

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬЕФА И
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ БУРЕЙНСКОГО И СИХОТЭ-АЛИНСКОГО ОРОГЕНОВ***Т.В. Меркулова, Г.З. Гильманова**ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена 65, 680000;
e-mail: merkulova@itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 15 мая 2022 г.

Буреинский и Сихотэ-Алинский орогены, расположенные на северо-востоке Амурской плиты, характеризуются разным уровнем сейсмической активности. Выполнен анализ строения орогенов по геофизическим данным и данным изучения особенностей рельефа с помощью программы WinLESSA, в результате чего получены линии преобладающей вытянутости роз-диаграмм, линеаменты, плотности линеаментов диагональных систем, общая плотность линеаментов, что является показателем тектонической нарушенности верхней части земной коры. На основе этих данных установлено, что тектоническому воздействию внешних источников (зоны Индо-Азиатского взаимодействия и Тихоокеанской плиты) подвержены оба орогена, но интенсивность процесса в Буреинском орогене выше. Тектоническая нарушенность близ-поверхностных горизонтов земной коры Буреинского орогена также повышена по сравнению Сихотэ-Алинским орогеном. Для первого орогена характерны крупные максимумы общей плотности линеаментов в основном северо-восточной или северо-западной ориентировки, локализованные вдоль осевой линии орогена, во втором случае отмечается серия более мелких максимумов плотности разного направления, хаотично распределенных по всему орогену. Исходя из анализа рельефа, мощности земной коры и магнитного поля, в северной части Буреинского орогена и южной части Сихотэ-Алинского орогена реализуется режим сжатия, в то время как остальные части орогенов подвержены растяжению.

Ключевые слова: глубинное строение, линеаменты рельефа, тектоническая нарушенность, сейсмичность, Буреинский ороген, Сихотэ-Алинский ороген.

ВВЕДЕНИЕ

Образование горных поднятий (синоним орогенез) сопровождается инфильтрацией мантийных флюидов в глубинные слои литосферы при горизонтальном сжатии. Процесс вызывает гранитизацию, разуплотнение земной коры, опускание границы Мохо и, как следствие, обеспечивает увеличение мощности земной коры и повышенный тепловой поток [2, 25]. Во внутриплитных условиях утолщение земной коры представляет собой остаточные деформации литосферы, созданные горизонтальными геодинамическими напряжениями со стороны границ плит [5, 9, 16, 30, 51]. Разуплотнение в земной коре и в более глубоких слоях литосферы приводит к проявлению орогенов в гравитационном поле минимумами силы тяжести. Структурные комплексы земной коры с пониженной плотностью во внутриплитных областях, как правило, характеризуются повышенной сейсмичностью [41, 49]. Действительно, большинство современных орогенов сейсмически активны [38, 46]. Однако сейсми-

ческая активность Буреинского (БО) и Сихотэ-Алинского (САО) орогенов, которые расположены в северо-восточной части Амурской плиты, сильно отличается (рис.1, врезка). В первом происходят землетрясения с магнитудой больше 5, в то время как второй практически асейсмичен – слабые коровые землетрясения единичны. По палеосейсмологическим данным, в обоих орогенах обнаружены следы достаточно сильных сейсмических событий [11]. Вопросы природы сейсмичности и прогнозирования сейсмоопасности требуют использования комплексной информации по следующим направлениям: геофизическая среда, ее структура, неоднородность и прочностные свойства; тектонические напряжения, их распределение и другие данные [26, 29]. Для целей сейсмопрогноза также необходимы сведения о пространственно-временной устойчивости или перестройке структурного плана земной коры и ее отдельных горизонтов [17]. Важным фактором сейсмичности является раздробленность земной коры, ее рассеченность разломами и трещи-

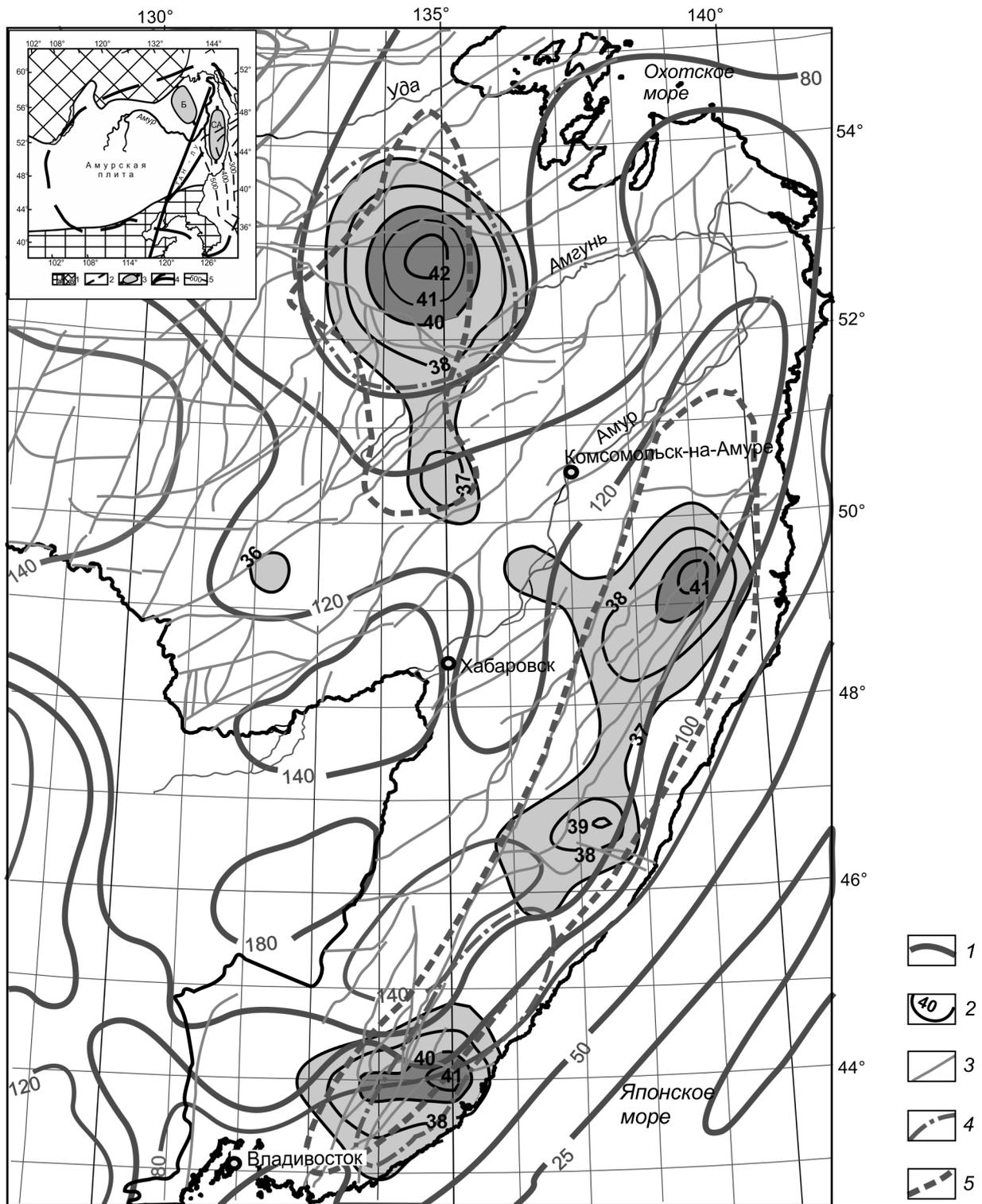


Рис. 1. Глубинное строение Буреинского и Сихотэ-Алинского орогенов.

1 – изолинии мощности литосферы (км) [47]; 2 – изолинии мощности земной коры (км) [55]; 3 – региональные разломы, по [14], 4 – зоны сжатия по анализу магнитного поля; 5 – границы минимумов силы тяжести. Светло-серым цветом показаны области повышенной мощности земной коры больше 36 км, темно-серым цветом – больше 40 км.

На врезке: 1 – Сибирский (а) и Северо-Китайский кратоны (б); 2 – границы Амурской плиты; 3 – орогены: Б – Буреинский, С-А – Сихотэ-Алинский; 4 – система разломов Тан-Лу; 5 – изолинии зоны субдукции, в км [56].

нами разных направлений [39]. Частично описанная информация об особенностях строения орогенов, их блоковой делимости, преобладающей направленности тектонических движений на неотектоническом этапе, а также нарушенности верхних горизонтов земной коры может быть получена из анализа рельефа и геофизических полей. Современный рельеф и геофизические поля отражают как унаследованные от древних процессов структурные формы, так и тектонические процессы недавнего прошлого, которые продолжают до сих пор, определяя уровень современной сейсмической активности орогенов [43].

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРОГЕНОВ

Район, в котором расположены оба орогена, характеризуется сложностью и гетерогенностью, что является результатом проявления различных по возрасту, содержанию и направлению тектонических процессов в зоне перехода океан – континент. В мезозойское время к основным событиям можно отнести закрытие Монголо-Охотского океана, субдукцию океанических плит Изаанаги, Кула под континент и переход к субдукции Тихоокеанской плиты, смену режима субдукции трансформными скольжениями океанической плиты вдоль континентальной окраины, которая у восточной окраины Азии произошла в интервале 115–110 млн лет назад [12]. Режим трансформной окраины сопровождался крупномасштабными горизонтальными перемещениями вдоль границы континент-океан с движением террейнов на север по системе левосторонних сдвигов [12, 54]. Одним из следствий процессов, происходящих в обстановке режима трансформной окраины, рассматривается образование альб-сеноманского окраинно-континентального орогенного пояса Тихоокеанской Азии, с синхронным ему гранитоидным магматизмом. Оба орогена являются составной частью этого пояса [54]. В позднем мелу изменение направления движения плиты Изаанаги от субдолготного до северо-западного привело к возобновлению субдукции, вещественным выражением процесса того времени является Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс [12].

