

УДК 551.248.2 (571.651)

НОВЕЙШИЕ СТРУКТУРЫ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Галина Владимировна Брянцева¹✉, Лидия Андреевна Сим²

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; bryan.bryan@yandex.ru✉

² Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия; sim@ifz.ru

Аннотация. На основании сопоставления рельефа и геологических данных выделены новейшие структурные элементы, активно развивающиеся в виде систем поднятий и впадин, дешифрируемых по космоснимкам и топографическим картам в виде линейментов, предопределенных разрывными нарушениями. В результате исследований восстановлены неотектонические сдвиговые поля напряжений с ориентировкой субмеридиональных осей сжатия тектонических напряжений I ранга, что в целом согласуется с установленными практически во всех регионах Северной Евразии субгоризонтальными осями сжатия, ориентированными преимущественно субмеридионально.

Ключевые слова: Чукотка, Анюйская сутура, неотектоника, структурная геоморфология, поле напряжений

Для цитирования: Брянцева Г.В., Сим Л.А. Новейшие структуры и неотектонические напряжения в центральной части Чукотского полуострова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 2. С. 11–18.

THE LATEST STRUCTURES AND NEOTECTONIC STRESSES OF THE CENTRAL PART OF THE CHUKCHI PENINSULA

Galina V. Bryantseva¹✉, Lidia A. Sim²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; bryan.bryan@yandex.ru✉

² Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; sim@ifz.ru

Abstract. Based on the comparison of relief and geological data, the newest structural elements were identified, actively developing in the form of systems of uplifts and depressions, deciphered from satellite images and topographic maps in the form of lineaments predetermined by discontinuous disturbances. As a result of the research, neotectonic shear stress fields have been restored with orientations of the submeridional compression axes of tectonic stresses of the I rank, which is generally in agreement with the subhorizontal compression axes, mainly oriented submeridionally, established in almost all regions of Northern Eurasia.

Keywords: Chukotka, Anyuskaya sutura, neotectonics, structural geomorphology, stress field

For citation: Bryantseva G.V., Sim L.A. The latest structures and neotectonic stresses of the central part of the Chukchi Peninsula. *Moscow University Geol. Bull.* 2022; 2: 11–18 (In Russ).

Введение. Район исследования расположен в пределах Тихоокеанского складчатого пояса, структуры которого сформировались в результате взаимодействия Евразийской и Северо-Американской литосферных плит. Они сформировались в начале–середине мелового периода и имеют покровно-складчатое строение. Северная и западная части рассматриваемой территории входят в состав Верхояно-Колымской складчато-покровной области, которая разделена Южно-Анюйской офиолитовой сутурой, представляющей собой след закрывшегося в середине мезозоя Протоарктического океана, на западную часть — Верхоянский складчатый пояс с Колымской петлей, а также на восточную — Новосибирско-Чукотскую складчатую систему, охватывающую север-северо-восточную часть России и прослеживающуюся от Новосибирских о-вов на Чукотский п-ов [Соколов и др., 2006]. По-видимому, на неотектоническом этапе эта территория со сложной мезозойской историей развития испытала перестройку под воздействием различных тектонических процессов.

Материалы и методы исследований. Морфология региона изучена с помощью анализа топографических карт масштаба 1:500 000 и 1:1 000 000 с использованием в ряде случаев цифровых моделей рельефа. Выделение отраженных в рельефе новейших структурных форм и разрывных нарушений выполнялось по методике Н.П. Костенко [Костенко, 1999], согласно которой при структурно-геоморфологическом дешифрировании топографической карты расчленение рельефа отражает наиболее благоприятные условия эрозии, связанные с зонами повышенной трещиноватости и дробления пород. Проверку положения зон трещиноватости, намеченных при структурно-геоморфологическом дешифрировании карт, выполняли по данным анализа комплексных геолого-геоморфологических профилей. При дешифрировании использованы также опубликованные материалы, прежде всего геологические, тектонические и неотектонические карты разного масштаба.

Вдоль новейших разломов структурно-геоморфологическим методом реконструкции текто-

нических напряжений [Сим, 1991; Ребецкий и др., 2017] восстановлены ориентировки осей сжатия и растяжения в горизонтальной плоскости. Сдвиговые тектонические напряжения восстанавливали по данным предшественников о развитии сдвигов в исследуемом регионе в посторогенный этап [Соколов и др., 2006; Читалин и др., 2013]. Реконструкция неотектонических напряжений по новейшим разломам исследуемой территории показала, что крупнейший разлом северо-восточного простирания, входящий в состав Кони-Мургальской мезозойской сутуры, активизирован в сдвиговом неотектоническом поле напряжений с субмеридиональной ориентировкой осей сжатия в горизонтальной плоскости, поэтому нами принята такая ориентировка как характеристика тектонических напряжений I ранга из-за доминирующей роли разломов, ограничивающих Кони-Мургальскую сутуру. Прочие ориентировки осей сжатия в районе исследований отнесены нами к II рангу и более мелким рангам.

