков, показанное на соответствующих розах-диаграммах, говорит

о пространственной, и, возможно, генетической связи между ними. Линейный рельеф частично контролируется вероятными разрывными нарушениями, отделяющими блоки друг от друга. Предположительно линейный рельеф и разрывы района имеют общий генезис – реакцию на совокупное воздействие горизонтальных и вертикальных напряжений, действующих в районе.

Нельзя не отметить заметное присутствие в розах-диаграммах направленности всех линейных объектов (рис. 6, 7, 8) развитых систем, соответствующих направлениям глобальной дизъюнктивной сети (планетарной трещиноватости) – субмеридиональной, субширотной и, в какой-то мере – двух диагональных. Этот факт говорит о существенном влиянии на направления рельефо- и разломообразования в районе СЗ сектора Магеллановых гор общепланетарных (скорее всего ротационных) сил (Анохин, 2006).

В исследуемом районе Магеллановых гор гайоты (рис. 8) по сложности строения можно разделить на две группы. К первой относятся гайоты Вулканолог, Коцебу и Говорова, имеющие блоковый характер (построенные несколькими блоками), ко второй гайоты Ильичева, Гордина и Скорняковой имеющие более простое строение (представленные одним блоком).

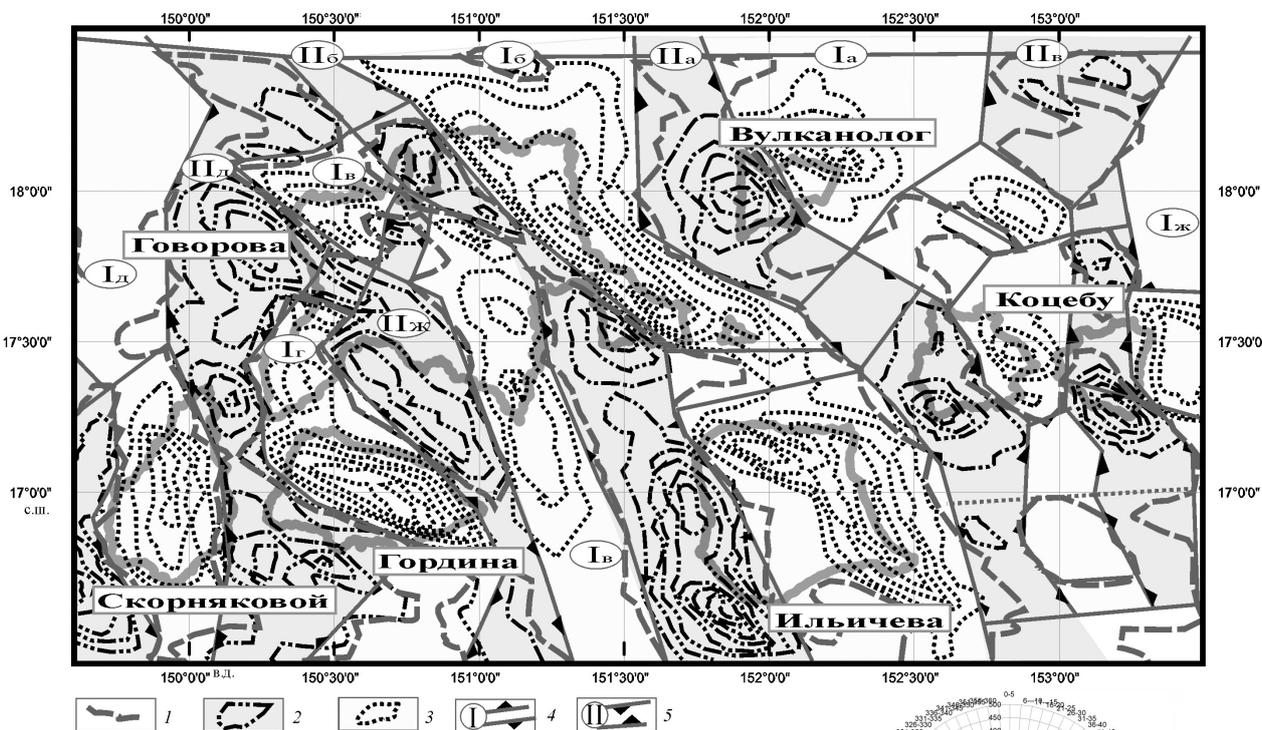


Рис. 8. Деформационная модель коры для приповерхностной модели рельефа (второй вариант). 1 – изолинии характеризующие зону разгрузки; 2 – изолинии характеризующие зоны сжатия; 3 – изолинии характеризующие зоны растяжения; 4 – зоны растяжения; 5 – зоны сжатия. Римскими цифрами на схеме обозначены зоны растяжения (I) и зоны сжатия (II). На розе-диаграмме м направленность границ зон растяжения и сжатия, круговая шкала – азимуты в градусах; радиальная шкала – длина в км.

Часть блоков составляющая структуры гайотов первой группы находится под действием напряжений сжатия, в то время как другая часть этих же гайотов – в условиях напряжений растяжения, причем это характерно для восточных частей гайотов.

Разломы, показанные на рис. 8, проведены по областям расположенным в зонах с «нулевыми» значениями касательных напряжений и маркируют «ослабленные» участки гайотов.

При сопоставлении двух вариантов деформационных моделей для района Магеллановых гор (рис. 7, 8) можно сделать следующие выводы.

Ранее однородная деформационная зона растяжения в которой лежат гайоты Вулканолог и Коцебу (рис.7, область Ib) разделились на несколько областей с напряжениями сжатия и растяжения (области Ia, IIa и IIб, рис 8), что говорит как о блоковом характере гайотов, так и об активно идущих на них процессах разрушения.