В результате описанных выше процессов в структуре орогенов проявлены различные по возрасту, составу, происхождению породы и тела магматических образований. В БО присутствуют как палеозойские комплексы разной геодинамической природы, так и юрские комплексы аккреционных призм и приконтинентального турбидитового бассейна [4]. В САО совмещены террейны пород юрских и раннемеловых аккреционных призм, раннемеловых островных дуг и турбидитовых бассейнов [4].

На активизацию современных процессов в орогенах, несомненно, оказала влияние глобальная перестройка в связи с коллизией Индийской и Евразийской плит в кайнозой. Следствием перестройки рассматривается как образование Амурской плиты, так и ее смещение с запада на восток (юго-восток) [44, 45].

Произошло изменение характера перемещений вдоль системы сдвигов северо-восточного и субмеридионального направлений: с левосторонних на правосторонние [6]. Отдаленное воздействие тектонического стресса от Индо-Азиатской коллизии многие исследователи считают преобладающим, оказывающим значительное воздействие на современные геодинамические процессы и сейсмичность [6, 45]. Однако на регион может оказывать влияние и встречное сжатие под действием мантийного потока, генерированного глубоким погружением под континент тихоокеанского субдукционного слэба при движении Тихоокеанской плиты в северо-западном направлении [53].

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ОРОГЕНОВ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В структуре гравитационного поля оба орогена выражены минимумами силы тяжести. Интенсивность минимума БО значительно выше таковой САО (рис. 2). В пределах минимумов силы тяжести локализуется большинство поднятий горного рельефа с высотами от 1000 до 2000 м. В первом орогене такие горные вершины образуют значительные по размерам скопления, которые в северной части фиксируют локализацию разнонаправленных хребтов вдоль осевой линии субмеридионального направления. Меньшие по размерам скопления вершин в САО распределены рассеянным образом практически по всей площади отрицательной аномалии поля силы тяжести, но структуры в северной части отличаются большими размерами. Высокая роль разуплотнения земной коры путем ее гранитизации в развитии горообразовательного процесса отмечается по корреляции блоков земной коры с наибольшими значениями вертикальных неотектонических движений с высокой степенью насыщенности породных комплексов гранитоидными образованиями [7]. В магнитном поле орогены как единые структуры сжатия, для которых характерно отсутствие интенсивных аномалий, не проявлены. Слабоинтенсивное магнитное поле, характерное для областей сжатия, отмечается только в северной части Буреинского и на южной окраине Сихотэ-Алинского орогена (рис. 1, рис. 3).

Различие особенностей глубинного строения орогенов, прежде всего, выражаются в мощности

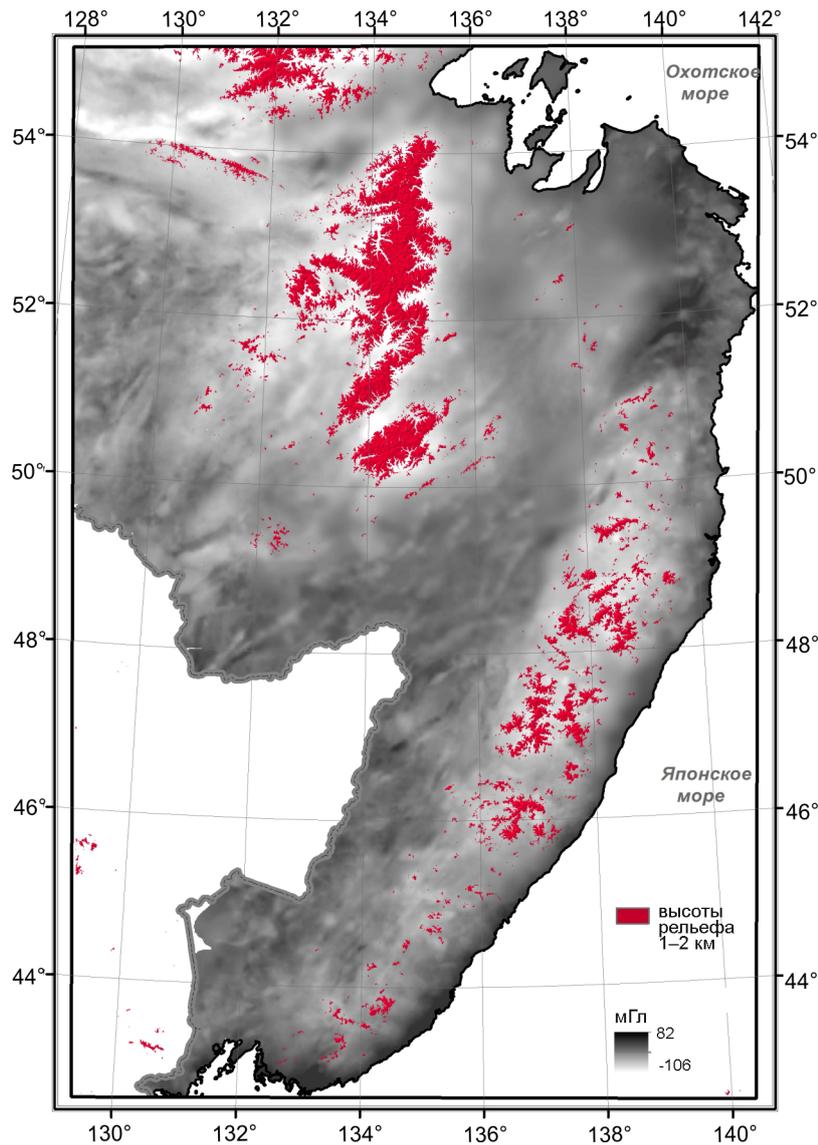


Рис. 2. Гравитационное поле в редукции Буге и распределение вершин горного рельефа с высотой 1000–2000 м.

литосферы (рис. 1). Большая часть БО коррелирует с аномалией подошвы литосферы субмеридиональной ориентировки 80 км, лишь в южной части эта величина достигает 100 км. В то время как подошва литосферы САО располагается на глубине 100–120 км, только в крайней южной части эта величина достигает 80 и менее км [47]. БО как единая структура повышенной мощности земной коры выражен по изолинии 36 км. При этом максимальная величина в северной его части достигает 42 км, а к югу уменьшается до 37 км. В САО наибольшей величиной в 41 км мощность земной коры характеризуется в крайних южной и северных окончаниях, а в центре эта величина имеет минимальное значение – 39 км [55] (рис. 1).

Результаты плотностного моделирования показывают, что распределение плотностных аномалий в земной коре имеет преимущественно мозаичный характер. Линейные низкоплотностные неоднородности литосферной мантии отмечаются ниже границы Мохоровичича: субмеридиональная в БО и северо-северо-восточная в САО [13]. В работе [35] сделана попытка объяснить природу гравитационных минимумов с помощью моделирования методом послойного определения плотности. Показано, что разуплотнение в БО (Баджальский минимум) обусловлено в большей мере геологическими образованиями нижней коры. В САО разуплотнение связано с средне-верхнекоревой составляющей.