Результаты исследований и их обсуждение.
Геологическое строение центральной части Чукотского п-ова. В пределы рассматриваемого района входит Анюйско-Чукотская ветвь Новосибирско-Чукотской складчатой системы, а также Охотско-Чукотский меловой вулканический пояс. Залегающие в основании разреза палеозойско-мезозойские отложения представлены здесь в основном карбонатными и терригенно-морскими шельфовыми толщами, которые в середине мела подверглись складчатости в результате коллизии Евразии и Северной Америки. На шельфовые отложения в раннем мелу с юго-востока были надвинуты породы офиолитовой ассоциации, а в начале позднего мела все структуры осложнены сдвигами. В это же время произошло внедрение многочисленных гранитоидных тел. На складчатом основании развивались грабенообразные впадины. В южном направлении граница Анюйско-Чукотской ветви перекрыта образованиями окраинно-континентального Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса, возникшего в связи с субдукцией Тихоокеанской плиты под северо-восточную часть Азиатской континентальной окраины и резко несогласно наложенного на более древние структуры. Мощность вулканических пород достигает 2 км, а интрузивы занимают 25% площади и представлены преимущественно малоглубинными гранитами, гранодиоритами, диоритами. Развита андезит-базальтовые комплексы, андезиты, дациты и риолиты. Большое распространение имеют риолитовые игнимбриты.

Южно-Анюйская сутура прослеживается от восточной части моря Лаптевых до Восточной Чукотки, вдоль нее на всем протяжении картируются мезозойские терригенные толщи с фрагментами разновозрастных офиолитовых толщ, наиболее молодые из которых датируются поздней юрой – ранним мелом; кроме них вдоль структуры наблюдается терригенный меланж аккреционного типа. Меланж

и фрагменты молодых офиолитов служат индикаторами конвергентных границ между плитами Протоарктического бассейна и Северо-Азиатского континента.

Южная зона расположена в пределах северной части Корьякско-Камчатской позднемезозойской складчатой области. Корьякское нагорье мозаично выполнено большим количеством террейнов. В рассматриваемую зону входят Алганский и Ганычала-Усть-Бельский террейны. Анадырская впадина заполнена породами неоген-четвертичного возраста.

Структуры Колымской петли представляют собой коллаж из террейнов. В рассматриваемую территорию входит Олойский террейн. Он сложен среднепалеозойскими офиолитами, среднедевонскими риолитами, их туфами, алевролитами, известняками, которые перекрыты известняками и песчаниками с покровами базальтов. Выше залегают терригенные породы карбона и перми, перекрытые кислыми вулканиками поздней юры. Олойский террейн граничит по крупному разлому с Южно-Анюйской сутурой. После замыкания океанических бассейнов произошло внедрение многочисленных плутонов гранитов.

Сформированный в процессе мезозойских деформаций горный рельеф региона был сnivelирован к концу миоцена [Парфенов и др., 2003]. В последние годы принято считать, что общий подъем территории в позднем кайнозое с формированием сводовых и сводово-блоковых дислокаций связан с возникшей на северо-востоке Азии обстановкой сжатия в результате сближения океанических плит Евразийского и Тихоокеанского бассейнов с окраиной континента. Тихоокеанская плита начала двигаться в северо-западном направлении в начале олигоцена, а в Арктике продолжал формироваться Евразийский океанический бассейн, раскрытие которого относится к началу кайнозоя. Вследствие косо-го сближения океанических плит с окраиной континента образовались крупные продольные сдвиги, приблизительно параллельные границе континент–океан. Неотектонический этап развития Чукотского п-ова начался в плиоцене с преобладанием вертикальных тектонических движений [Парфенов и др., 1993].

Неотектоника центральной части Чукотского п-ова. В пределах района исследования в новейшей структуре отчетливо выделяется несколько систем сводово-блоковых поднятий (рис. 1), которым даны условные названия: Анюйское (I), Илирнейское (II), Палечваамское (III), Центрально-Чукотское (IV), Алучинское (V), Анадырское (VI), Колымское (VII), Чуванско-Щучьинское (VIII), Русское (IX), Корьякское (X), Пекульнейское (XI), Южно-Чукотское (XII), а также выделены Чаунская (XIII), Амгуэмская (XIV), Парабольско-Бельская (XV), Анадырская (XVI) впадины и приразломовые долины, которые в настоящее время разрабатываются речками. Эти системы поднятий имеют разное простирание, отличаются по геологическому строению и истории развития.

