

**ТЕКТОНИЧЕСКАЯ НАРУШЕННОСТЬ ЛИТОСФЕРЫ ПРИАМУРЬЯ РАЗРЫВАМИ
СУБМЕРИДИОНАЛЬНОГО И СУБШИРОТНОГО НАПРАВЛЕНИЯ (ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ
ДАНЫМ И АНАЛИЗУ РЕЛЬЕФА)**

Т.В. Меркулова, Г.З. Гильманова, С.А. Тусикова

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена 65, г. Хабаровск, 680000;
e-mail: merculova@itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 8 февраля 2018 г.

В Приамурье по анализу рельефа, осей аномалий гравитационного и магнитного полей, упорядоченности землетрясений, отношению скоростей V_p/V_s изучена тектоническая нарушенность литосферы и выделены зоны тектонической нарушенности субмеридионального, субширотного направлений. Отдельные сегменты протяженных зон субмеридиональной и субширотной ориентировок подтверждаются региональными разломами, выделенными геологическими методами. Установлены зоны тектонической нарушенности в основном субмеридионального направления, не коррелирующие с региональными разломами. Зоны тектонической нарушенности субмеридионального направления, проявленные в линеаментах разного типа и корреспондирующие с сейсмоактивными зонами, можно рассматривать как скрытые разломы.

Ключевые слова: рельеф, геофизические аномалии, линеаменты, скрытые разломы, Приамурье.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования во многих регионах России показали, что тектоническая нарушенность и раздробленность земной коры и литосферы не отражается только разломами, выделяемыми геологическими методами на дневной поверхности [1, 3, 24–32]. Для изучения зон тектонической нарушенности используются линеаменты, полученные по разнородным данным. Под линеаментами понимаются протяженные линейно ориентированные структуры рельефа, оси геофизических аномалий, узкие линейные зоны аномальных значений градиентов геофизических полей. В качестве сейсмолинеаментов рассматриваются упорядоченные в одну линию очаги землетрясений [9]. Опыт изучения линеаментов, накопленный к настоящему времени, показал, что они прямо или косвенно отражают особенности геологической структуры, в том числе тектонические нарушения, к которым относятся разрывы и разломы разного ранга [9]. Термин «тектоническое нарушение» имеет широкое значение и используется для нарушений разного порядка: трещин, разрывов и разломов. Разломом, как правило, называют крупные тектонические нарушения, характеризующиеся сложным строением и достаточно широкой зоной динамического влияния. Использование

в качестве индикаторов тектонической нарушенности аномалий гравитационного и магнитного поля, а также методика выявления по этим данным систем разломов подробно приведены в работах [26–29, 36].

Скрытые разломы и зоны тектонической нарушенности могут быть достаточно крупными, контролирующими блоковую делимость и деструкцию литосферы на разных глубинных уровнях [26–29, 31, 32]. Такие разломы, как области повышенной трещиноватости и разуплотнения пород или, наоборот, уплотнения при внедрении плотных интрузивных пород, влияют на размещение рудных залежей и определяют положение ловушек углеводородов в осадочных бассейнах [11, 17]. С пространственным положением скрытых разломов или местами их пересечений тесно корреспондируют эпицентральные поля землетрясений [3, 13, 22–24].

Таким образом, изучение зон повышенной нарушенности и скрытых разломов важно в самых различных аспектах исследования тектонического развития территории Приамурья. Применение комплекса взаимодополняющих геофизических методов и анализа основных особенностей рельефа может дать более полное представление о региональной тектонической нарушенности и разломной структуре

на разных глубинных уровнях сложнопостроенного региона Приамурья. На схемах разломной тектоники региона, составленных в последние годы, преобладают в основном разломы северо-восточного направления, что, вероятно, вызвано высокой активностью разломов системы Тан-Лу в мезозойско-кайнозойское время [7, 33]. Региональные разломы субмеридионального (СМ) и субширотного (СШ) направлений только в отдельных случаях устанавливаются геологическими методами. Разломы СМ и СШ ориентировки имеют древний возраст, за свою историю испытали неоднократные активизации [7, 33]. Сложность и многоактность формирования разрывных структур этого направления обуславливает необходимость их комплексного исследования. Ранее для всего региона многочисленные линеаменты разного направления были представлены только по анализу рельефа [19]. По комплексному анализу рельефа с использованием геофизических полей получены единичные линеаменты, рассматриваемые как разломы [8, 12, 18].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходным материалом для получения линеаментов рельефа и их анализа послужили цифровые модели рельефа (ЦМР) SRTM-03, которые имеют следующие характеристики: размер ячейки 3×3 секунды (примерно 90 м) с исходной отметкой над уровнем моря, определяемой геоидом WGS84-EGM96 (Earth Gravitational Model). С целью генерализации изображений для выявления отдельных классов объектов по оригинальной методике была проведена математическая обработка с применением фильтра выделения границ (модуль градиента рельефа). Подробно методика описана в работе [21]. В этом регионе с целью изучения тектонического строения верхней части земной коры ранее было проведено довольно детальное исследование морфоструктурных элементов рельефа путем ручного дешифрирования космо- и аэрофотоснимков [30]. В данной работе статистический анализ рельефа проводился автоматически, с применением методики LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), реализованной в программе WinLESSA [37]. Программа позволяет выявлять линейные элементы с разной степенью детальности, а также исследовать их распределение и свойства по площади с построением роз-диаграмм, расчета плотности линейных объектов. Выполнен расчет общей плотности линейных элементов, который определяет степень расчлененности рельефа района исследования как в целом, так и по отдельным направлениям. По рассчитанным в заданном окне розам-диаграммам, построены линии их преобладающей вытянутости,

хорошо отражающие текстурные особенности крупных блоков земной поверхности. Поведение линий и их сгущения, резкие обрывы, смена направлений являются значимыми показателями для выделения зон тектонических нарушений. В итоге для изучаемой территории по анализу рельефа были получены карты: карта преобладающих линии вытянутости роз-диаграмм, карты плотности линеаментов по направлениям, карты линейных элементов различной степени выраженности СМ и СШ ориентировки.

Построение линеаментов по анализу геофизических полей выполнено с использованием карт гравитационного и магнитного полей масштаба 1:1 000 000. На первом этапе данные наблюдаемого гравитационного и магнитного полей были подвержены разложению на составляющие: региональную и локальную компоненты. Далее была выполнена процедура трассирования осей аномалий. Для анализа геофизических полей: разложения полей на компоненты, трассирования осей аномалий и расчетов градиентов – использовалась программа КОСКАД-3Д, разработанная А.В. Петровым [15]. В результате были построены схемы осей региональных аномалий гравитационного и магнитного полей, осей локальной компоненты гравитационного поля 1-го порядка. Таким образом, получены линеаменты (оси аномалий), предоставившие информацию о расположении достаточно крупных линейных зон тектонической нарушенности литосферы.

В качестве крупных линеаментов часто рассматриваются осевые линии линейных зон повышенных значений модуля горизонтального и полного градиентов. Выполненные расчеты модулей горизонтального и полного градиентов исходного поля силы тяжести показали, что характер аномалий горизонтального и полного градиентов гравитационного поля похож, но так как аномалии полного градиента имеют лучшую линейную вытянутость, то при изучении тектонической нарушенности использованы оси аномальных зон полного градиента.