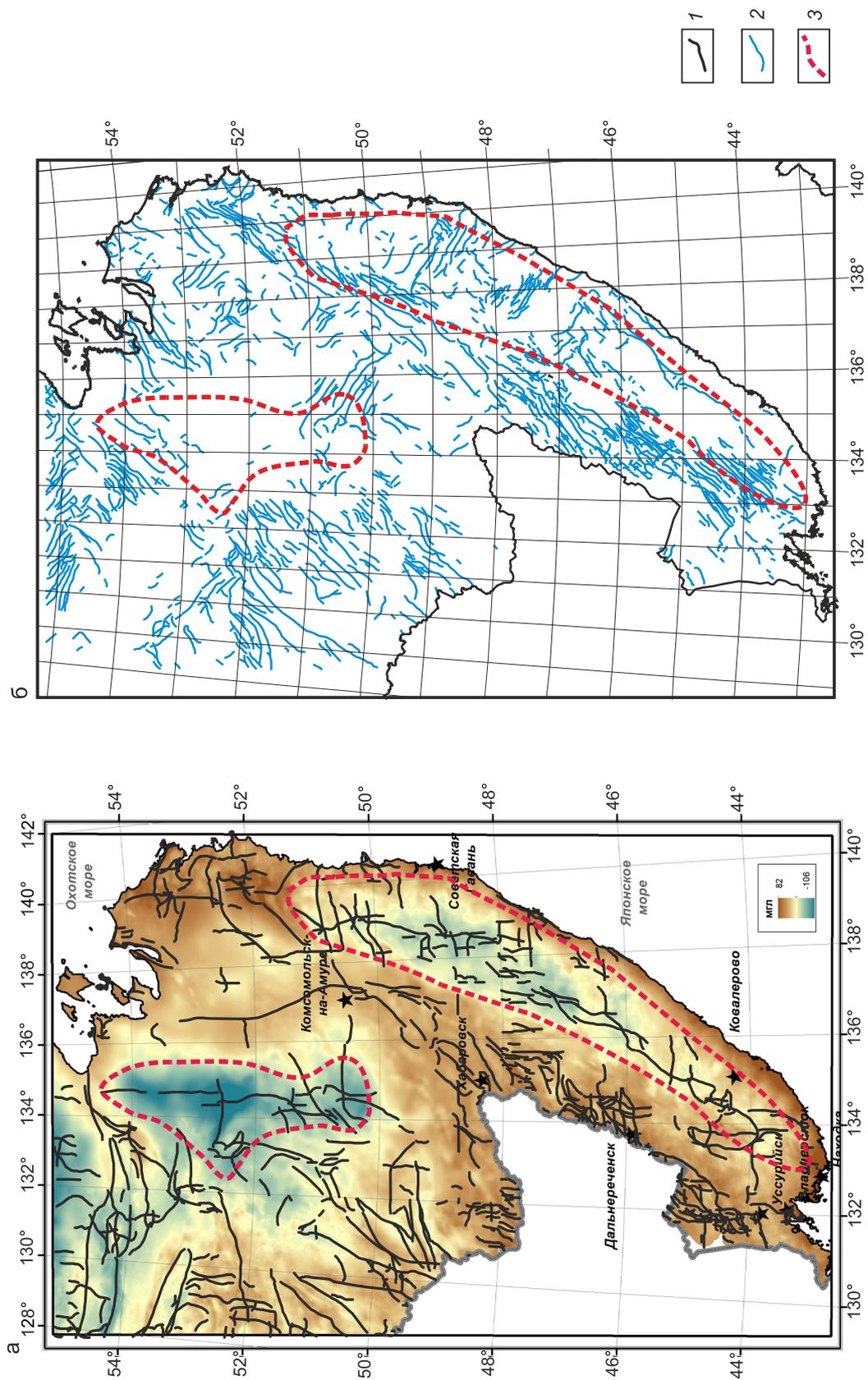


Рис. 3. Оси региональных гравитационного поля, совмещенные с наблюдаемым полем, (а) и оси аномалий магнитного поля СВ и СЗ направления (б).

1 – оси аномалий гравитационного поля; 2 – оси аномалий магнитного поля; 3 – границы минимумов силы тяжести.

Районы орогенов слабо изучены геотермическими методами. Имеются только единичные измерения на окраине БО и более десятка измерений в САО. В окраинной части БО тепловой поток характеризуется значениями 40–56 мВт/м², в единичном случае достигает 90 мВт/м². В САО эта величина составляет 44–68 мВт/м² [8]. Информацию о тепловом режиме орогенов могут предоставить данные магнитного поля. Расчеты геотермического градиента, выполненные по этим данным, в целом оценивают его величину в 19.8–27.9 град/км. Локальные области более высоких градиентов до 33–42 град/км установлены аналогично распределению минимальной глубины подошвы магнитоактивного слоя [10].

По данным МТЗ, земная кора в САО характеризуется блоками с высокими сопротивлениями свыше 1000 Ом·м, разделенными зонами пониженных значений [21–23]. Положение зон низких сопротивлений на северном Сихотэ-Алине совпадает с основными разломами, за исключением Центрально-Сихотэ-Алинского, расположенного в пределах высокоомного блока. Основные разломы в южном Сихотэ-Алине расположены в высокоомных блоках, что связывается с режимом сжатия. Подкорковая мантия северной части более низкоомна, чем южной. Мощность подкорковой мантии под Северным Сихотэ-Алинем так же больше. Область пониженного сопротивления в мантии северной части расположена на глубине 40–120 км, а в южной – от 30–40 до 80 км. В БО работы методом МТЗ выполнены только в южной части. Для земной коры характерны высокоомные образования (до 1000–2000 Ом·м), разделенные зонами низких сопротивлений. Наиболее крупная низкоомная зона (10–50 Ом·м) выделяется по линии профиля п. Ургал–п. Березовый в диапазоне глубин 0–30 км [36]. На глубинах 100–200 км БО характеризуется более низкими сопротивлениями 50–200 Ом·м, в то время как для САО эта величина составляет 400–500 Ом·м [20].

МЕТОДИКА

Анализ геофизических полей выполнен с использованием карт гравитационного и магнитного полей масштаба 1:1 000 000 и программного комплекса КОСКАД-3Д, разработанного А.В. Петровым [33]. Данные наблюдаемого гравитационного и магнитного полей были подвержены разложению на составляющие с выделением региональной компоненты. Далее была выполнена процедура трассирования осей аномалий. В результате были построены схемы осей крупных аномалий гравитационного и магнитного полей, что дает информацию о направленности и расположении достаточно крупных линейных неоднородностей глубинных горизонтов литосферы.

Данные гравитационного поля характеризуются большей глубинностью по сравнению с магнитным полем. Аномалии магнитного поля несут также информацию о геодинамическом режиме – сжатии или растяжении. Для режима сжатия характерно спокойное и слабоинтенсивное магнитное поле, свидетельствующее об обеднении магнитными минералами. Напротив, появление аномалий высокой или повышенной интенсивности магнитного поля, отражает обогащение магнитными минералами магматических пород, образование которых произошло в режиме растяжения [34].

Анализ рельефа направлен на выделение линеаментов, которые рассматриваются как зоны спрямленных элементов рельефа земной поверхности, системно-упорядоченных под действием тектонических полей напряжений и отождествляемых с различными формами тектонических нарушений: от трещин и разрывов до крупных зон разломов [28, 40]. Линеаменты могут фиксировать дайки основных и кислых пород, зоны дробления, милонитизации, расщепления и интрузивные контакты, которые также отражают тектоническую нарушенность региона [18, 19]. Исходным материалом для получения линеаментов рельефа и их анализа послужили цифровые модели рельефа (ЦМР), полученные по результатам радиолокационной космической съемки SRTM-03. Статистический анализ элементов рельефа проводился с применением методики LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), реализованной в программе WinLESSA [57]. В данной работе получены линеаменты рельефа, которые отражают активные в современную эпоху разрывные нарушения разного ранга [32]. Также рассчитаны плотности линеаментов диагональной системы (СВ и СЗ), косвенно отражающие воздействие внешних сил. Системы линеаментов СВ направления в большей мере активизируются под воздействием процессов коллизии Индийской плиты [6, 44]. Структуры рельефа северо-западного направления согласны с направлением движения Тихоокеанской плиты. В работе представлена схема общей плотности линеаментов всех направлений как показателя тектонической нарушенности верхних горизонтов земной коры, связанного с интенсивностью неотектонических движений [3, 32, 39].

Программа Winlessa предоставляет возможность использовать процедуру фильтрации снимков рельефа, т. е. проводить сжатие изображения. Исходные снимки подвергались фильтрации в 2, 4 и 8 раз (0.5, 0.25, 0.125), с последующим расчетом всех статистических характеристик, в том числе построения роздиаграмм и линий их преобладающей вытянутости. При этом происходит фильтрация мелких деталей в результате генерализации изображения, что способствует объединению разрозненных фрагментов круп-

ных образований в единое целое и позволяет выявлять структурные особенности рельефа на каждом уровне рассмотрения. Наиболее хорошо результаты фильтрации снимков видны на картах линий вытянутости роз-диаграмм, которые характеризуют преобладающее направление структур рельефа. Если на исходном снимке отображаются все мелкие структурные особенности, то по мере фильтрации выделяются только крупные региональные структуры, отображающие направленность современных тектонических процессов. Процедура фильтрации выполнена как для всего региона, так и отдельно для каждого орогена. В результате получены карты преобладающих линий вытянутости и их интегральная характеристика – глобальная роза-диаграмма для каждой степени фильтрации снимков. Организованность линеаментных структур, по мнению большинства исследователей, определяется глобальными глубинными закономерностями в распределении поля напряжений в литосфере и земной коре [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оси региональных аномалий гравитационного поля демонстрируют в пределах орогенов преобладание аномалий СМ и СШ ориентировок, только в южной части БО и северной САО отмечаются линейные структуры СВ направления. Как в орогенах, так и во всем регионе СЗ аномалии гравитационного поля единичны (рис. 3, а). Оси региональных магнитных аномалий имеют разную ориентировку, но доминируют аномалии СВ и СЗ ориентировки, которые приведены на рис. 3, б. Крупные СВ аномалии магнитного поля распространены с западной стороны от орогенов, более мелкие наблюдаются в пределах орогенов. Аномалии СЗ ориентировки отмечаются на южном окончании БО и характерны для северной части САО (рис. 3, б).

Анализ линий вытянутости роз-диаграмм Амурской плиты демонстрирует преобладание северо-восточного направления. Линии вытянутости этого направления в большинстве случаев образуют линейные зоны сгущений значительной протяженности (рис. 4, а). Только в северо-восточной части отмечается обширная область преобладания линий СВ направления площадного распространения. При этом, эта область захватывает южную часть БО, в то время как основная часть линий вытянутости СВ направления занимает пространство между двумя орогенами. Для северной части БО характерно распространение редких линий СЗ ориентировки. САО характеризуется отсутствием преобладания в розах-диаграммах какого-либо направления, только в центральной части отмечается сеть субширотных (СШ) линий, разделяю-

щая ороген на две части. При этом густая сеть линий вытянутости северо-восточного направления обрамляет этот ороген с западной и северо-западной стороны (рис. 4, а).

Далее выполнен детальный анализ линий преобладающей вытянутости роз-диаграмм без фильтрации и с разной степенью фильтрации. Розы-диаграммы для всего исследуемого региона снимков без фильтрации демонстрирует практически изометричный облик диаграммы, что свидетельствует об отсутствии преобладания какого-либо направления в мелких элементах рельефа. По мере увеличения степени фильтрации снимков происходит усиление в общей диаграмме СВ направления (рис. 4, б). При максимальной степени фильтрации (0.25 и 0.125) отчетливо видны отличия в распределении и густоте линий в пределах разных частей орогенов. В БО характерно явное преобладание густой сети линий северо-восточного направления в южной части, в то время как в северной части отмечается разрозненная сеть линий вытянутости как СЗ, так СШ и СВ ориентировок (рис. 4, б).