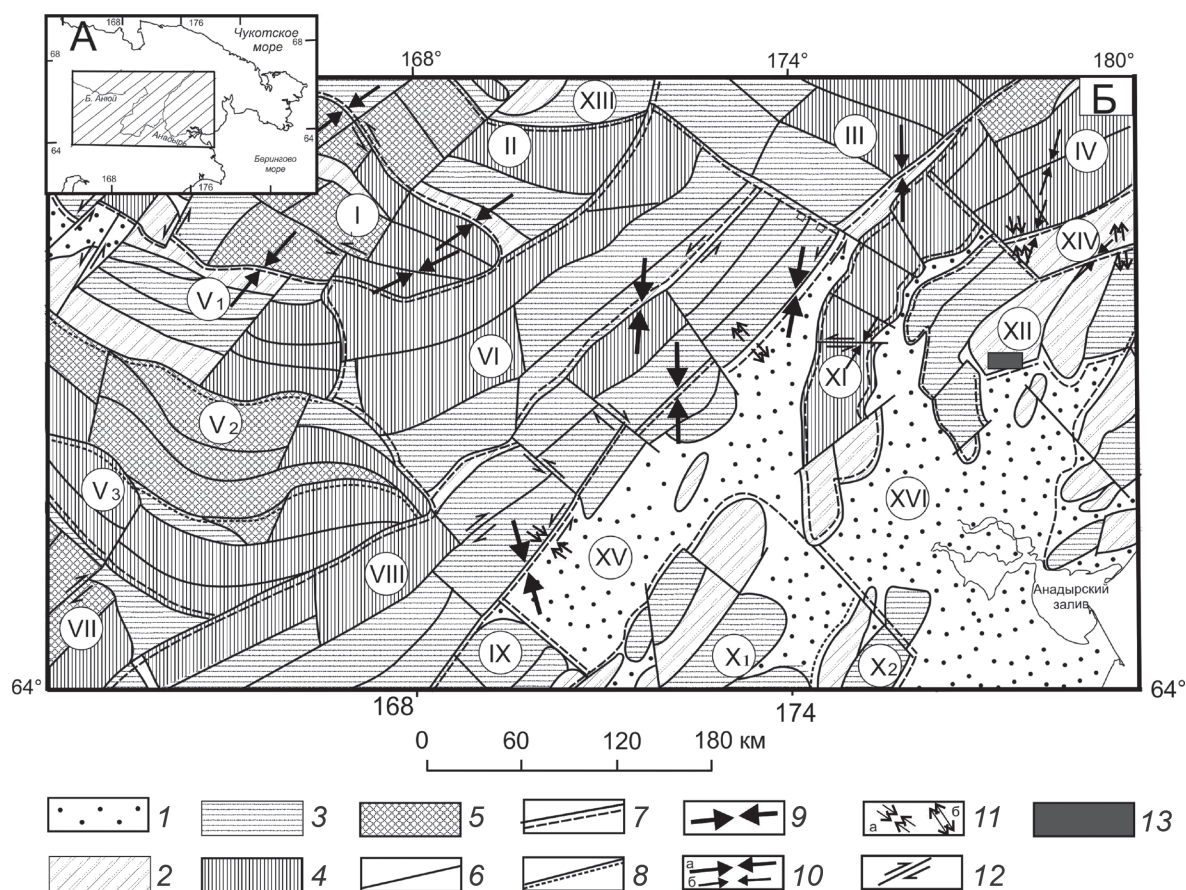


Рис. 1. Положение района исследования (заштриховано) (А) и структурно-геоморфологическая схема и неотектонические напряжения Центральной Чукотки (Б): 1–5 — суммарные конэрозионные поднятия, м: 1 — ≤ 100 , 2 — 101–500, 3 — 501–1000, 4 — 1001–1500, 5 — > 1500 ; 6 — границы отдельных структур (разрывные нарушения и зоны трещиноватости, выделенные по геоморфологическим данным); 7 — границы структур 1-го порядка; 8 — границы структур 2-го и более низких порядков; 9–10 — неотектонические напряжения: 9 — оси сжатия в горизонтальной плоскости I ранга, 10 — оси сжатия в горизонтальной плоскости (а — II, б — более мелких рангов); 11 — геодинамическая обстановка (а — сжатия, б — растяжения); 12 — сдвиги; 13 — местоположение месторождения Валунистое.

Цифрами обозначены: горные сооружения: I — Анюйское, II — Илirianское, III — Палечваамское, IV — Центрально-Чукотское, V — Алучинское (хребты-поднятия: V₁ — Олойский, V₂ — Уш-Урэшкчэнский, V₃ — Кедонский), VI — Анадырское, VII — Колымское, VIII — Чуванско-Щучинское, IX — Русское, X — Корьякское (хребты-поднятия: X₁ — Майнские, X₂ — Рарыткинские), XI — Пекульнейское, XII — Южно-Чукотское; впадины: XIII — Чаунская, XIV — Амгуэмская, XV — Парабольско-Бельская, XVI — Анадырская

Анюйское горное сооружение (I) расположено на северо-западе исследуемого района, наследует коллизионный шов, так называемую Анюйскую сутуру, и имеет юго-восточное простирание. Горное сооружение разбито системой секущих разрывов северо-восточного простирания. Согласно границам представляют собой, скорее всего, унаследованно развивающиеся надвиги. Горное сооружение имеет наибольшие отметки высоты в центральной части, что связано с широким распространением выходов магматических пород, здесь суммарные конэрозионные поднятия превышают 1500 м. Отдельные хребты разделяются приразломными впадинами, ширина днищ которых составляет 2–6 км. Эти впадины разрабатываются реками Камешкова, Тэтэмвеем и др.