Перераспределение напряжений на гайоте Говорова, также свидетельствует о его разрушении (различные скорости погружения-проседания) по ослабленным зонам. Так, на карте схеме (рис. 7), характеризующей напряжения в фундаменте видно что деформационное поле гайота Говорова состоит из трех областей (рис.7, области Ib, IIб и IIв), а на деформационной модели коры для приповерхностной модели рельефа (второй вариант), описывающей деформационное поле верхних горизонтов, это поле распалось уже на 7 областей с различными видами напряжений (рис. 8).

На глубинной деформационной модели (первый вариант), гайот Ильичева практически весь лежит в зоне действия напряжений сжатия, как и восточная часть гайота Говорова (рис.7, область IIб). В то время как на приповерхностной деформационной модели (второй вариант), гайот Ильичева и восточная часть Говорова лежат уже в области напряжений растяжения (рис. 8, область Ib). Такое изменение характера напряжений свидетельствует о перераспределении нагрузок связанных с разрушением гайотов.

Гайот Гордина в глубинном деформационном поле (рис.7), так и в приповерхностном деформационном поле (рис. 8) представлен моноструктурой, что свидетельствует о малой активности процессов разрушения гайота на современном этапе развития.

ВЫВОДЫ

1. Северо-западное звено Магеллановых гор, судя по характеру деформационного поля напряжений, имеет блоковое строение; блоки, составляющие гайоты, находятся в условиях напряженного состояния, характеризующегося

растяжением, или сжатием. По линии смены знака напряжений (зона разгрузки) происходят движения блоков.

2. Напряженное поле отдельных блоков может быть простым (включающим одну напряженную зону) и сложным (включающим чередование нескольких зон напряжений).

3. Сходство направлений главных систем линейного рельефа и границ блоков, говорит о пространственной связи между ними. Линейный рельеф частично контролируется вероятными разрывными нарушениями, отделяющими блоки друг от друга. Предположительно линейный рельеф и разрывы района имеют существенно общий генезис.

4. Системы направленности линейных форм рельефа, границ глубинных и приповерхностных блоков, частично соответствуют четырем главным системам глобальной дизъюнктивной сети (планетарной трещиноватости), что говорит о существенном влиянии последней на структурный план района.

5. Перераспределение значений напряжений связано с современными геологическими процессами, приводящими к формированию нового черта рельефа дна и частичному разрушению старых поверхностей гайотов.