С разрывной тектоникой региона могут коррелировать области аномальных отношений скоростей V_p/V_s . Для территории Приамурья области аномальных значений V_p/V_s были получены в процессе массовой обработки землетрясений в 1982–1984 гг. Учитывая преобладающую глубину землетрясений до уровня 25 км, можно считать, что в данном случае мы имеем интегральные скоростные характеристики коры примерно в этом интервале глубин [14]. Пониженные, как и аномально повышенные, значения этого параметра могут отражать трещиноватые и флюидонасыщенные зоны, фиксирующие геодинамически неустойчивые и менее прочные области в земной коре [10].

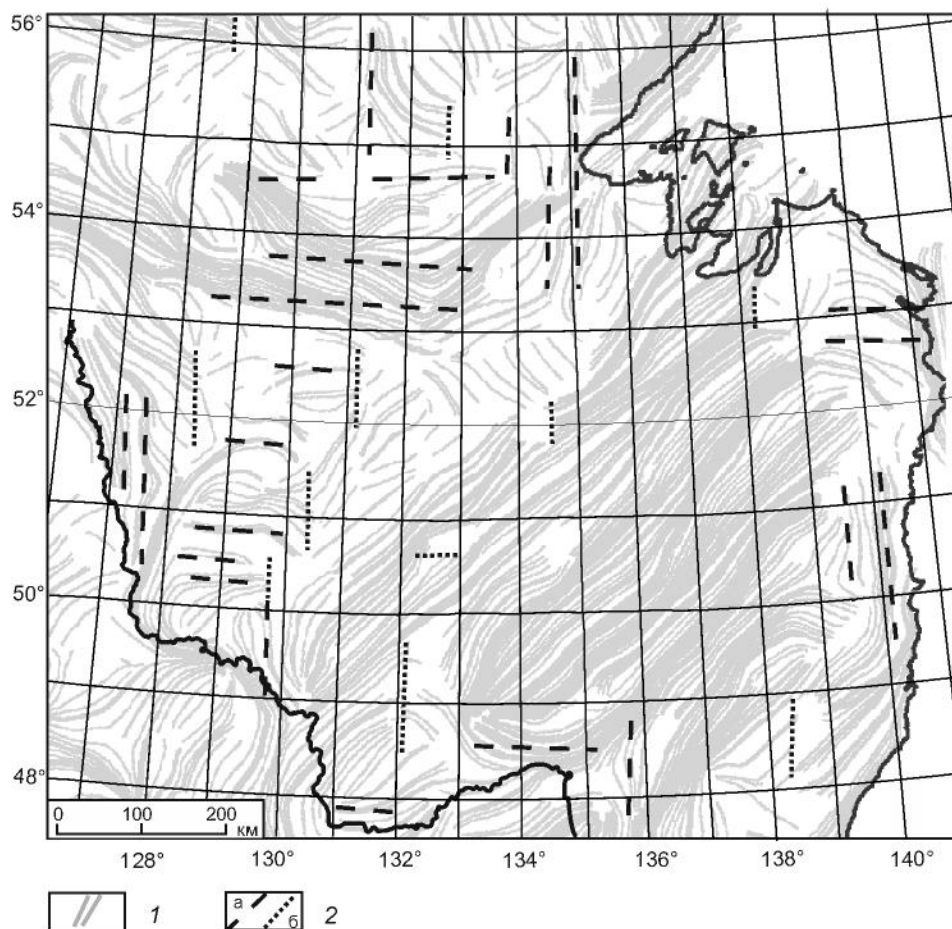


Рис. 1. Линии преобладающей вытянутости роз-диаграмм линеаментов рельефа.

1 – линии вытянутости; 2 – признаки разрывов СМ и СШ направлений: а – по ступению линий, б – по ориентировке обрывов линий.

На первом этапе совместно с картами линий вытянутости, плотности линеаментов СМ и СШ направлений анализировалось положение осей аномалий полного градиента, региональных и локальных аномалий гравитационного поля этих же ориентировок, аномальные значения отношения V_p/V_s (рис. 1–3). Выделены зоны тектонической нарушенности двух порядков: зоны первого порядка отличаются от зон второго порядка протяженностью и более четким проявлением в полях. На следующем этапе выделенные глубинные зоны сопоставлялись с осями региональных аномалий магнитного поля, источники которых, по мнению некоторых исследователей, расположены в земной коре [16] (рис. 4). Также представлено сопоставление с линеаментами лучшей степени выраженности по анализу рельефа, свидетельствующими о нарушенности поверхностных слоев разрывными структурами СШ, СМ направлений (рис. 5). Линеаменты по анализу рельефа и геофизических полей часто относят к косвенным признакам. Более точные

признаки существования разрыва дают сейсмологические данные, которые рассматривают очаг землетрясения как протяженный разрыв. Этот факт позволяет рассматривать упорядоченность очагов землетрясений или зон энергетических характеристик сейсмичности как существование крупного глубинного разрыва. По данным С.И. Шермана, в настоящее время вне зоны динамического влияния крупных разломов не зафиксировано ни одного землетрясения с магнитудами $M \geq 5.5$ [35].

Вся информация по линеаментам была интегрирована в проекте ArcGis 10.2, где также был добавлен слой разломной сети по геологическим данным и слой, на котором представлен анализ сейсмичности, что позволило провести качественный совместный анализ данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ линий преобладающей вытянутости роз-диаграмм линейных элементов рельефа демонстри-