В САО при уровне фильтрации 0.5 линии вытянутости и их сгущения характеризуются разными направлениями. При фильтрации (0.25), наряду с областями сгущения линий вытянутости СВ направления, проявлены линии СШ и СЗ. При дальнейшей фильтрации (0.125) преобладающим становится СВ направление, только в центральной части появляются СШ линии (рис. 3, б). Детальный анализ линий вытянутости снимков без фильтрации на уровне мелких структур только районов орогенов (гравитационных минимумов) в обоих случаях выявил преобладание субмеридиональных (СМ) структур. При увеличении степени фильтрации в обоих орогенах отмечается усиление СВ направления (рис. 4, в).

Схема линеаментов показывает, что в обоих орогенах представлены линеаменты разного направления, но доминируют линеаменты диагональной системы: СВ и СЗ направлений (рис. 5, а). В БО отмечается явное преобладание диагональной системы линеаментов, образующих структуры ромбовидной формы. Для северной части орогена характерна большая степень нарушенности линеаментами рельефа. Сравнивая линеаменты диагональной системы в этом орогене, можно сказать, что линеаменты СВ простирания более яркие и часто образуют сгущения, значительные по длине. К областям сгущения линеаментов как СВ, так и СЗ, приурочены землетрясения с $M \geq 2.5$ (рис. 5, б). Рисунок линеаментов САО существенно отличается. Здесь преобладают менее протяженные линеаменты, которые формируют сгущения разного направления: СВ, СЗ, СШ (рис. 5, а).

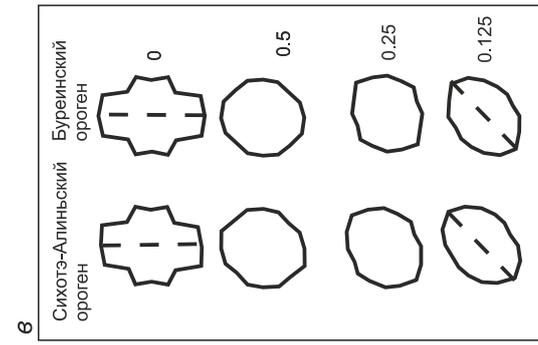
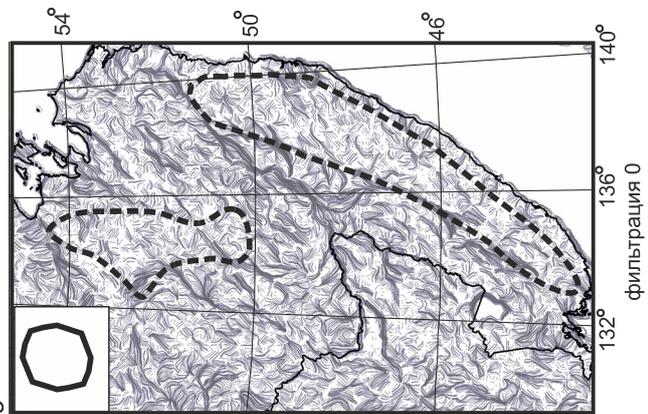
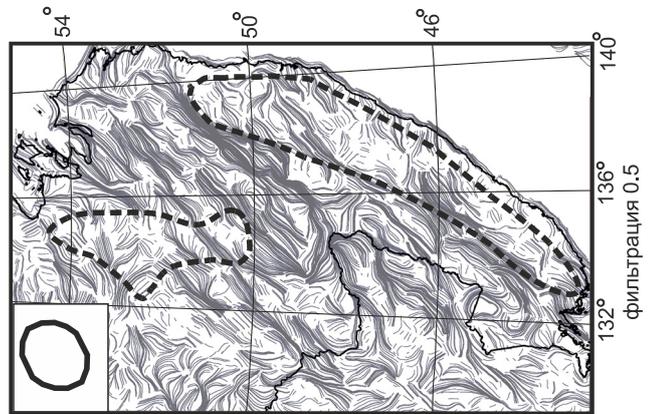
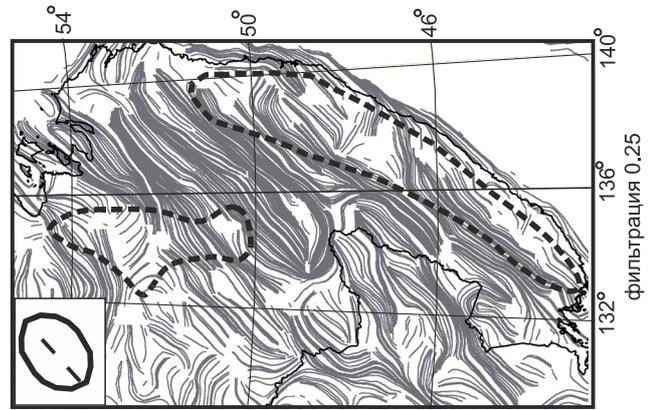
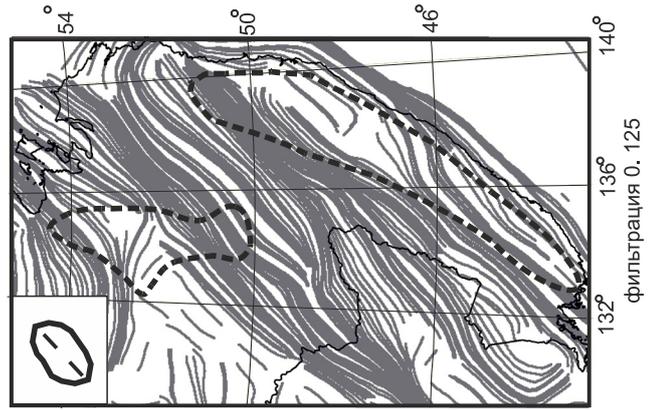
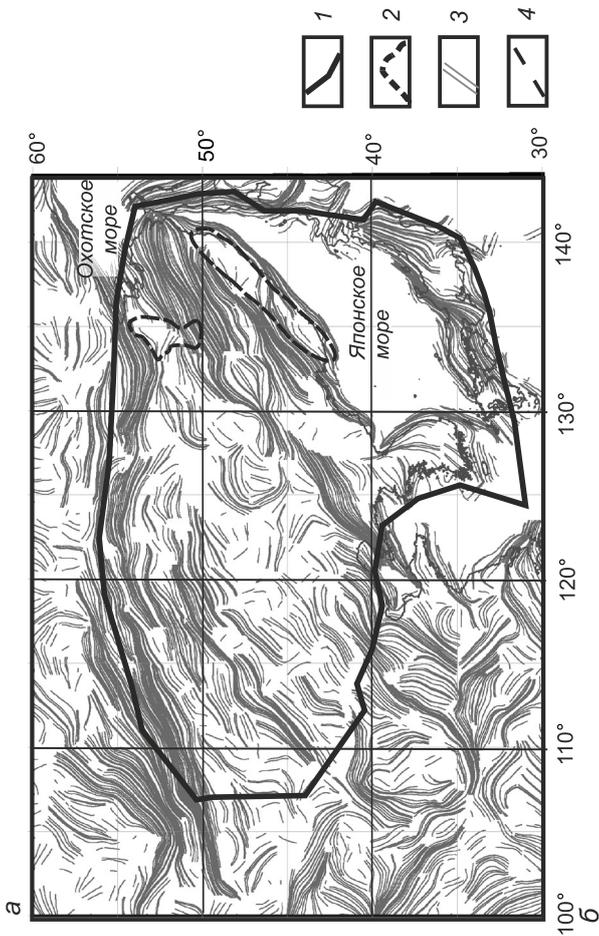


Рис. 4. Линии преобладающей вытянутости роз-диаграмм линейных элементов рельефа: *а* – Амурской плиты; *б* – детальный анализ при разной степени фильтрации региона работ; *в* – розы-диаграммы линейной вытянутости для Буреинского и Сихотэ-Алиньского орогенов.

1 – границы Амурской плиты; 2 – границы минимумов силы тяжести; 3 – линии вытянутости роз-диаграмм; 4 – оси максимальной вытянутости роз-диаграмм.