Илirianское горное сооружение (II) выделяется к северу от Анюйского и тоже имеет юго-восточное простирание. Оно расположено в пределах Анюйской зоны Новосибирско-Чукотского склад-

чатого пояса. Суммарные конэрозионные поднятия превышают 1500 м, что связано с широким распространением здесь пород триасового возраста. Отдельные хребты имеют дугообразную форму.

Чаунская впадина (XIII) в пределы рассматриваемой территории заходит только южной частью. Это крупная грабенообразная впадина, ограниченная системой разломов с северо-западным и субмеридиональным простиранием [Брянцева, 2013]. В центральной части впадины расположена Чаунская губа, представляющая собой залив Восточно-Сибирского моря. Впадина выполнена четвертичными отложениями. Максимальные отметки высоты рельефа не превышают 500 м.

Палечваамское горное сооружение (III) расположено в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. Хребты имеют юго-восточное простирание, суммарные конэрозионные поднятия достигают 1000 м и более, что связано с широким

развитием эффузивных пород мелового возраста. В сторону Чаунской впадины высота снижается.

Центрально-Чукотское горное сооружение (IV) отделяется от Палечваамского крупной приразломовой впадиной долины р. Бол. Осиновая. Этот разлом северо-восточного простирания — продолжение Кони-Мургальского коллизионного шва [Богданов, Тильман, 1992]. Горное сооружение находится на крайнем северо-востоке района в Чукотской зоне Новосибирско-Чукотской складчатой системы. Складчатая система имеет юго-западное простирание, а согласные разломы совпадают с простиранием коллизионной зоны. Суммарные конэрозионные поднятия на границе с системой разломов северо-восточного простирания достигают 1800 м. Это может быть связано с выходами пород триасового возраста с многочисленными гранитными массивами. Отдельные хребты разделены небольшими приразломовыми впадинами, разрабатываемыми реками Чантальверегын, Экитыки и др.

Алучинское горное сооружение (V) в современной структуре представлено Олойским (V_1), Уш-Урэшкчэнским (V_2) и Кедонским (V_3) хребтами-поднятиями. Они дугообразно изогнуты на юг и в тектоническом отношении представляют собой часть Олойского террейна Колымской петли. Хребты имеют практически субширотное простирание и часто разделены крупными впадинами, разрабатываемыми реками Олой, Ненкан. Алучинское горное сооружение отделено от Анюйского крупной приразломовой впадиной, разрабатываемой р. Бол. Анюй и имеющей сначала юго-восточное простирание, которое после системы сдвигов северо-восточного простирания меняется практически на субширотное. Наибольшие отметки высоты (≥ 1500 м) приурочены к Уш-Урэшкчэнскому хребту, что связано с распространением эффузивных и интрузивных пород раннемелового возраста. Средняя высота Олойского хребта не превышает 1000 м, однако отдельные вершины достигают значительно большей высоты, например Колымская (1313 м), Ламутка (1303 м), что связано с отдельными интрузивными массивами. Хребты разбиты системой секущих разрывных нарушений северо-восточного и субмеридионального простирания. Как согласные, так и секущие разрывные нарушения играют важную роль в размещении магматических образований и связанных с ними полезных ископаемых.

Анадырское горное сооружение (VI) граничит с несколькими горными сооружениями по разломам разного ранга. Разлом северо-восточного простирания отделяет его от Анюйского и Илирнейского горных сооружений, субмеридиональный и северо-западный разлом ограничивает это поднятие с запада. Простирание хребтов Анадырского горного сооружения, ограниченного согласными разломами, меняется на северо-восточное. С развитием эффузивных пород мелового возраста связано значительное суммарное поднятие до 1500 м.

Чуванско-Щучьинское горное сооружение (VIII) имеет четкое северо-восточное простирание и ограничено хорошо выраженными в рельефе согласными разломами, которые относятся к зоне Кони-Мургальского коллизионного шва. Блоковое строение этого горного сооружения подчеркнуто системой секущих разрывов северо-западного простирания. Простирание хребтов такое же, как и у Колымского горного сооружения.

Пекульнейское горное сооружение (XI) отделено от Центрально-Чукотского по разлому северо-западного простирания и представляет собой Пекульнейский аккреционный блок [Богданов, Тильман, 1992] или островодужную систему [Морозов, 2001]. Хребт имеет дугообразную форму, выпуклой стороной обращен на запад. Горное сооружение ограничено согласными разрывами, представляющими собой надвиги или крутопадающие взбросы [Морозов, 2001]. Многочисленные секущие разломы постепенно меняют свое направление с северо-западного на северо-восточное, разбивая хребты на отдельные секторы, это свидетельствует о том, что секущие разломы более молодые. Суммарные конэрозионные поднятия достигают 1500 м, что может быть связано с развитием плотных пород, образованных в результате интрузивного надсубдукционного магматизма. К югу высота хребта снижется. Пекульнейское горное сооружение отделено от хребтов Южно-Чукотского Танюрерской впадиной, представляющей собой северное замыкание Анадырской впадины [Морозов, 2001]. Суммарные конэрозионные поднятия не превышают 1000 м, средняя высота значительно меньше. Хребты снижаются и испытывают виргацию на границе с Анадырской впадиной.