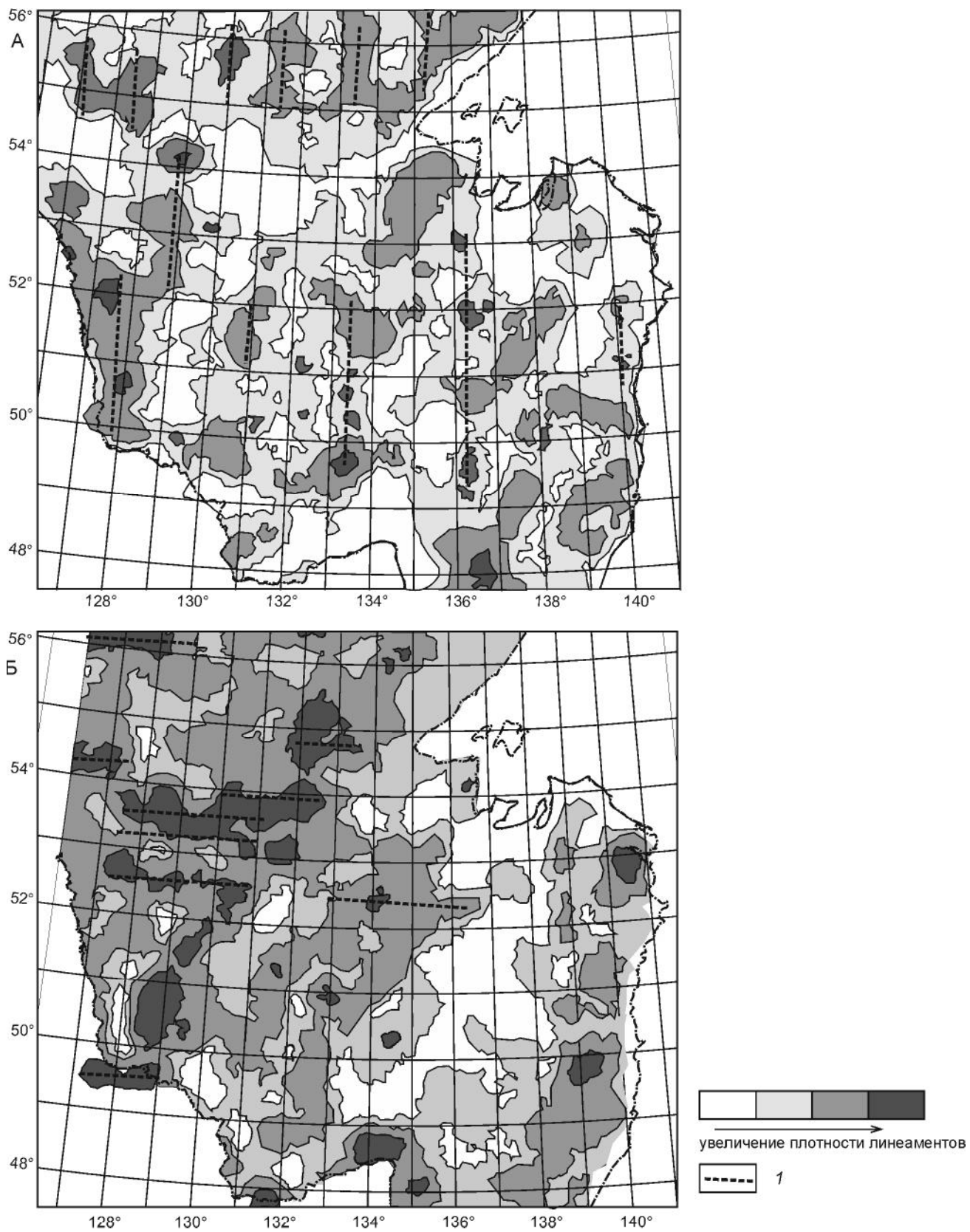


Рис. 2. Аномалии плотности линеаментов рельефа: А – субмеридионального направления, Б – субширотного направления.

l – признаки разломов СМ и СШ направлений по аномалиям плотности линеаментов.

рует, что для большей части территории характерно преобладание линий северо-восточного направления (рис. 1). Только в северной и крайних западной и восточной частях сгущения линии вытянутости и их обрывы характеризуются СМ и СШ направленностью. Аналогично распределению линий преобладающей вытянутости, аномалии плотности линеаментов СМ и СШ направлений в центральной части ориентированы в северо-восточном или сопряженном с ним северо-западном направлении (рис. 2). Аномалии плотности линеаментов СМ и СШ направлений, согласные с ориентировкой линеаментов, выражены достаточно уверенно только в северной части и в единичных случаях на других участках.

Анализ геофизических полей показал, что аномалии наиболее глубинной региональной составляющей гравитационного поля характеризуются преобладанием СШ и СМ направлений. В ориентировке менее крупных, чем региональные аномалии, локальных аномалий гравитационного поля 1-го порядка преобладает северо-восточное простирание, но в некоторых случаях аномалии этой компоненты имеют СМ и СШ направленность. Региональные аномалии магнитного поля характеризуются разнонаправленностью, в том числе достаточно хорошо выражены аномалии СМ и СШ направления.

Анализ глубинных индикаторов зон тектонической нарушенности по анализу гравитационного поля и аномальных значений V_p/V_s представлен на рис. 3. На основе этих данных с использованием карт линий преобладающей вытянутости, плотности линеаментов выделена серия протяженных зон тектонической нарушенности СШ и СМ ориентировки. Принципом выделения зон тектонической нарушенности является выдержанность по направлению и сгущение осевых линии индикаторов разрывов. Соотношение выявленных зон тектонической нарушенности с линеаментами по анализу магнитного поля и рельефа представлено на рис. 4, 5. Анализ показал, что по комплексным данным в линеаментах разного типа на всем протяжении проявлены только зоны СМ направления: 4, 9, 12. Из зон СШ простирания наиболее четко выражены зоны 20, 22, 28, 32. Остальные зоны тектонической нарушенности только в отдельных сегментах подтверждаются линеаментами рельефа лучшей степени выраженности и осями аномалий магнитного поля. Некоторые СШ зоны подтверждаются в большей степени линеаментами рельефа (зоны 18, 24) или только осями аномалий магнитного поля (зоны 30, 31).

ОБСУЖДЕНИЕ

Выполненный анализ позволил выделить в районе исследования достаточно густую сеть сложно-

построенных протяженных зон тектонической нарушенности СМ, СШ направлений разного ранга. Кроме протяженных зон тектонической нарушенности, наблюдаются более мелкие зоны СМ и СШ ориентировок, которые подтверждают факт, что в подавляющем большинстве случаев каждый крупный региональный разлом сопровождается серией близко расположенных, часто субпараллельных более коротких разрывов, составляющих зону деструкции разлома [22]. Согласно распределению осей магнитных аномалий и линеаментов рельефа, в некоторых местах мелкие субпараллельные разрывы могут достаточно плотно заполнять межразломное пространство, что вызывает трудности однозначного выделения магистральных разрывов по этим данным (рис. 4, 5).

Сложность строения разломных зон СМ, СШ направлений и связанных с ними поверхностных структур может объясняться тем фактом, что разломы этих ориентировок испытали многочисленные активизации и перестройки. В итоге образовались сложные разломные структуры, вследствие чего наблюдается разрозненность отдельных сегментов разломных структур вдоль осевых линий. Один и тот же разлом в пределах разных сегментов будет иметь разные признаки [28, 29]. Большое влияние на разломные структуры СМ и СШ направлений региона оказали сдвиговые движения по системам разломов Тан-Лу северо-восточного направления в мезозойско-кайнозойское время. Активизацией сдвиговых движений по разломам Тан-Лу можно объяснить тот факт, что аномалии плотности линеаментов СМ и СШ направлений часто имеют северо-восточную или сопряженную северо-западную направленность. Из всех зон тектонической нарушенности СМ только зоны 4, 9 и 12 и зоны СШ 20, 22, 28, 32 достаточно уверенно проявлены во всех индикаторах разломов. Существуют факторы, объясняющие отсутствие слабой выраженности некоторых зон в индикаторах разного типа. Например, слабая корреляция (зоны 10, 11) с магнитными аномалиями может быть связана с геодинамическим режимом сжатия. Для этого режима характерно образование немагнитных или слабомагнитных магматических пород, которые не фиксируются в магнитных аномалиях [15]. В связи с этим в аномалиях магнитного поля будут проявлены только разломы или их отдельные сегменты, для которых характерен режим растяжения.