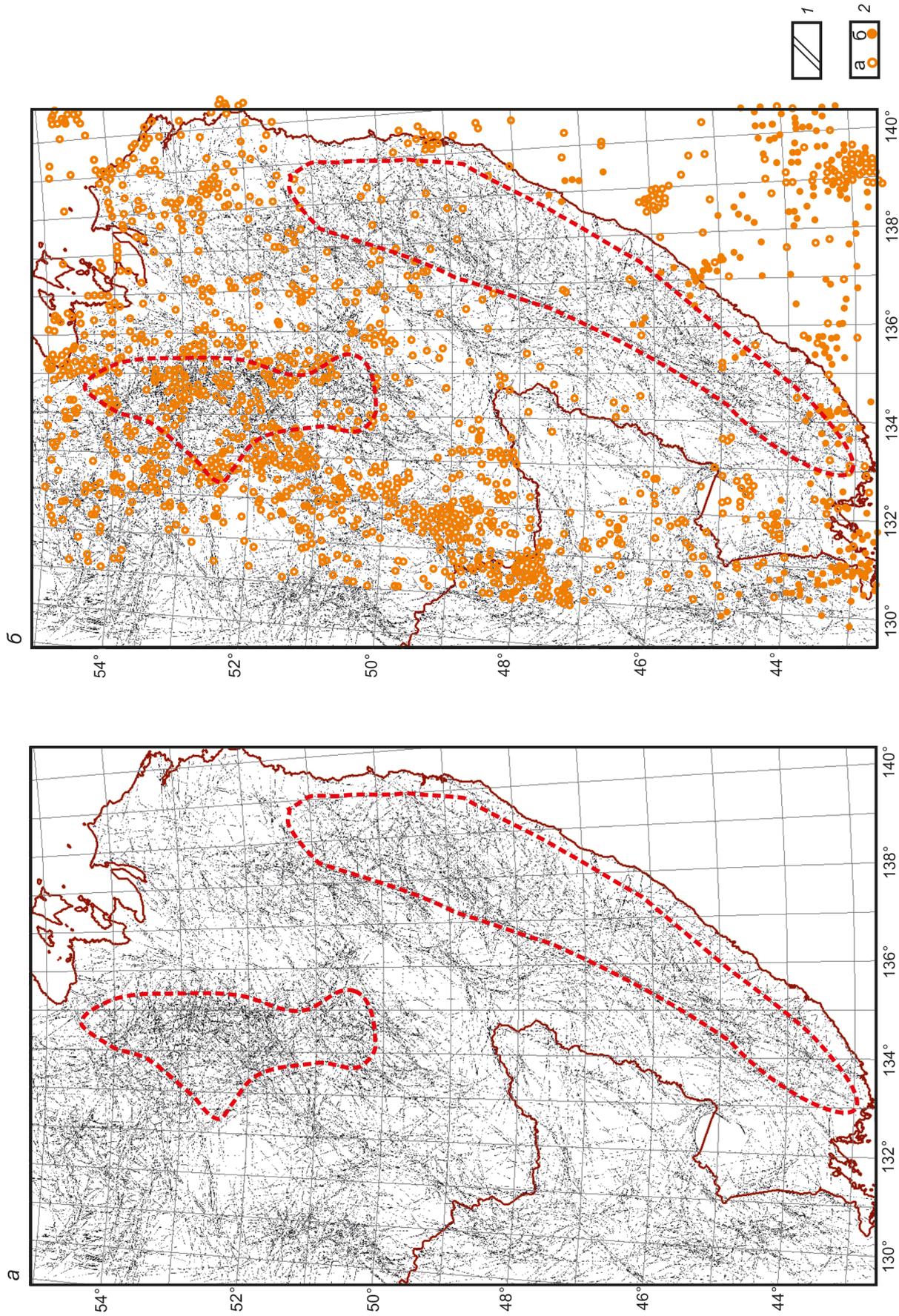


Рис. 5. Рисунок линейментов (а) и распределение землетрясений с $M \geq 2.5$ (б).

1 – линейменты; 2 – землетрясения с $M \geq 2.5$ с глубиной очага менее 50 км (а) и глубиной очага более 50 км (б). Остальные условные на рис. 3.

Распределение плотности СВ линеаментов показывает, что южная часть БО расположена в зоне аномалии высокой интенсивности, к которой приурочены редкие аномалии магнитного поля аналогичного направления. В САО отмечаются две локальные зоны повышенной плотности меньших размеров этого направления (рис. 6, *a*). Аномалии высокой плотности линеаментов СЗ простирания в большей мере характерны для северной части БО. Относительно менее интенсивная аномалия южной части коррелирует с серией аномалий СЗ направления магнитного поля. Для САО в большей мере характерны аномалии плотности средней и повышенной интенсивности, которые в центральной части орогена коррелируют с аномалиями магнитного поля (рис. 6, *b*).

На карте общей плотности линеаментов всех направлений видно, что максимумы плотности в БО отличаются большими размерами. Отмечаются как максимумы плотности сложной формы, так и линейно вытянутые с преобладанием СВ направления в южной части и СЗ на севере. Для САО характерно хаотичное распределение максимумов плотности по всему орогену. Наиболее крупные максимумы в северной части имеют СМ ориентировку. Для центральной части характерны относительно мелкие максимумы плотности, ориентированные в СЗ, СШ и СМ направлениях. В южной части достаточно крупный максимум плотности вытянут в северо-восточном направлении (рис. 7).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ линеаментов и их плотностей, преобладающих линий вытянутости роз-диаграмм рельефа, как всей Амурской плиты, так и отдельно района Приамурья и Приморья, аномалий магнитного поля показывает, что наибольшей геодинамической активностью в регионе на неотектоническом этапе характеризуются линеаменты СВ направления (рис. 4–6). Линии вытянутости роз-диаграмм для всей Амурской плиты СВ направления преобладают и образуют линейные сгущения значительной длины, а иногда и зоны площадного распространения (рис. 4, *a*). Оси крупных аномалий гравитационного поля наряду с СМ и СШ часто имеют и СВ ориентировку, в то время как СЗ аномалии единичны (рис. 3, *a*). Преобладание СВ направления отмечается и в осях аномалий магнитного поля, фиксирующих магнитоактивные тела в верхней части земной коры (рис. 3, *b*). Т.е. СВ направление представлено как в глубинных структурах, информация о которых содержится в аномалиях гравитационного поля, так и верхней части земной коры (аномалии магнитного поля), и достигает дневной поверхности, где изучены линеаменты рельефа. СЗ струк-

туры проявлены только в магнитном поле и рельефе дневной поверхности. Полученный вывод согласуется с данными предшествующих работ, демонстрирующих преобладание СВ направления в структурах рельефа, разломов, установленных по геологическим данным, и упорядоченности сейсмоактивных зон в этом направлении [14, 44, 45, 52]. Правосдвиговая активизация северо-восточных и меридиональных разломов с палеоцен-эоценового времени связывается рядом авторов с интенсивным давлением с юго-запада со стороны Индийской плиты [6, 45]. Можно полагать, что влияние Тихоокеанской плиты, перемещающейся в северо-западном направлении, осуществляется в большей мере на структуры аналогичного направления. Значительное преобладание линеаментов СЗ направления, согласно линиям преобладающей вытянутости и плотности линеаментов СЗ ориентировки, отмечается в северной части БО и характерно для небольших участков САО (рис. 4, *b*; рис. 6, *b*). Более слабое воздействие Тихоокеанской плиты, погружающейся под континент до глубины в несколько сотен км, объясняется тем, что эта океаническая плита служит экраном для мантийного течения со стороны срединно-океанических хребтов и не позволяет ему интенсивно распространяться далее на континент. В случае Индийской плиты отрыв мантийной части литосферы разрушил экран на пути направленного на север-северо-восток верхнемантийного потока. Полагается, что Индийская литосферная плита субдуцирована почти горизонтально только до глубины 165–260 км [17].

Геодинамическое воздействие внешних сил, косвенным выражением которых являются линеаменты диагональной системы, большей интенсивности испытывает БО. САО в линиях преобладающей вытянутости выделяется как единый обособленный блок, отсутствием преобладания линий какого-либо одного направления на диаграммах, за исключением сгущения СШ линий в его центральной части (рис. 4, *a*). При этом густая сеть линий СВ направления доходит до Центрально-Сихотэ-Алиньского разлома, ограничивающего ороген с западной стороны, и обрывается около него. В то же время БО в его южной части находится под интенсивным воздействием процессов, вызывающих высокую активность линеаментов СВ направления, что демонстрируется как доминированием линий СВ направления в розах-диаграммах Амурской плиты, так и более детальными исследованиями структуры орогенов с разной степенью фильтрации снимков и подтверждается интенсивной аномалией плотности линеаментов СВ направления (рис. 4, *a, b*; рис. 6, *a*). В северной части БО отмечается СЗ направление линий преобладающей вытянутости, которое коррелирует с аномалиями повышенной