Амгуэмская впадина (XIV) расположена между Центрально- и Южно-Чукотским горными сооружениями и отделена от них практически субширотными или восточно-северо-восточными разломами. Впадина выполнена отложениями неогена и разрабатывается разветвленной эрозионной сетью, наиболее крупные из которых — реки Амгуэма и Ильевейнеем.

Южно-Чукотское горное сооружение (XII) относится к Пекульнейско-Золотогорской островодужной системе позднеюрского–раннемелового возраста [Морозов, 2001]. В новейшей структуре образует систему Кончаланского, Ушканегорского, Золотогорского хребтов, имеющих дугообразную форму. В пределах Южно-Чукотского горного сооружения расположено золоторудное месторождение Валунистое.

Колымское горное сооружение (VII), относящееся к Охотско-Чукотскому вулканическому поясу, образует ряд хребтов северо-восточного простирания со значительной высотой, достигающей 1500 м и более. Сооружение отделено от Алучинской системы поднятий протяженной приразломной впадиной юго-восточного простирания. На северо-западе она разрабатывается р. Ирбуневейнеем, на юго-востоке, после пересечения ее разломом северо-восточного

простирается, впадина значительно расширяется и разрабатывается р. Пенжина.

Русское горное сооружение (IX) входит в пределы рассматриваемого района только небольшой частью и представлено небольшими хребтами, имеющими северо-восточное простирание и сложенными эффузивными породами палеогенового возраста с отдельными вершинами, высота которых достигает 1000 м.

Парабольско-Бельская впадина (XV) представляет собой структуру, вытянутую в северо-восточном направлении, которая постепенно сужается в этом же направлении. Впадина находится между Кони-Мургальским и Талово-Майнским коллизийными швами [Богданов, Тильман, 1992]. Впадина разбита разломами северо-западного простирания, по-видимому, сдвигами. Северо-восточная часть впадины — Бельская [Морозов, 2001] — отделяет Чуванско-Щучинское горное сооружение от Пекульнейского. Средние отметки высоты не превышают 100–150 м. Однако окраины впадины в настоящее время вовлечены в поднятие и образуют отдельные хребты северо-восточного простирания, высота которых достигает 500 м и более.

Корякское горное сооружение (X) в современной структуре представлено Майнскими (X_1) и Рарыткинскими (X_2) хребтами-поднятиями, имеющими общее северо-восточное простирание. Это горное сооружение относится к Корякско-Западно-Камчатскому вулканическому поясу — к Ганычалан-Усть-Бельскому и Алганскому террейнам. Эти хребты разделены крупной впадиной, в центральной части которой расположено оз. Красное. Это впадину можно отнести к южному замыканию Анадырской.

Анадырская впадина (XVI) на востоке переходит в Анадырский залив Берингова моря. Она выполнена неоген-четвертичными отложениями. Многочисленные растущие поднятия в пределах впадины свидетельствуют о сокращении ее площади. В пределах такого локального поднятия находится месторождение Высокое. Структура разбита разломом северо-западного простирания, скорее всего, сдвигом.

Неотектонические напряжения в центральной части Чукотского п-ова. Неотектонические напряжения исследуемого района восстанавливались структурно-геоморфологическим (СГ) методом реконструкции сдвиговых тектонических напряжений [Сим, 1991; Ребецкий и др., 2017]. Указанные работы о неотектонике центральной части Чукотского п-ова, особенно по выделению новейших разломов, стандартные для использования СГ метода. В основу СГ метода положено предположение о преобладании сдвиговых перемещений по разломам фундамента платформ в новейший этап. Преобладание сдвигов в осадочном чехле платформ обосновано следующими данными: 1) подавляющее большинство разломов в осадочном чехле субвертикальны, что требует сдвигового поля напряжений с горизонтально ориенти-

рованными осями максимальных (девиаторное сжатие σ_3) и минимальных сжимающих (девиаторное растяжение σ_1) напряжений; 2) отсутствие вблизи дневной поверхности литостатических напряжений, что приводит к горизонтальному положению оси сжатия; 3) данные математического [Ребецкий, 1988] и физического [Михайлова, 2007] моделирования сдвигов, фиксирующие концентрацию касательных напряжений над сдвигом в фундаменте непосредственно в основании осадочного чехла и на дневной поверхности.

Анализ данных моделирования показывает, что: а) разломы в осадочном чехле формируются (отражаются при приближении к дневной поверхности) в виде крутопадающих плоскостей; б) на дневной поверхности, сложенной молодыми отложениями, образуются закономерно ориентированные оперяющие (опережающие) разрывы, представляющие систему из трех разрывов, две из которых — сколы, а третья система ориентирована по биссектрисе угла между сколами и представляет отрывы, совпадающие с ориентировкой оси сжатия сдвигового поля. Ориентировка триады опережающих разрывов/трещин между собой и по отношению к разлому фундамента должна соответствовать таковой, полученным при моделировании сдвигов и их полевом изучении. Взаимные ориентировки этих оперяющих разрывов в зоне динамического влияния сдвигов были обобщены М.В. Гзовским [Гзовский, 1975] и используются нами в СГ методе. Таким образом, тектонофизическое моделирование показало, что развитие сдвиговой подвижки по разлому в фундаменте сопровождается образованием зон повышенной оперяющей трещиноватости на дневной поверхности, которые дешифрируются как линеаменты или предполагаемые разрывы даже на стадиях, когда в среднем слое отложений чехла еще не образовался магистральный разлом.