Выделенные крупные структуры СМ направления отмечены по всей изученной территории, но неравномерно. В крайних западной и восточной частях региона расстояние между СМ зонами составляет 35–50 км. В центральной части они, за исключением зон 10 и 11, отстоят на расстояние 70–140 км. Расстояние между зонами СШ ориентировки колеблется от 55 до

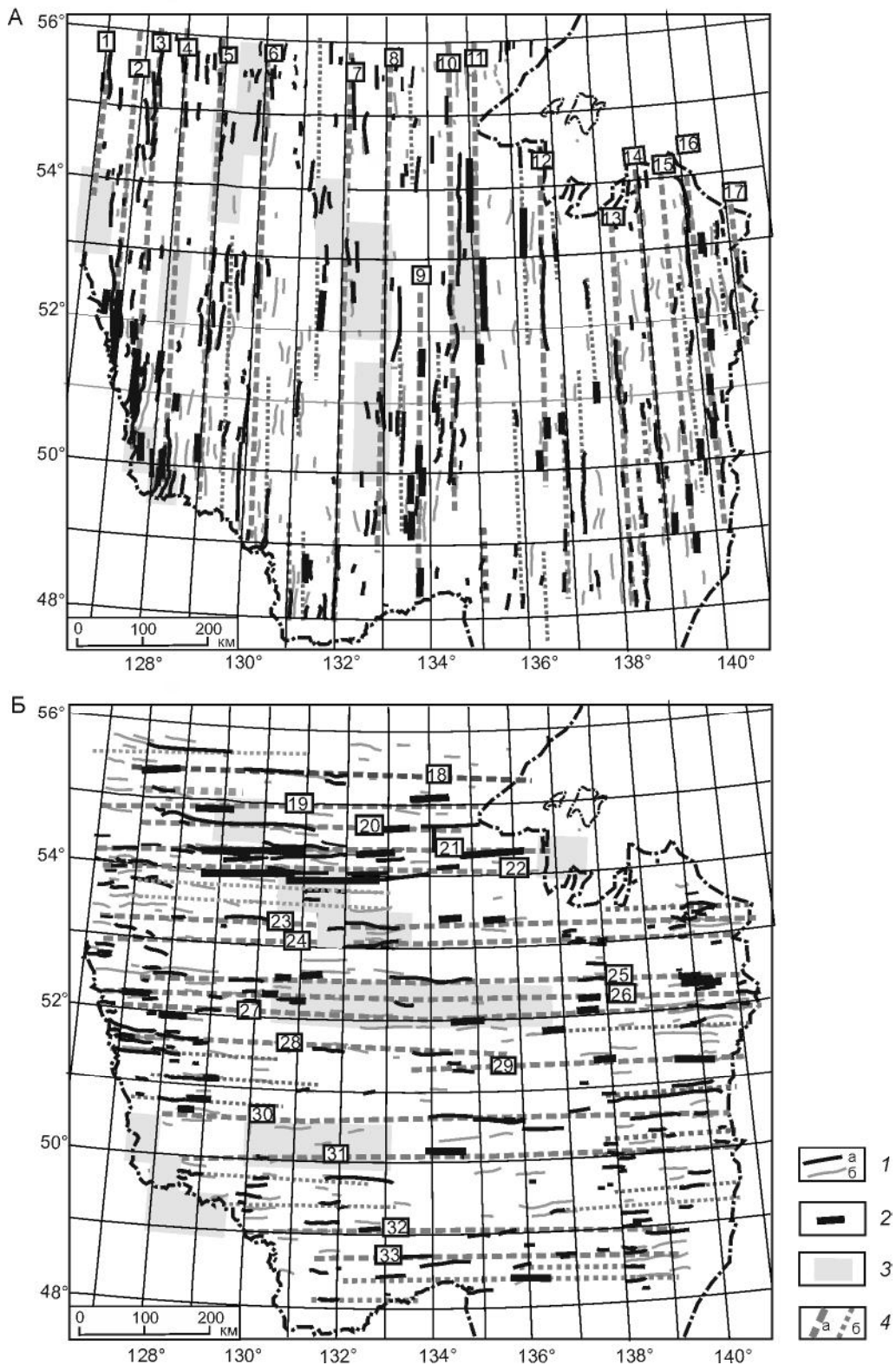


Рис. 3. Глубинные индикаторы зон тектонической нарушенности: А – субмеридионального направления, Б – субширотного направления.

l – оси гравитационных аномалий: а – региональных, б – локальных 1-го порядка; 2 – оси линейных аномалий полного градиента гравитационного поля; 3 – аномальные зоны отношения сейсмических скоростей V_p/V_s , по [14]; 4 – предполагаемые зоны тектонических нарушений: а – первого порядка, б – второго порядка. Цифры в квадратах – номер зон тектонической нарушенности первого порядка.