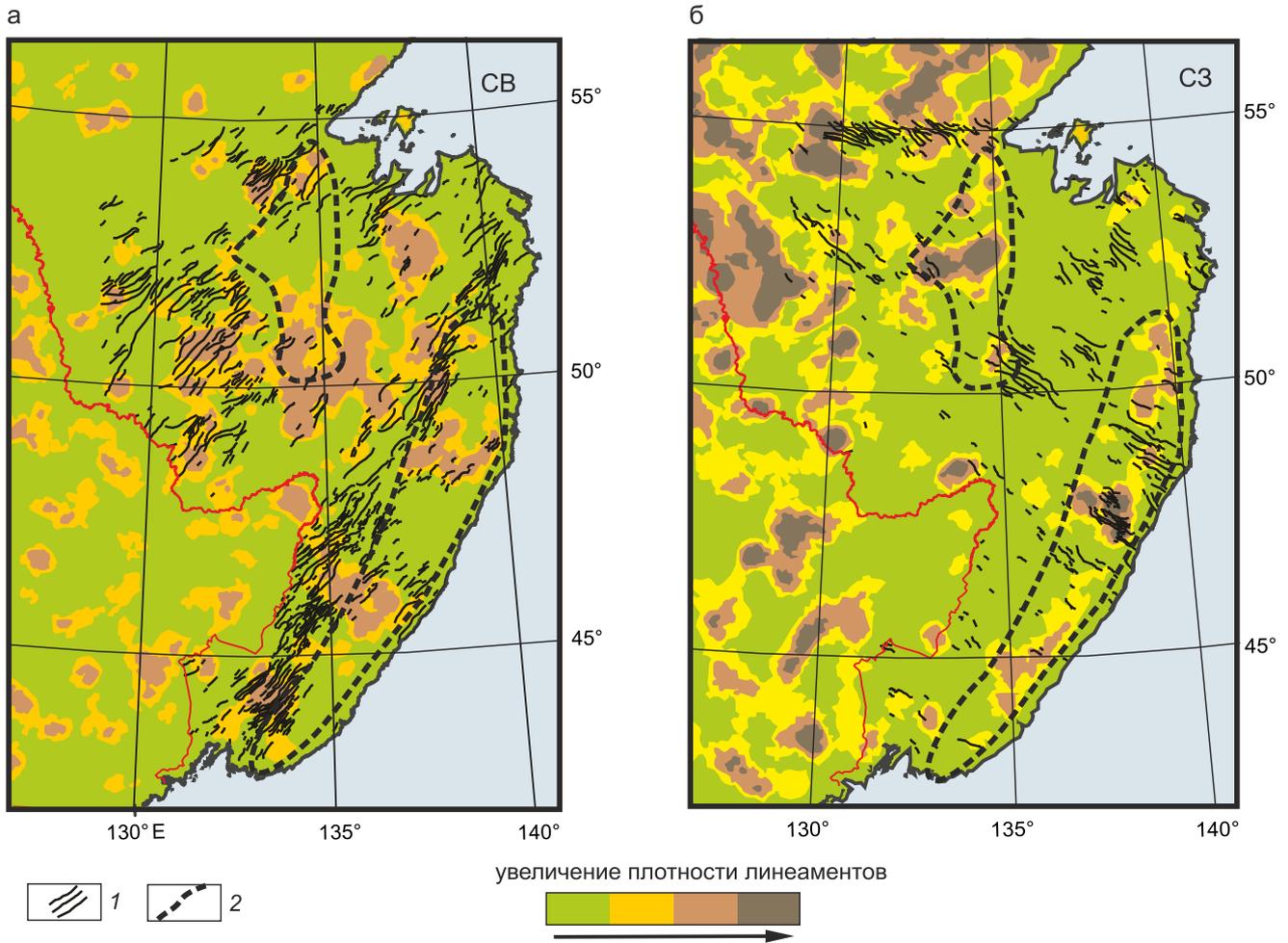


Рис. 6. Сопоставление плотности линеаментов: северо-восточного направления (*а*), северо-западного направления (*б*) с аномалиями магнитного поля аналогичной ориентировки.

1 – оси аномалий магнитного поля; 2 – границы минимумов гравитационного поля.

плотности СЗ линеаментов значительной интенсивности (рис. 6, *б*). Аналогичная аномалия плотности линеаментов СЗ в САО обнаруживается только в центре орогена (рис. 6, *б*). Значительная интенсивность геодинамического воздействия на БО подтверждается СВ аномалиями геофизических полей (рис. 3, *а*). С западной стороны от орогена наблюдается широкая сеть аномалий СВ ориентировки, проявленные как в гравитационном, так и магнитном полях (рис. 3, *а, б*).

Таким образом, оба орогена на неотектоническом этапе подвержены внешнему воздействию, косвенным выражением которого являются преобладание линий вытянутости СВ и СЗ направлений, аномалий плотности линеаментов этих направлений, но более интенсивное воздействие внешние источники оказывают на БО. На схеме линеаментов также видно, что в БО преобладают линеаменты СВ и СЗ направлений значительной длины, которые в некоторых местах

сгущаются и пересекаясь формируют структуры ромбовидной формы. Структуры подобного типа изучены в осадочных бассейнах, называются деформационными ячейками и определяются как структуры ромбической формы, где на гранях реализуются и взаимно компенсируются процессы от внешнего приложения сил сдвигового поля напряжений [48]. Такое устройство сетки разломов диагональных систем отмечается в других сейсмоактивных областях, что связывается с преобладанием одностороннего тангенциального сжатия [50, 51]. В пределах БО землетрясения с $M \geq 2.5$ приурочены к сгущениям линеаментов, обнаруживая локализацию событий как в СВ направлении, так иногда и в СЗ. Это, вероятно, соответствует умеренному уровню внешнего геодинамического воздействия, в то время как для слабого режима характерно хаотическое возникновение слабых землетрясений. При увеличении вынуждающих сил сейсмогеодина-

мическая система переходит в качественно новое и более организованное состояние [50].

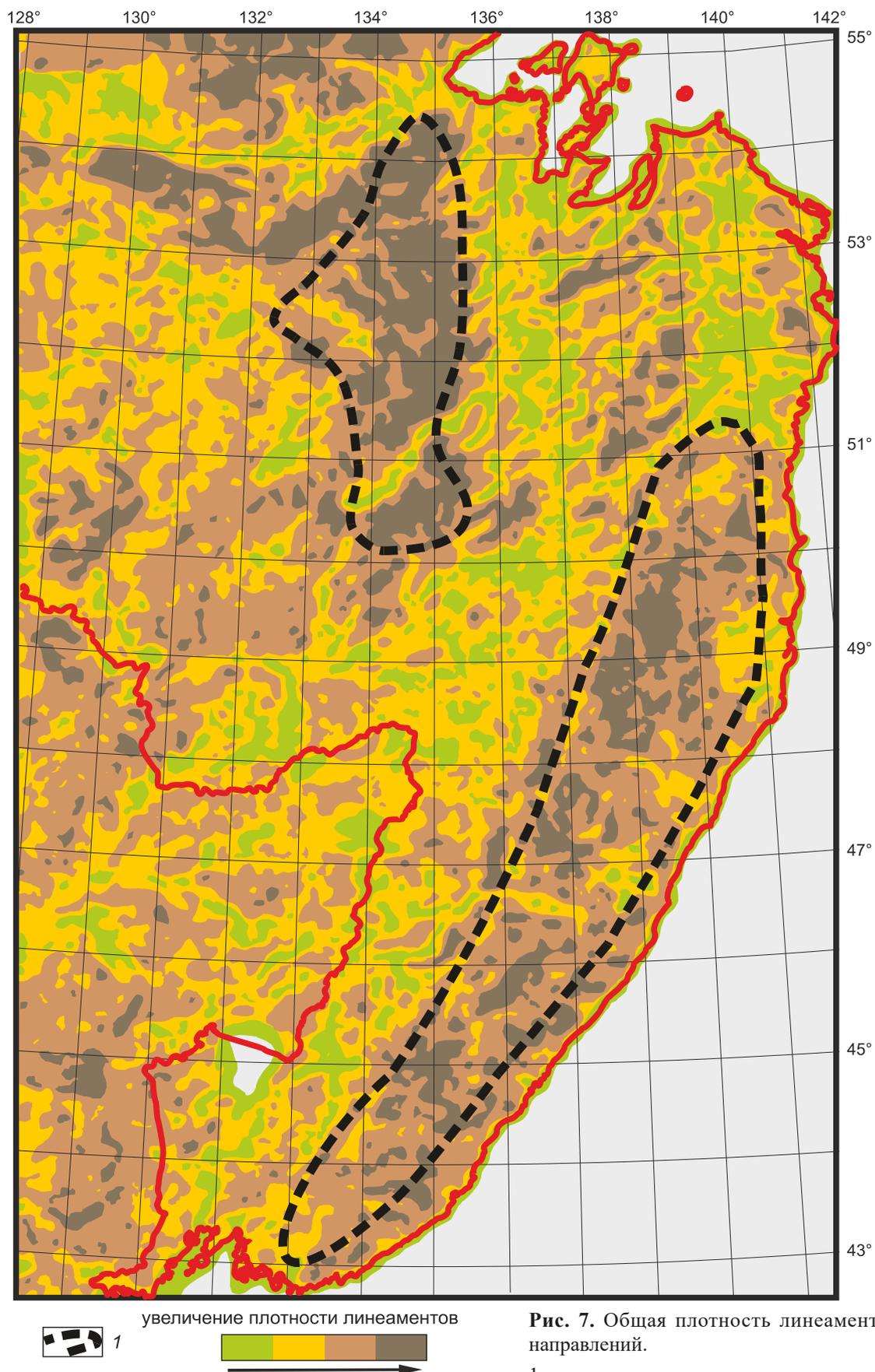
Детальный анализ линий вытянутости региона показал, что на уровне мелких разломных структур преобладания какого-либо направления не обнаруживается (рис. 4, б). В то время как розы-диаграммы районов гравитационных минимумов демонстрируют преобладание СМ структур, что позволяет предполагать, что в процессе образования орогенов активизация разломов этого направления занимала важную роль. По данным анализа крупных аномалий гравитационного поля, БО корреспондирует с крупной аномалией СМ направления, осевая часть аномалии, фиксируется глубинным разломом значительной длины, со слабыми смещения в областях пересечений с разломами СШ и СВ простирания (рис. 3, а). Существование этого разлома подтверждается зоной аномально пониженных значений V_p/V_s [27]. В CAO система СМ аномалий представлена серией разобщенных структур меньших размеров, что указывает на более высокую степень раздробленности и значительные смещения по СМ разрывам, контролирующие проявленные в аномалиях плотностные неоднородности (рис. 3, а). Этот факт позволяет предполагать, что глубинные горизонты CAO в большей мере, чем в БО, были подвержены сдвиговым деформациям в обстановке трансформной окраины. По мнению некоторых исследователей, только линейно протяженные разломные структуры верхней части земной коры, отвечающей условиям хрупкой реологии, способны аккумулировать относительно сильные сейсмические события [1]. Наличие значительного по длине разрыва СМ ориентировки в БО может быть одним из факторов, обуславливающим его повышенную сейсмичность. По геологическим данным СМ разрывы древнего заложения в регионе выявляются в единичных случаях, но часто обнаруживаются в качестве скрытых глубинных структур регионального или даже планетарного уровня, доступные для миграции мантийных флюидов и контролирующие крупные металлогенические пояса [31, 37, 42]. Разобщенность СМ разломов и разрывов других направлений привело к тому, что в структуре линий вытянутости Амурской плиты ороген выделяется отсутствием преобладающего направления с восточной стороны Центрально-Сихотэ-Алинского разлома. Разная динамика по обе стороны этого разлома установлена на неотектоническом этапе по анализу речной сети: суммарный тренд за неотектонический этап демонстрирует воздымание разной интенсивности восточнее и преобладание процессов денудации и эрозии западнее [15, 43].