Результаты нашего дешифрирования мелких прямолинейных отрезков, которые выражены в рельефе вблизи новейшего разлома (названные нами мегатрещинами), выделенного в результате анализа рельефа и дальнейшего сопоставления их с данными о ориентировке оперяющих разрывов в зоне сдвига, позволяют подтвердить разломную природу как линеаментов, так и мегатрещин по оперяющим разрывам, закономерно ориентированным вдоль простирания выделенного новейшего разлома. Подтверждаются преобладание сдвигового перемещения по разлому, направление действия напряжений максимального сжатия и растяжения в горизонтальной плоскости, дополнительные условия активизации (сжатие или растяжение, нормальное к плоскости сдвига), которые мы определяем как динамическую обстановку формирования разлома на новейшем этапе.

Возраст формирования или активизации разломов считается новейшим по их выраженности в рельефе и по тому, что мегатрещины и разломы

разрушают молодые отложения, широко развитые на дневной поверхности платформ. Применение СГ метода для центральных частей п-ова Чукотка обосновано на геологических данных о развитии поздних сдвиговых перемещений по разломам [Соколов и др., 2006; Читалин и др., 2013]. В отдельных случаях одна из восстановленных ориентировок осей главных нормальных напряжений в горизонтальной плоскости может быть ориентировкой промежуточной оси σ_2 . Если исследуемая область находится в обстановке, близкой к одноосному сжатию с субгоризонтальной осью сжатия, то при незначительной разнице в величинах σ_1 и σ_2 за счет разницы между горизонтальной осью σ_2 и σ_1 могут формироваться сдвиговые перемещения с соответствующей триадой оперяющих разрывов; в ситуациях с горизонтальным растяжением за счет малой разницы между величинами σ_2 и σ_3 также возможно развитие сдвиговых перемещений по разломам. Для точного определения индексов главных нормальных напряжений СГ методом необходимо привлечение дополнительных данных (например, о механизмах ближайших очагов землетрясений или реконструкции тектонических напряжений в районе исследования по геологическим данным).

Реконструкция неотектонических напряжений для центральной части Чукотки была выполнена по топокарте масштаба 1:1 000 000. Нами выделено три ранга неотектонических сдвиговых напряжений. К I рангу отнесены 5 уверенных определений по разломам северо-западного простирания, входящим в состав Кони-Мургабской сутуры. Ранг этой сутуры определен нами по ее отчетливой выраженности как в новейшей структуре, так и по ее значимости в истории тектонического развития региона. Каждое определение осей сжатия приурочено к отрезку разлома, вдоль которого откартирована триада оперяющих мегатрещин, соответствующих левосдвиговому смещению. Очевидно, что напряженное состояние по разломам северо-западного простирания, входящим в состав Кони-Мургабской сутуры, свидетельствует о субмеридиональной ориентировке оси сжатия I ранга.

К разломам II, соответственно, к неотектоническим структурам II ранга отнесены отрезки разломов, попадающие в исследуемую территорию и ограничивающие Южно-Аньюйскую новейшую структуру. Сложнопостроенная Южно-Аньюйская сутура [Соколов и др., 2006] практически целиком совпадает с Аньюйским горным сооружением и рассмотрена нами отдельно [Сим и др., 2019a]. Особый интерес представляют реконструкции тектонических напряжений в пределах этой структуры. Здесь по разломам запад-северо-западного — восток-юго-восточного простирания СГ методом реконструкции сдвиговых тектонических напряжений восстановлены левосдвиговые перемещения, противоречащие установленным геологическими методами правосдвиговым смещениям на позднемезозойской

стадии развития структур. По ориентировке осей напряжений, ограничивающих этот отрезок крупной сутуры, мы предполагаем поворот этого новейшего поднятия на северо-запад в новейшем поле напряжений [Сим и др., 2019б].

Отдельные определения ориентировок осей сжатия III ранга выполнены в северо-восточном секторе исследуемого района. Вероятно, они отражают локальные обстановки развития мелких разрывов в этой части рассматриваемого района. Для сопоставления ориентировок осей сжатия III ранга и уточнения выбранной нами субмеридиональной ориентировки оси сжатия I ранга для всей исследованной территории проведена реконструкция неотектонических напряжений на месторождении золота и серебра Валунистое.

Рудные тела на месторождении представляют собой кварцевые жилы, жильные зоны переменной мощности с крайне неравномерным распределением золота. Месторождение отнесено к 3-й группе сложности геологического строения. Запасы C1+C2 составляют 17,5 т золота со средним содержанием 5,9 г/т, 178 т серебра со средним содержанием 59,6 г/т, общие запасы в золотом эквиваленте составляют около 20 т [Волков и др., 2006].