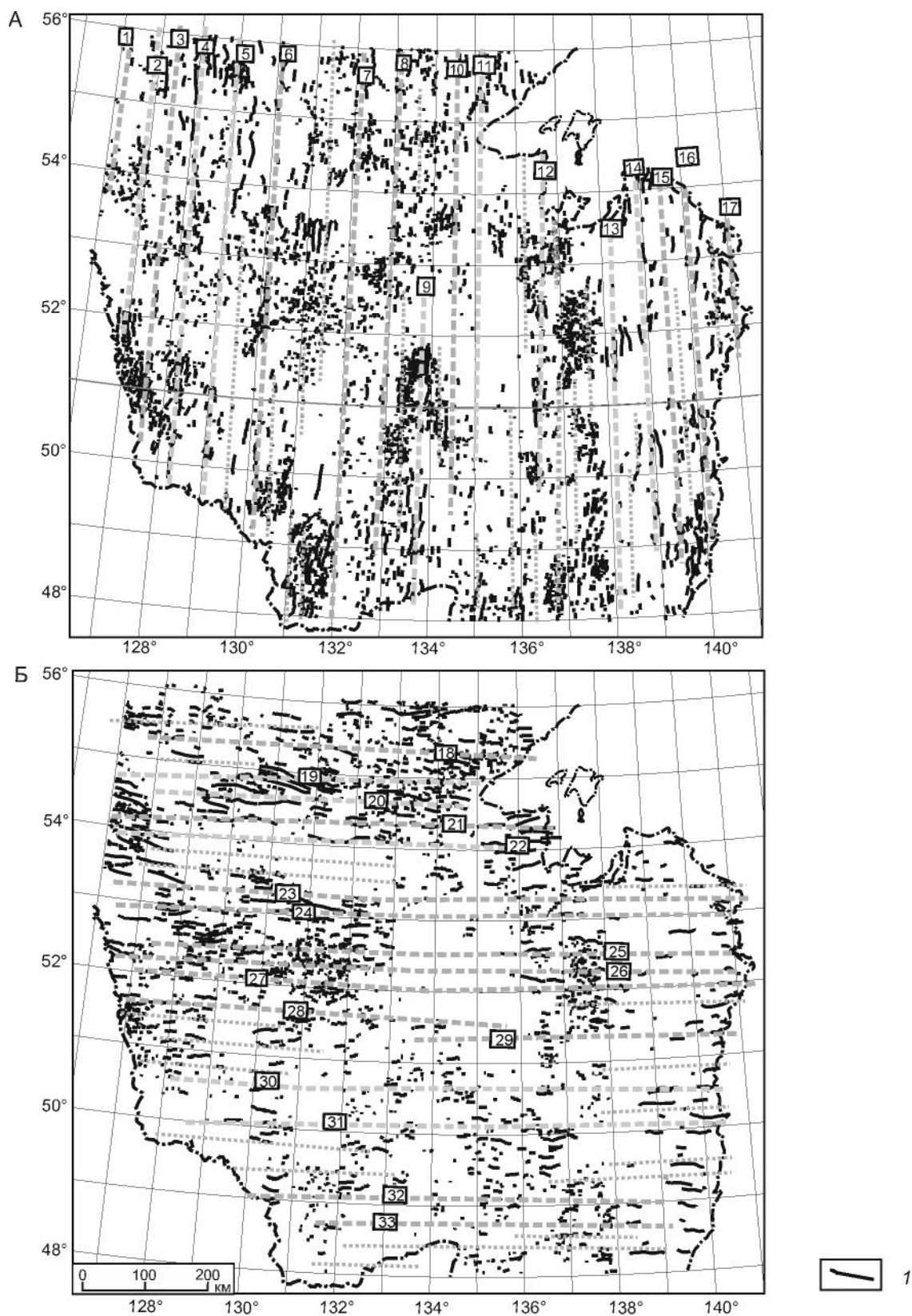


Рис. 4. Оси аномалий региональной компоненты магнитного поля: А – субмеридионального направления; Б – субширотного направления.

1 – оси аномалий магнитного поля. Остальные условные обозначения на рис. 3.

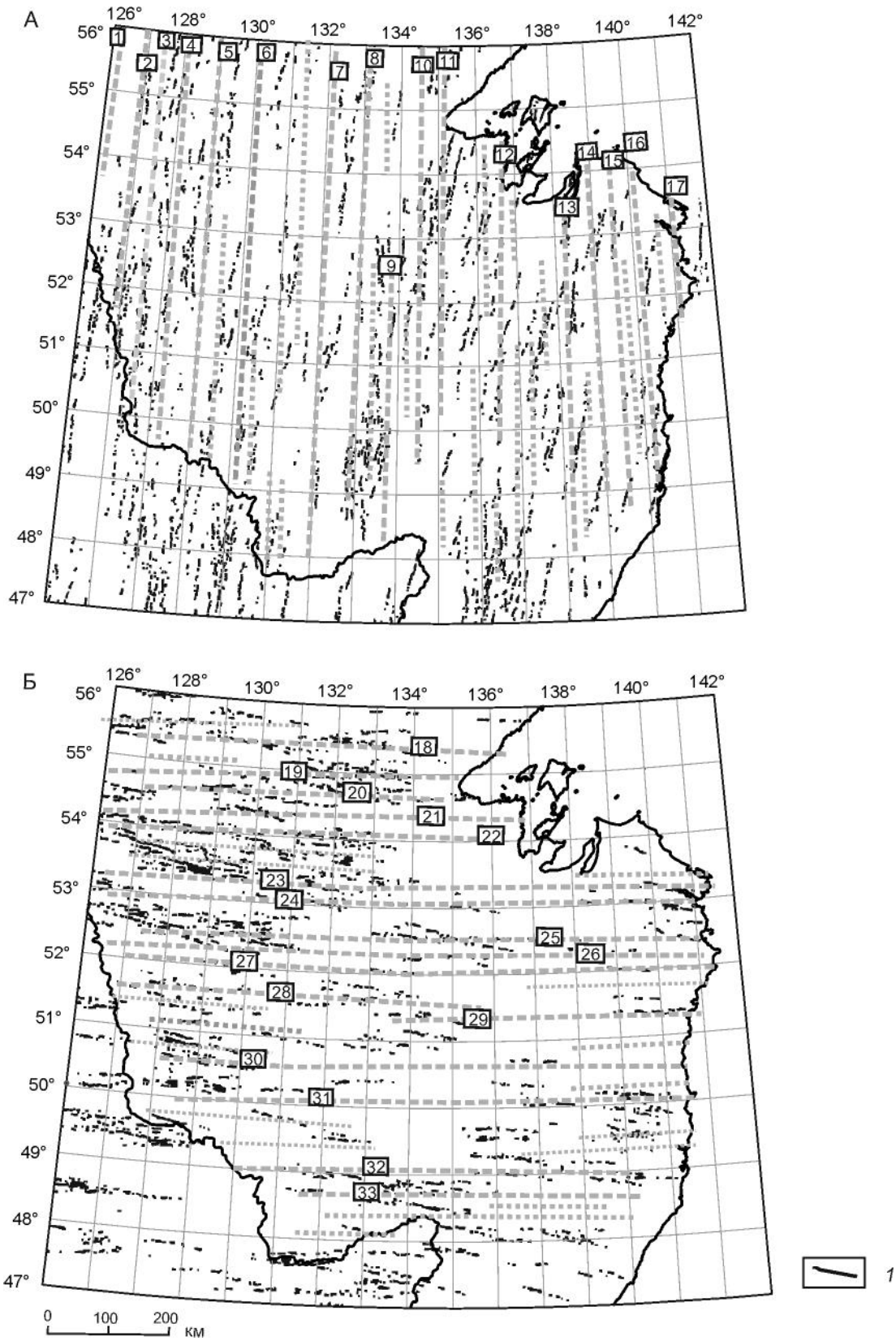


Рис. 5. Линеаменты лучшей степени выраженности по анализу рельефа. А – субмеридионального направления; Б – субширотного направления.

1 – линеаменты по анализу рельефа. Остальные условные обозначения на рис. 3.