Плотность линеаментов всех направлений можно рассматривать как показатель тектонической на-

рушенности близповерхностных горизонтов земной коры (рис. 7). Максимумы плотности в БО имеют значительные размеры с преобладанием СЗ и СВ ориентировки, которые локализуются вдоль осевой линии региональной аномалии гравитационного поля. Максимумы плотности линеаментов в CAO, отличаются меньшими размерами и разным направлением, хаотично распределенные по всей его площади. Повышенная тектоническая нарушенность близповерхностных горизонтов земной коры БО подтверждается интенсивными аномалиями плотности СВ линеаментов в южной части и СЗ линеаментов в северной части (рис. 6, а; б). Преобладание в максимумах общей плотности линеаментов СВ и СЗ направлений в БО также свидетельствует в пользу наибольшего воздействия внешних сил на неотектонические процессы в этом орогене.

Представленная выше картина линеаментов и их плотностей, характер магнитного поля, колебания мощности литосферы и земной коры демонстрируют блоковое устройство орогенов на неотектоническом этапе. Блоки, в которых до сих пор реализуется режим сжатия, характеризуются максимальным утолщением земной коры до 42 км (северная часть БО) и 41 км (южная часть CAO). В этих частях орогенов отмечается подъем кровли астеносферы, соответствующий минимальными значениями глубины подошвы литосферы 80 км и менее. Области блоков также проявлены как зоны сжатия в магнитном поле: отмечается слабоинтенсивное поле, обусловленное комплексами пород, обедненных магнитоактивными минералами [34]. В рисунке линий вытянутости областей сжатия (при фильтрации снимков 0.5) отмечаются разные направления линий преобладающей вытянутости (рис. 4, б). В обоих случаях перед зонами сжатия наблюдается сеть магнитных аномалий СВ направления, характерных для режима растяжения.

Как известно, земная кора орогенов характеризуется повышенной мощностью, в соответствии, с чем те части орогенов, которые в настоящее время подвержены режиму растяжения, должны отличаться пониженной мощностью земной коры. Минимальная мощность (37 км) в БО наблюдается в его южной части и сопровождается опусканием кровли астеносферы от 80 до 100 и более км. В CAO в северной части мощность земной коры составляет 41 км, понижаясь к центру до 39 км. Слабое понижение мощности земной коры в крайней северной части, возможно, связано с тем фактом, что изначально эта часть была поднята выше и имела большую мощность земной коры. Подошва литосферы опущена до глубины 100–120 км. Интенсивные магнитные аномалии, характерные для



режима растяжения, имеют как СЗ, так и СВ ориентировку, но СЗ аномалии проявлены лучше (рис. 6, а, б).

Таким образом, на неотектоническом этапе в БО северная часть, а в САО южная часть подвержены режиму сжатия. Напротив, южная часть БО и северная часть САО находятся в условиях растяжения. Для последнего орогена отмечается согласование режимов сжатия и растяжения с данными МТЗ. На северном Сихотэ-Алине положение зон низких сопротивлений совпадает с основными разломами (за исключением Центрально-Сихотэ-Алинского), что рассматривается как признак растяжения. Основные разломы в южном Сихотэ-Алине расположены в высокоомных блоках, характерных для режима сжатия [21, 22]. Так же в общих чертах отмечается согласование режимов сжатия с амплитудой современных вертикальных движений по данным повторных нивелировок в Буреинском орогене. В северной части орогена наблюдается поднятие со скоростью до 5.2 мм/год, в то время как в южной части характерно опускание [24]. Для большей части САО таких оценок не получено, но в южной окраине орогена отмечается серия поднятий с амплитудой от 2.6 мм/год [24].

Вероятно, повышенная сейсмичность БО вызвана более интенсивным геодинамическим воздействием внешних сил, к которым относятся коллизия Индийской плиты и субдукция Тихоокеанской плиты. Определенный вклад вносит тектоническая нарушенность близповерхностных горизонтов земной коры, а возможно и строение сети разломов. В САО нарушенная мелкими разломами разных ориентировок земная кора не способна накопить в больших объемах упругие напряжения, достаточные для провоцирования сильных землетрясений [51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В регионе, в целом, и для ороменов на неотектоническом этапе значительная геодинамическая активность характерна для структур СВ направления, что рассматривается следствием тектонического стресса от зоны Индо-Азиатского взаимодействия. Только на отдельных участках в пределах ороменов отмечается преобладание СЗ линеаментов. Оба орогена подвержены воздействию внешних источников, но интенсивность воздействия на БО выше.

2. Тектоническая нарушенность верхних близповерхностных горизонтов земной коры БО повышена по сравнению САО. Для первого характерны крупные максимумы общей плотности линеаментов с преобладанием СВ и СЗ направления, для второго – серия более мелких разноориентированных максимумов плотности, хаотично распределенных по всему орогену.

3. Исходя из анализа рельефа, мощности земной коры и магнитного поля для ороменов выявляется блоковое строение. Для северной части БО и южной части САО характерен режим сжатия, в то время как другие части ороменов находятся в условиях растяжения, что согласуется с данными МТЗ и амплитудой современных вертикальных движений.

4. Необходимы дальнейшие исследования строения земной коры ороменов (особенно Буреинского орогена) методами МТЗ, МОВЗ, которые могут предоставить данные о различии в строении земной коры и верхней мантии.

Исследования выполнены в рамках государственных заданий Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН при финансовой поддержке РНФ (обработка цифровых моделей рельефа, грант № 22-17-00023).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев А.С., Егоров А.С. Особенности глубинного строения Байкало-Становой региональной сдвиговой зоны по геологическим, геофизическим и дистанционным данным в створе профиля 3 – ДВ (южный участок) // Региона. геология и металлогения. 2017, № 70. С. 36–40.
2. Артющков Е.В. Новейшие поднятия земной коры как следствие инфильтрации в литосферу мантийных флюидов // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 6. С. 738–760.
3. Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. Связь линеаментов космических снимков и эпицентров землетрясений в пределах Байкальской рифтовой зоны // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 4. С. 219–230.
4. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2-х кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн.1. 572 с.
5. Гилод Д.,А., Соколова Т.Б., Булычев А.А. Информативность гравитационных и магнитных данных для исследования строения и эволюции тектоносферы региона южной Атлантики // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2010. № 5. С. 51–62.
6. Голозубов В.В., Ханчук А.И., Симоненко В.П. Геодинамика восточной окраины Азии в мел-палеогеновое время // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя: Материалы XLIII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, Т. 1. 2010. С. 172–173.
7. Горкуша С.В., Онухов Ф.С., Корчагин Ф.Г. Сейсмичность и неотектоника юга Дальнего Востока России // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 61–68.
8. Горнов П.Ю., Горошко М.В., Малышев Ю.Ф., Подгорный В.Я. Геотермические разрезы земной коры области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов и смежных платформ // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 5. С. 630–647.
9. Грачев А.Ф. О природе Нью Мадридской зоны высокой сейсмической активности на Северо-Американской платформе // Физика Земли. 1994. № 12. С. 12–23.