Для реконструкции неотектонических напряжений на детальном участке дешифрованы линеаменты — предполагаемые разломы, они ранжированы в масштабе исследования. Сопоставление выделенных разломов с откартированными на месторождении разломами показало удовлетворительную корреляцию. Анализ ориентировки восстановленных осей сжатия вдоль разломов I ранга показал доминирование меридиональной ориентировки с незначительными отклонениями на север-северо-восток, при этом три определения свидетельствуют о геодинамической обстановке растяжения, кроме единственного определения оси сжатия вдоль отрезка дугообразно изогнутого разлома на северо-востоке участка — здесь установлена геодинамическая обстановка сжатия, в то время как южный отрезок этого же разлома формируется в обстановке растяжения. Возможно, это свидетельствует о унаследованном характере новейшего напряженного состояния со времени рудообразования (рис. 2).

Оси сжатия вдоль разломов II ранга ориентированы преимущественно субмеридионально, за исключением трех определений осей сжатия в восточной части участка с восток-северо-восточной ориентировкой осей сжатия. В целом отметим, что в разломах обоих рангов обстановка растяжения (8 определений) доминирует над обстановкой сжатия (4 определения). Таким образом, подтверждается тезис о поздних сдвиговых перемещениях по разломам [Читалин и др., 2013]; обстановка растяжения, возможно, унаследована от поздних этапов формирования месторождения.

Субмеридиональное сжатие, характеризующее разломы обоих рангов, подтверждает справедли-

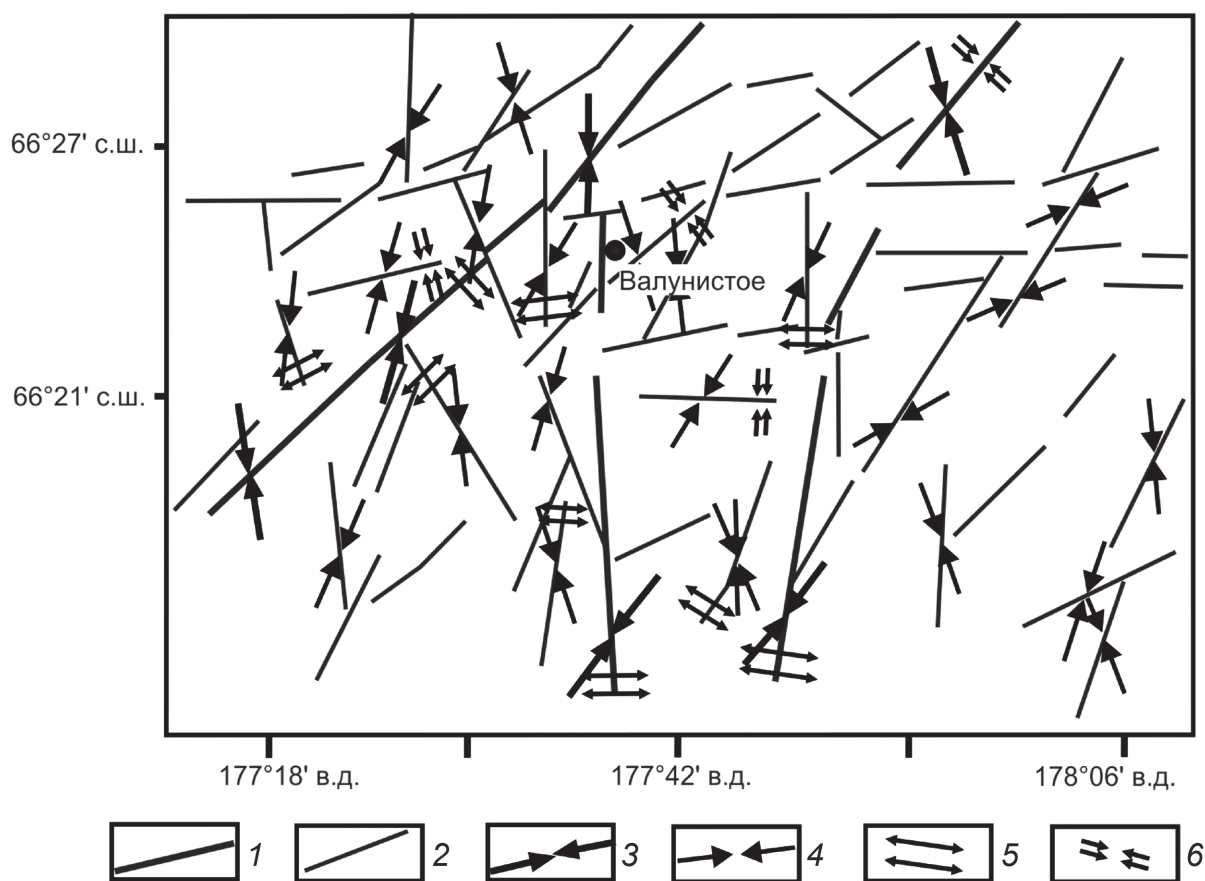


Рис. 2. Неотектонические напряжения на месторождении Валунистое (его положение в районе исследования см. на рис. 1): 1–2 — разломы: 1 — I ранга, 2 — II ранга; 3–4 — оси сжатия в горизонтальной плоскости: 3 — I ранга; 4 — II ранга; 5–6 — геодинамические обстановки (5 — растяжения, 6 — сжатия)

вость определения такого же регионального сжатия в целом в центральной части Чукотки (рис. 1).