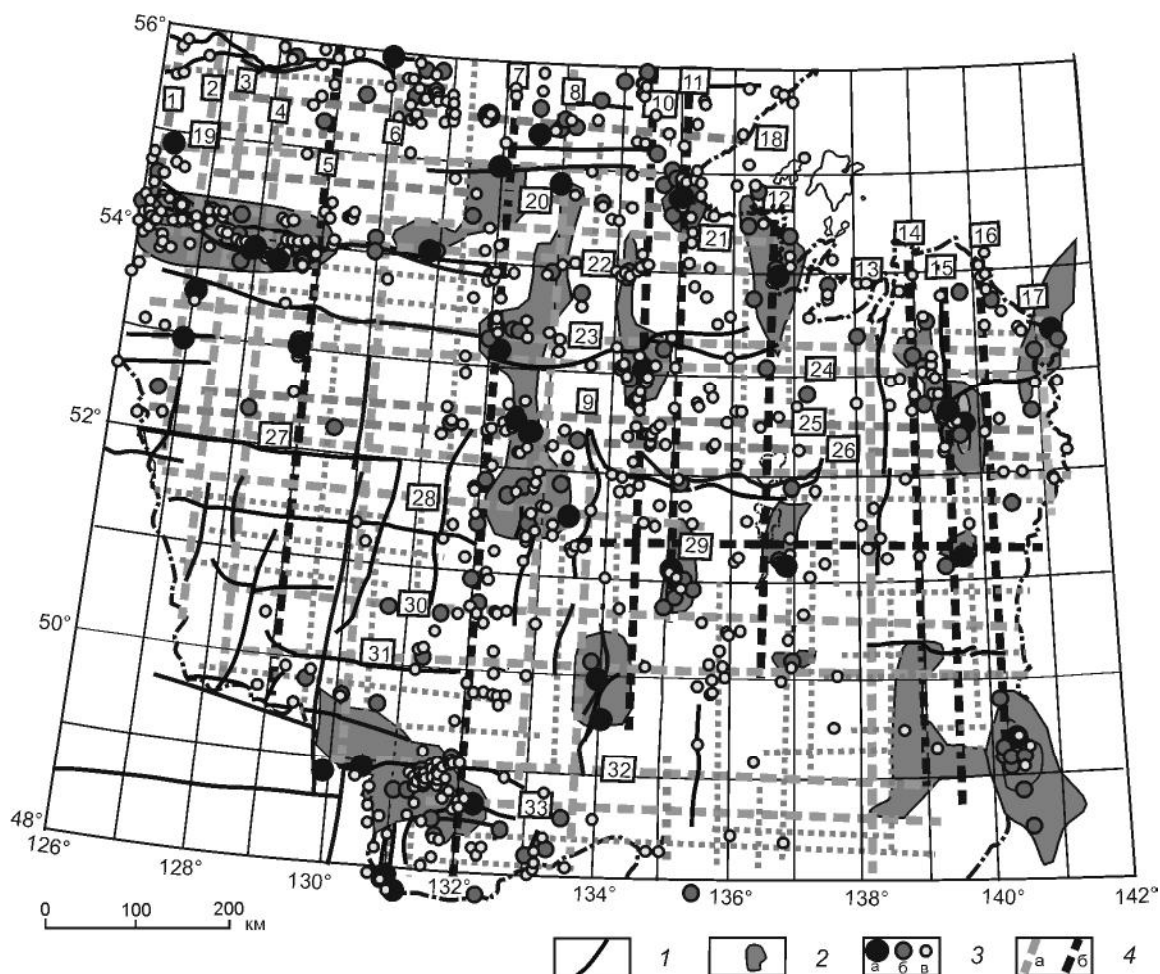


Рис. 6. Соотношение зон тектонической нарушенности субмеридионального и субширотного простирания, выделенных по комплексному анализу геофизических полей и рельефа, с региональными геологическими разломами и сейсмоактивными зонами.

1 – геологические разломы субмеридионального и субширотного направлений, по [7, 33]; 2 – зоны максимального выделения сейсмической энергии, по [6]; 3 – очаги землетрясений: а – $M \geq 5$; б – $4 \leq M < 5$; в – $3 \leq M < 4$; 4 – тектонические нарушения субмеридионального и субширотного направлений: а – коррелируемые с геологическими разломами; б – скрытые. Остальные условные обозначения на рис. 3.

120 км. Разрывные зоны этого направления в южной части менее протяженные, чем в северной. Зоны СШ направлений часто образуют серию сближенных протяженных разрывов. Вероятно, сближенные зоны 19–20, 21–22, 23–24 и 25–27 тектонической нарушенности можно рассматривать как единый разлом, характеризующийся сложным строением и значительной зоной динамического влияния, а, возможно, и наклоном.

Полученные по геофизическим данным и анализу рельефа зоны были сопоставлены с региональными разломами СМ, СШ, установленными геологическими методами в обобщающих работах по разломной тектонике региона в последние годы [7, 33] (рис. 6). Протяженные зоны тектонической нарушенности, выделенные по геофизическим данным, СМ

ориентировки только в отдельных сегментах иногда совпадают с разломами по геологическим данным (2–4, 9, 13, 15). Из разрывных структур СШ направления большинство фрагментарно подтверждаются геологическими разломами (19, 22–24, 27, 30–33).

Выделяется серия зон нарушенности в основном СМ направления, которые на всем протяжении не фиксируются геологическими разломами. К таким разрывам относятся зоны тектонической нарушенности СМ направления 5, 7, 10–12, 14, 16. Из зон СШ направления только зона 29 не коррелирует с геологическими разломами.

Зона нарушенности 12, отчетливо выраженная по геофизическим данным и анализу рельефа, может рассматриваться в качестве скрытого разлома. Этот раз-

рыв контролирует западную границу гравитационной ступени, выделенной Ю.Ф. Мальшевым [5, 12]. Зоны СМ направления 10 и 11 в северной части фиксируются сгущениями линий преобладающей вытянутости этой ориентировки, в центре ограничивают с обеих сторон зону аномальных значений V_p/V_s (рис. 1, 3). В аномалиях плотности линеаментов рельефа выражена повышенными значениями только зона 11 в северной части (рис. 2 А). Достаточно надежным фактом существования зон СМ и СШ является корреляция с упорядоченностью очагов землетрясений вдоль сегментов и областей максимального выделения сейсмической энергии (рис. 6). Описанные выше зоны тектонической нарушенности СМ направления, не коррелирующие с геологическими разломами, можно отнести к крупным региональным скрытым разломам. Разломы имеют глубинное заложение, их распространение в верхнюю мантию подтверждается плотностным срезом на глубине 60 км (рис. 7). Результаты глубинных исследований МОВЗ показывают, что зоны интенсивного разуплотнения вещества, контролируемые этими разломами, могут достигать глубин 100–120 км [2, 20]. Разлом 10 контролирует распространение зон интенсивного разуплотнения ($3,06\text{--}3,1\text{ гм/см}^3$) в верхней мантии, а разлом 11 ограничивает зону умеренного разуплотнения ($3,1\text{ гм/см}^3$) с востока.

Остальные зоны тектонической нарушенности, не коррелируемые с геологическими разломами (5, 7, 14 и 16), только в отдельных сегментах подтверждаются разными данными. Зона 5 в северной части коррелирует с аномалией V_p/V_s , в центральной части – с аномалией плотности линеаментов (рис. 2, 3). Практически сейсмически активная на всем протяжении зона 7, кроме выраженных в центральной части аномалий V_p/V_s , характеризуется в южной части локализацией обрывов линий преобладающей вытянутости в СМ направлении. Зона 14 в отдельных сегментах контролирует обрывы линий преобладающей вытянутости, в южной части коррелирует с зоной максимального выделения сейсмической энергии и осями аномалий магнитного поля. Зона 16 также в южной части подтверждается сгущением линий вытянутости СМ ориентировки и зоной максимального выделения сейсмической энергии (рис. 6).

Выполненный анализ позволяет утверждать, что наибольшим распространением в районе исследования пользуются скрытые протяженные разрывы СМ направления. Аналогичный вывод получен на сопредельной территории (Сибирской платформе) при анализе аномалий гравитационного и магнитного полей: система СМ глубинных разломов образует густую сеть большой протяженности [4]. Разрывы СМ и СШ направления сильнее всего проявлены в нижних го-

ризонтах литосферы, в связи с чем эти направления оказались явно затухеванным локальными неоднородностями верхней части литосферы. Вероятно, в условиях их слабой тектонической активности в мезозойско-кайнозойское время основной сместитель, как правило, отсутствует на поверхности, но его активное существование на глубине предопределяет положение современных сейсмоактивных областей. Высокая степень тектонической нарушенности с формированием скрытых разрывов может объяснять рассеянный характер сейсмичности региона. Как ранее заметил С.И. Шерман с соавторами: «группы отдельных близкорасположенных очагов землетрясений (не менее 4) в Приамурье располагаются на расстоянии 40 км», что примерно соответствует минимальному расстоянию между зонами СМ тектонической нарушенности, установленному по анализу рельефа и геофизическим данным (35–50 км) [34]. Достаточно сильные землетрясения ($M \geq 5$) часто приурочены к зонам нарушенности СШ и СМ направлений или происходят на их пересечениях (рис. 6).