10. Диденко А.Н., Трофименко С.В., Быков В.Г., Меркулова Т.В., Гильманова Г.З. Оценка сейсмического риска территории континентальной части юга Дальнего Востока России. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН. 2018. 82 с.
11. Диденко А.Н., Носырев М.Ю., Шевченко Б.Ф., Гильманова Г.З. Тепловая структура Сихотэ-Алиня и прилегающих территорий по данным спектрального анализа аномального магнитного поля // Докл. АН. 2017. Т. 477, № 3. С. 352–356.
12. Диденко А.Н., Ханчук А.И. Смена геодинамических обстановок в зоне перехода Тихий океан-Евразия // Докл. АН. 2019. Т. 487, № 4. С. 405–408.
13. Диденко А.Н., Носырев М.Ю. Плотностная структура литосферы Сихотэ-Алинского орогенного пояса // Докл. АН. 2020. Т. 492, № 2. С. 66–71.
14. Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
15. Захаров В.С., Симонов Д.А., Гильманова Г.З., Диденко А.Н. Новейшие вертикальные движения южного Сихотэ-Алиня и характеристики самоподобия гидросети региона. // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2020. № 3. С. 25–36.
16. Зобак М.Д., Зобак М.Л. Поле напряжений и внутриплитовые землетрясения в США // Современные проблемы геодинамики. М.: Мир, 1984. С. 236–258.
17. Зубович А.В., Макаров В.И., Кузиков С.И., Мосиенко О.И., Щелочков Г.Г. Внутриконтинентальное горообразование в Центральной Азии по данным спутниковой геодезии // Геотектоника. 2007, № 1. С. 16–29.
18. Изосов Л.А., Ли Н.С. Линеаментный анализ при тектонических и металлогенических построениях в Япономорском регионе // Регион. проблемы. 2014. Т. 17, № 1. С. 9–14.
19. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Мельниченко Ю.И., Ли Н.С., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А. Связь сейсмической активности с тектоническими и вулканическими структурами Япономорского звена Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент-океан // Литосфера. 2014. № 6. С. 3–21.
20. Каплун В.Б. Геоэлектрическая модель литосферы Комсомольского и Баджальского рудных районов по данным МТЗ // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 84–93.
21. Каплун В.Б., Бронников А.К. Геоэлектрический разрез земной коры и верхней мантии Северного Сихотэ-Алиня по данным магнитотеллурических зондирований // Тихоокеан. геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 18–37.
22. Каплун В.Б., Бронников А.К. Строение земной коры и верхней мантии Южного Сихотэ-Алиня по профилю г. Спасск-Д – бухта Зеркальная по данным магнитотеллурических зондирований // Тихоокеан. геология. 2018. Т. 37, № 5. С. 31–47.
23. Каплун В.Б., Бронников А.К. Строение земной коры и верхней мантии Южного Сихотэ-Алиня по данным магнитотеллурических зондирований по профилю с. Абражеевка-п. Валентин // Тихоокеан. геология. 2020. Т. 39, № 4. С. 3–15.
24. Карта современных вертикальных движений по геодезическим данным на территорию СССР (СВДЗК) / Под ред. Л.А. Кашина М.: ГУГК, 1989. 4 л.
25. Кисин А.Ю. Общекоровая складчатость как реакция коры на горизонтальное сжатие // Литосфера. 2007. № 5. С. 117–136.
26. Киссин И.Г. О системном подходе к проблеме прогноза землетрясений // Физика Земли. 2013. № 4. С. 145–160.
27. Нагорных Т.В., Поплавская Л.В. Локализация аномалий поля скоростных характеристик в регионе Приморья и Приамурья // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. М.: Наука, 1989. С. 92–106.
28. Никонов А.И. Тектонофизические аспекты структурного дешифрирования линеаментных систем // Современная тектонофизика. Методы и результаты: Материалы Второй молодежной тектонофизической школы-семинара. Москва. 17-21 октября 2011 г. Т. 2: М.: 2011. ИФЗ. С. 78–93.
29. Пантелеев И.А., Наймарк О.Б. Современные тенденции в области механики тектонических землетрясений // Вест. Пермск. научного центра. 2014. № 3. С. 44–62.
30. Парфенов Л.М., Березин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л., Кузьмин М.И., Ноклеберг У., Прокопьев А. В., Тимофеев В.Ф., Томуртоого О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и северо-восточной Азии // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 7–41.
31. Пересторонин А.Н., Развозжаева Е.П. Система кайнозойских депрессий Приамурья и Приморья: строение, тектоническая позиция и геодинамическая интерпретация // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 58–74.
32. Петров В.А., Веселовский А.В., Кузьмина Д.А., Платэ А.Н. Признаки сейсмической активности по данным дистанционного зондирования (ДДЗ) // Мониторинг науки и технологии. 2014. Т. 19, № 2. С. 13–25.
33. Петров А.В., Юдин Д.Б., Хоу Сюели. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» // Вест. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2. С. 126–132.
34. Печерский Д.М., Генштафт Ю.С. Петромагнетизм континентальной земной коры: итоги XX века // Физика Земли. 2002, № 1. С. 4–36.
35. Подгорный В.Я., Романовский Н.П. О моделировании и природе гравитационных минимумов в связи с формированием рудных систем (на примере Дальнего Востока, Россия) // Изв. Сибирск. отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2011, № 2 (39). С. 31–47.
36. Поспеев А.В. Электропроводность земной коры и мантии по профилю Чара-Ванино // Тихоокеан. геология. 1987. № 6. С. 109–113.
37. Радкевич Е.А., Жирнов А.М., Малышев Ю.Ф., Сахьянов Л.А., Степанов О.А. Меридиональные металлогенические пояса Дальнего Востока // Тихоокеан. геология. 1990. № 6. С. 26–35.
38. Рассказов С.В. Рифты, орогены, кратоны и глобальная тектоника: введение в проблему // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8, № 1. С. 1–9.
39. Рогожин Е.А. Блоковое строение земной коры Северной Евразии // Физика Земли. 2004. № 10. С. 81–94.
40. Розанов Л.Н. Отражение тектонической структуры земной коры в рельефе ее поверхности // Геоморфология. 1975. № 3. С. 30–35.
41. Рыжий Б.П., Начапкин Н.И. О связи внутриплитной сейсмичности с вещественным составом земной коры и аномалиями гравитационного поля // «Геофизика XXI столетия 2002». М.: Научн.мир, 2003. С. 203–206.

42. Сидоров А.А., Глотов В.Е., Волков А.В. Современная гидродинамическая активность субмеридиональных зон глубинных разломов как индикатор нефтегазоносности осадочных бассейнов (Северо-Восток России) // Докл. АН. 2013. Т. 448, № 6. С. 689–694.
43. Симонов Д.А., Захаров В.С., Гильманова Г.З., Диденко А.Н. Новейшая тектоника Северного Сихотэ-Алиня и сопредельных территорий, ее отражение в характеристиках самоподобия гидросети // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2021. № 5. С. 19–29.
44. Степашко А.А., Меркулова Т.В. Глубинная структура, генезис и сейсмическая активизация Буреинского орогена, Дальний Восток России // Тихоокеан. геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 3–17.
45. Степашко А.А., Меркулова Т.В., Диденко А.Н. Геодинамика и закономерности сейсмичности восточного сегмента буферной зоны Амурской плиты // Тихоокеан. геология. 2018. Т. 37, № 4. С. 28–43.
46. Стогний Г.А., Стогний В.В. Сейсмичность Большого Кавказа с позиции блоковой делимости земной коры // Экол. вестн. научн. центров ЧЭС. 2017. № 2. С. 86–95.
47. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов: Объяснител.записка к Тектонической карте. 1500000. Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2005. 264 с.
48. Тимурзиев А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамические аспекты (в связи с нефтегазоносностью): Автореф. дис.... д-ра. геол.-минер. наук. М: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2009. 40 с.
49. Турутанов Е.Х. Состав и морфология крупных плотностных неоднородностей земной коры – фактор влияния на сейсмическую активность // Отеч. геология. 2012, № 3. С. 66–72.
50. Уломов В.И. Глобальная упорядоченность сейсмогеодинамических структур и некоторые аспекты сейсмического районирования и долгосрочного прогноза землетрясений // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып.1. М.: ИФЗ РАН. 1993. С. 24–44.
51. Уломов В.И. О роли горизонтальных тектонических движений в сейсмогеодинамике и прогнозе землетрясений // Физика Земли. 2004. № 9. С. 14–30.
52. Усиков В.И. 3-D модель рельефа и строение верхней части земной коры Приамурья // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 6. С. 14–32.
53. Чувашова И.С., Рассказов С.В., Йи-минь Сунь. Новейшая геодинамика Центральной Азии: первичные и вторичные мантийные расплавы аномалии в контексте орогенеза, рифтогенеза и движения – взаимодействия литосферных плит // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8, № 1. С. 46–80.
54. Ханчук А.И., Гребенников А.В., Иванов В.В. Альб-сеноманский окраинно-континентальный орогенный пояс и магматические провинции Тихоокеанской Азии // Тихоокеан. геология. 2019. Т. 38, № 3. С. 4–29.
55. Didenko A.N., Nosyrev M.I., Gilmanova G.Z. A gravity – derived Moho model for the Sikhote Alin Orogenic Belt // Pure and Applied Geophysics. 2021. Doi 10.1007/s00024-021-02842-8.
56. Liu K.H, Gao S.S, Gao Y., Wu J. Shear wave splitting and mantle flow associated with the deflected Pacific slab beneath northeast Asia // J. Geophys. Res. 2008, V. 113. B01305.
57. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Computers & Geosci. 1997. V. 23, N. 1. P. 45–62.

Рекомендована к печати

после доработки 20.05.2022 г.

принята к печати 23.05.2022 г.

T.V. Merkulova, G.Z. Gil'manova

Comparative analysis of linear elements of the relief and geophysical fields of the Bureya and Sikhote-Alin orogens

The Bureya and Sikhote-Alin orogens located in the northeast of the Amurian Plate are characterized by different levels of seismic activity. The analysis of the structure of the orogens based on the geophysical data and the study of the features of the relief using the WinLess program yielded the lines of the prevailing elongation of rose diagrams, lineaments, the density of lineaments of the diagonal systems, the total lineament density as an indicator of tectonic disturbance of the upper crust. On the basis of these data, it was established that both orogens are subject to tectonic impact of external sources (zones of the Indo-Asian interaction and the Pacific Plate), but the intensity of the process in the Bureya orogen is higher. The tectonic disturbance of the near-surface horizons of the earth's crust in the Bureya orogen is also increased in comparison with the Sikhote-Alin orogen. The first orogen is characterized by large zones with maximum total density of northeast- or northwest-oriented lineaments localized along the axial line of the orogen; in the second case, there is a series of smaller zones of maximum density of lineaments with different directions randomly distributed throughout the orogen. The analysis of the relief, the crustal thickness and the magnetic field reveals compression regimes in the northern part of the Bureya orogen and the southern part of the Sikhote-Alin orogen and the transition from compression to extension in the other parts of the orogens.

Key words: deep structure, relief lineaments, tectonic disturbance, seismicity, Bureya orogen, Sikhote-Alin orogen.