Заключение. При взаимодействии Евразийской и Северо-Американской литосферных плит возникла обстановка сжатия, что привело к формированию сводовых и сводово-блоковых поднятий, а также продольных сдвигов, приблизительно параллельных границе континент–океан.

В результате структурно-геоморфологических исследований в орогенном структурном плане установлено наличие систем поднятий, имеющих разное простирание, что связано с геологической историей развития этого региона. В современной структуре хорошо выделяется мезозойская Колымская петля в виде относительно изометричных хребтов (Олойский, Уш-Урашкэнский, Кедонский), простирание которых близко к субширотному.

Выявленные развивающиеся разрывные нарушения, особенно согласные со структурными формами, на значительном протяжении хорошо выражены в рельефе и представляют собой на отдельных участках омоложенные древние надвиги, которые в результате орогенеза претерпели подновление и усложнение из-за сдвиговых перемещений и в настоящий момент представляют собой серию

кулис, разбитых секущими разрывами. Совпадение многих надвигов с более древними свидетельствует о их унаследованном развитии. Хорошо проявлены в рельефе в виде протяженных хребтов сутуры или коллизионные швы — Анюйская и Кони-Мургалская. Таловско-Майнская сутура выражена хуже и только на отдельных участках, что связано с развитием Парабольско-Бельской впадины.

В результате исследований в рассматриваемом районе откартированы неотектонические структуры, достаточно слабо изученные с точки зрения их развития в новейший этап, и восстановлены неотектонические сдвиговые поля напряжений с субмеридиональной ориентировкой осей сжатия тектонических напряжений I ранга, что в целом находится в согласии с установленными практически во всех регионах Северной Евразии субгоризонтальными и субмеридиональными осями сжатия (за исключением севера Западно-Европейской плиты).

Результаты исследования могут быть полезны при проведении поисковых работ на золото-серебряные месторождения, так как позволяют отделить тектонические процессы рудных этапов от наложенных неотектонических деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов Н.А., Тильман С.М. Тектоника и геодинамика Северо-Востока Азии. Объяснительная записка к тектонической карте Северо-Востока Азии масштаба 1:5 000 000. М.: Ин-т литосферы РАН, 1992. 54 с.
- Брянцева Г.В. Новейшие орогенные структуры северной части Чукотского полуострова // Мат-лы Всеросс. конф. «Динамическая геология в XXI веке: проблемы и перспективы». М.: ПЕРО, 2013. С. 8–9.
- Волков А.В., Гончаров В.И., Сидоров А.А. Месторождения золота и серебра Чукотки. М.: ИГЕМ РАН; Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2006. 221 с.
- Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
- Костенко Н.П. Геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. 397 с.
- Михайлова А.В. Геодинамические характеристики структур, образовавшихся в слое над активными разломами фундамента (по данным тектонофизического моделирования) // Геофизика XXI столетия: 2006 год. Сб. Тр. VIII геофизических чтений имени В.В. Федынского, 2–4 марта 2006, Москва. М.: ИНТЕК-ГЕОН, ГЕРС, 2007. С. 111–118.
- Морозов О.В. Геологическое строение и тектоническая эволюция Центральной Чукотки. М.: ГЕОС, 2001. 201 с. (Тр. ГИН; вып. 523).
- Парфенов Л.М., Берзин Н.А. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 7–41.
- Парфенов Л.М., Натанов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // Геотектоника. 1993. № 1. С. 68–78.
- Ребецкий Ю.Л. Напряженное состояние слоя при продольном сдвиге // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1988. № 9. С. 29–35.
- Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 234 с.
- Сим Л.А. Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1991. № 10. С. 3–22.
- Сим Л.А., Брянцева Г.В., Селиванов Д.А. Особенности активизации Южно-Аннуйской сuture (Чукотка) в новейший этап // Мат-лы 5-й междунар. конф. «Триггерные эффекты в геосистемах». М.: ИДГ, 2019а. С. 182–183.
- Сим Л.А., Селиванов Д.А., Брянцева Г.В. Новейшая геодинамика Центральной Чукотки // Мат-лы IV Всеросс. симпозиума, посвященного 90-летию со дня рождения акад. Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы». Иркутск: ИЗК СО РАН, 2019б. С. 192–195.
- Соколов С.Д., Бондаренко Г.Е., Тучкова М.И., Лейер П. Тектоническая позиция и происхождение вулканогенно-осадочных образований Поляринского поднятия (Южно-Аннуйская сuture, Западная Чукотка) // Докл. РАН. 2006. Т. 410, № 6. С. 784–788.
- Читалин А.Ф., Усенко В.В., Фомичев Е.В. Баймская рудная зона — кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2013. № 6. С. 68–73.

Статья поступила в редакцию 20.10.2021;
одобрена после рецензирования 26.10.2021;
принята к публикации 28.04.2022.