Скрытые разломы СМ ориентировки играют существенную роль в размещении полезных ископаемых. Еще раньше была замечена субмеридиональная зональность протяженных металлогенических поясов, контролируемых структурами типа линеаментов и глубинных разломов [18].

Опыт изучения тектонической нарушенности с использованием анализа геофизических полей на Украинском щите позволил выделить разломы первого ранга, расположенные на расстоянии 140–150 км, второго ранга – 70 км; третьего ранга – 35 км [29]. С.В. Трофименко при изучении распределения гравимангнитных аномалий Алданского щита сетку индикаторов разрывов с размерами 40–50 км определяет как структуры второго порядка [27]. Достаточно близкое расположение зон тектонической нарушенности СМ направлений в районе работ может отражать особенность строения территории, для которой характерна высокая геодинамическая активность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По совокупности геофизических признаков и анализу рельефа установлена густая сеть протяженных линейных зон тектонической нарушенности субмеридионального, субширотного простирания, которая демонстрирует большую степень нарушенности литосферы региона, чем по выраженным на дневной поверхности геологическим разломам. Зоны тектонической нарушенности могут в отдельных фрагментах коррелировать с региональными разломами, установленными на дневной поверхности, но по геофизическим данным представлять значительно бо-

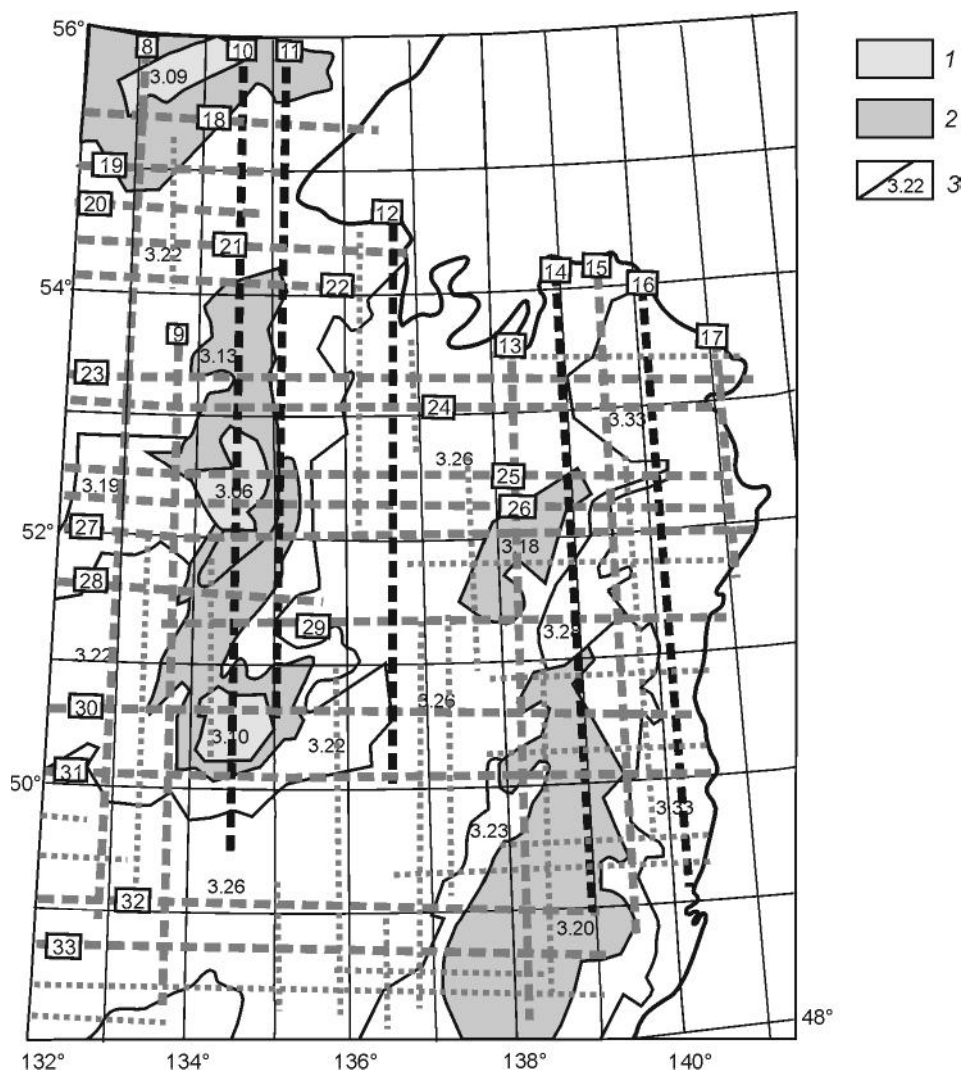


Рис. 7. Контроль скрытыми разломами плотностных неоднородностей на глубине 60 км, по [20].

1 – зоны максимального разуплотнения, 2 – зоны умеренного разуплотнения, 3 – границы плотностных неоднородностей и значения плотности в г/см^3 . Остальные условные обозначения на рис. 3 и рис. 6.

лее продолжительные зоны. Совпадение фрагментов с геологическими разломами можно рассматривать как дополнительный факт объективности выделения. Некоторые из зон тектонической нарушенности, в основном СВ направления, на всем протяжении геологическими методами не подтверждаются, а устанавливаются только по анализу рельефа и геофизических данных. Скрытые разрывы СВ направления имеют глубокий характер и пользуются наибольшим распространением в районе исследования.

Вопросы определения границ разломов, объединение тектонических нарушений в единые структуры, а также ранжирования разломов требуют дальнейшего исследования с использованием более детальных геофизических работ и анализа рельефа с получением линеаментов разной степени выраженности. Особое

внимание следует уделить исследованию упорядоченности землетрясений и их связи с линеаментами разного типа, что даст дополнительную информацию о разломной тектонике и сейсмоактивных областях Приамурья.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-00015) и в рамках государственного задания ИТиГ ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Т.С. Нарушенность земной коры и ее роль в прогнозе геодинамически неустойчивых зон для Западно-Уральского региона // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2003. Т. 306, № 4. С. 44–50.
2. Брянский Л.И., Бормотов В.А., Ахмадулин В.А. и др. Глу-