Список литературы

- Александров П.А., Аникеева Л.И., Андреев С.И., Петухов С.И.* Талассохимия рудогенеза Мирового океана. СПб.: ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», 2009. 222 с.
- Анохин В.М.* Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. С-Пб.: Недра, 2006. 161 с.
- Анохин В.М., Мельников М.Е.* Особенности строения северо-восточного склона гайота Говорова (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. 2010. № 4. С. 34-44.
- Брусилловский Ю.В., Городницкий А.М., Соколов В.А.* Вулканотектоническая эволюция Магеллановых подводных гор в свете их геомагнитного изучения // Геотектоника. 1992. № 5. С. 96-106.
- Волохин Ю.Г., Мельников М.Е., Школьник Э.Л. и др.* Гайоты Западной Пацифики и их рудоносность. М.: Наука, 1995. 368 с.
- Мельников М.Е.* Месторождения кобальтоносных марганцевых корок. Геленджик: ГНЦ «Южморгеология», 2005. 230 с.
- Петухов И.М., Батугина И.М.* Геодинамика недр. М.: Недра коммюникейшенс ЛТД», 1999. 256 с.
- Плетнев С.П., Мельников М.Е., Пунина Т.А. и др.* Меловые отложения гайотов Магеллановых

- гор (Тихий океан) // Меловая система России и ближнего зарубежья / Под ред. Е.Ю. Барабошкина, И.В. Благовещенского. Ульяновск: УлГУ, 2010. С. 283-286.
- Рашидов В.А., Долгаль А.С., Новикова П.Н.* Геомагнитные исследования гайотов Вулканолог и Коцебу (Магелановы горы, Тихий океан) // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2009. № 1. Вып. 13. С. 98-106.
- Седов, А.П., Матвеевков В.В., Волокитина Л.П. и др.* Качественная модель формирования цепей подводных гор // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2005. № 5. С. 24-44.
- Уткин, В.П., Ханчук А.И., Михайлик Е.В. и др.* Роль сдвиговых дислокаций океанической коры в формировании гайотов Магеллановых гор (Тихий океан) // ДАН. 2004. Т. 395. № 5. С. 646-650.
- Gavrilov A.A.* Ring morphostructures of the Pacific ocean floor // Regularities of the structures and evolution of exospheres // Proc. of VII International Interdisciplinary sci. symp. and International geoscience prog. Vladivostok. 2005. P. 73-78.
- Koppers, A.A.P., Staudigel H., Wijlbrans J.R., Pringle M.S.* The Magellan seamount trail: implication for Cretaceous hotspot volcanism and absolute Pacific plate motion // Earth and Planet. Scie. Let. 1998. V. 163. P. 53-68.
- Lee T.-G., Lee S.-M., Moon J.-W., Lee K.* Paleomagnetic investigation of seamounts in the vicinity of Ogasawara Fracture Zone northwest of the Marshall Islands, western Pacific // Earth Planets Space. 2003. V. 55. P. 355-360.
- Petukhov S., Alexandro P.v, Andreev S.* Deformational model of hydrothermal sulfide ore fields for prediction of hydrothermal activity locations (for different areas of the Atlantic and Indian Oceans) // Abstract Minerals of the ocean & Deep-sea minerals and mining. Joint international conference. 2010. P. 70-72.

PECULIARITIES OF GEODYNAMIC ENVIRONMENT IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE MAGELLAN SEAMOUNTS

S.I. Petukhov¹, V.M. Anokhin¹, M.Ye. Melnikov³

¹FGUP «I.S.Gramberg VNIIOkeangeologia», St. Petersburg, 190121; e-mail: petukhov@vniio.ru

²«Yuzhmorgeologia», Russian Federation Ministry of Natural Resources, Gelendzhik, 353461

A lineament analysis of the relief was made using a detailed bathymetry map of the region drawn according to the results of multi-beam echo-sounding. The authors separated linear objects of the relief, measured their course azimuths, plotted the rose diagram of the lineament directivities of the region, and built the models of the surface and subsurface deformation field of the region at separating the blocks of dominant stress and strain. The blocks travel along the lines of alternation of stress sign (block borders). The directivities of the block borders were compared with the lineaments directivities resulting in conclusion that they both have spatial and generic relations. The systems of linear forms directivities of the relief and the borders of surface and subsurface blocks partially correspond to the four main systems of the global disjunctive network (planetary fracturing), which suggests a considerable influence of the latter on the structural plan of the region. Redistribution of stresses is associated with the modern geological processes leading to the formation of new configurations of seabed relief and partial destruction of the old surfaces of guyots.

Keywords: relief, guyot, block, stress model, strain, compression, deformation.