- бинная структура Комсомольско-Баджалского рудного района по результатам комплексного моделирования // Принципы прогнозирования эндогенного оруденения в Восточно-Азиатских вулканогенных поясах СССР. М.: Недра, 1990. С. 294–306.
3. Ващилов Ю. Я., Калинина Л.Ю. Глубинные разломы и линеаменты и размещение эпицентров на суше Северо-Востока России // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 19–31.
 4. Витте Л.В., Василевский А.Н., Павлов Е.В. Региональные магнитные и гравитационные аномалии Сибирского кратона и их геологическая природа // Геофиз. журн. 2009. Т. 31, № 6. С. 21–40.
 5. Глубинное строение и металлогения Восточной Азии / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Малышев, Б.Г. Саксин. Владивосток: Дальнаука, 2010. 332 с.
 6. Диденко А.Н., Захаров В.С., Гильманова Г.З., Меркулова Т.В., Архипов М.В. Формализованный анализ коровой сейсмичности Сихотэ-Алинского орогена и сопредельных территорий // Тихоокеан. геология. 2017. Т. 36, № 2. С. 58–69.
 7. Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
 8. Караулов В.Б., Ставцев А.Л. О главных системах разломов материковой части Дальнего Востока // Геотектоника. 1975. № 4. С. 71–84.
 9. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 140 с.
 10. Крылов С.В. Сейсмические исследования литосферы Сибири / Избр. труды. Новосибирск: Акад. изд-во «ГЕО», 2006. 345 с.
 11. Келоев Т.А., Гудиева И.Н. Основы методики комплексирования геофизических исследований при поисках рудных месторождений // Геология и геофизика юга России. 2013. № 3. С. 45–55.
 12. Малышев Ю.Ф., Парфенов Л.М., Рейнлиб Э.Л., Романовский Н.П. Гравитационные аномалии Дальнего Востока // Районирование геофизических полей и глубинное строение Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 18–29.
 13. Малышев Ю.Ф. Глубинное строение, геодинамика и сейсмичность в области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 2. С. 18–27.
 14. Нагорных Т.В., Поплавская Л.Н. Локализация аномалий поля скоростных характеристик среды в регионе Приморья и Приамурья // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР. М.: Наука, 1989. С. 92–106.
 15. Петров А.В., Юдин Д.Б., Хоу Сюели. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» // Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 2. С. 126–132.
 16. Печерский Д.М., Генштафт Ю.С. Петромагнетизм континентальной земной коры: итоги XX века // Физика Земли. 2002. № 1. С. 4–36.
 17. Рабех Т. Магнитосейсмические исследования восточной части впадины Каттара (Северо-западная пустыня, Египет) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 9. С. 1194–1205.
 18. Радкевич Е.А., Жирнов А.М., Малышев Ю.Ф., Сахьянов Л.А., Степанов О. А. Меридиональные металлогенические пояса Дальнего Востока // Тихоокеан. геология. 1990. Т. 9, № 6. С. 26–35.
 19. Рогожин Е.А. Блоковое строение земной коры северной Евразии // Физика Земли. 2004. № 10. С. 81–94.
 20. Романовский Н.П., Рейнлиб Э.Л., Ващилов Ю.Я. О глубинной природе рудно-магматических систем Тихоокеанского типа // Тихоокеан. геология. 1992. Т. 11, № 2. С. 66–78.
 21. Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Применение теории масштабируемого пространства для выделения и анализа структур рельефа по радиолокационным данным // Исследование земли из космоса. 2011. № 6. С. 1–8.
 22. Семинский К.Ж., Радзиминович Я.Б. Сейсмичность юга Сибирской платформы: пространственно-временная характеристика и генезис // Физика Земли. 2007. № 9. С. 18–30.
 23. Семинский К.Ж., Гладков А.С., Вахромеев А.Г., Черемных А.В., Бобров А.В., Когут Е.И. Разломы и сейсмичность юга Сибирской платформы: особенности и проявления на разных масштабных уровнях // Литосфера. 2008. № 4. С. 3–21.
 24. Соловьев А.А., Горшков А.И. Моделирование динамики блоковой структуры и сейсмичности Кавказа // Физика Земли. 2017. № 3. С. 3–13.
 25. Стогний В.В., Стогний Г.А. Тектоническая расслоенность Алдано-Станового геоблока. Новосибирск: Наука, 1997. 151 с.
 26. Стогний Г.А., Стогний В.В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. Якутск: ГУП НИПК «Сахаполиграфиздат», 2005. 174 с.
 27. Трофименко С.В. Тектоническая интерпретация статистической модели распределений азимутов гравимагнитных полей Алданского щита // Тихоокеан. геология. 2010. Т. 29, № 3. С. 64–77.
 28. Тяпкин К.Ф., Кивелюк Т.Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Недра, 1982. 239 с.
 29. Тяпкин К.Ф. Изучение разломных и складчатых структур докембрия геолого-геофизическими методами. Киев: Наук. Думка, 1986. 168 с.
 30. Усиков В.И. 3-D модели рельефа и строение верхней части земной коры Приамурья // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 6. С. 14–32.
 31. Хренов П.М. Скрытые зоны глубинных разломов складчатых областей и платформ (на примере юга Восточной Сибири) // Глубинные разломы юга Восточной Сибири и их металлогеническое значение. М.: Наука, 1971. С. 5–38.
 32. Хренов П.М., Демин А.Н., Таскин А.П. и др. Скрытые поперечные разломы Байкальской рифтовой системы // Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск: Наука СО, 1977. С. 99–104.
 33. Шатков Г.А., Вольский А.С. Тектоника, глубинное строение и минерагения Приамурья и сопредельных территорий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. 189 с.
 34. Шерман С.И., Сорокин А.П., Сорокина А.Т., Горбунова Е.А., Бормотов В.А. Новые данные об активных разломах и зонах современной деструкции литосферы Приамурья // ДАН. 2011. Т. 439, № 5. С. 685–691.
 35. Шерман С.И., Ма Цзинь, Горбунова Е.А. Современные сильные землетрясения Центральной Азии: тектонофизические закономерности локализации в структуре и гео-

- динамике литосферы. Часть 1. Главные геодинамические факторы локализации сильных землетрясений в структуре литосферы Центральной Азии // Геодинамика и тектонофизика. 2015. Т. 6, № 4. С. 409–436.
36. Чадаев М.С., Ибламинов Р.Г., Гершанок Л.А., Гершанок В.А., Простолупов Г.В. Геологические структуры западного склона северного и среднего Урала по данным гравиметрии и магнитометрии // Литосфера. 2011. № 6. С. 134–140.
37. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Computers & Geosciences. 1997. V. 23, N 1. P. 45–62.

*Рекомендована к печати В.Г. Быковым
после доработки 21.02.2019 г.
принята к печати 08.07.2019 г.*

T.V. Merkulova, G.Z. Gil'manova, S.A. Tusikova

Tectonic fracturing of the lithosphere of the Priamurye region by the submeridional and sublatitudinal faults (from geophysical data and the relief analysis)

Tectonic fracturing in the Priamurye region is studied based on the relief analysis, the gravity and magnetic field anomaly axes, earthquakes sequence and V_p/V_s ratios, and zones of tectonic submeridional and sublatitudinal faulting are distinguished. Separate segments of the extended submeridionally and sublatitudinally oriented zones are evidenced from the regional faults detected using the geological methods. Mainly submeridionally oriented tectonic fracturing zones are revealed that do not correlate with the regional faults. The submeridional tectonic fracturing zones displayed in the lineaments of different type that correspond to the seismoactive zones may be considered as hidden faults.

Key words: relief, geophysical anomalies, lineaments, hidden faults, Priamurye.