

**ЛИНЕЙНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЮГА АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА И  
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА:  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

**Г.З. Гильманова, Б.Ф. Шевченко, О.В. Рыбас, Е.Ю. Диденко, С.В. Головей**

*Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, Ким Ю Чена, 65, г. Хабаровск,  
680000; e-mail: [gigulya@yandex.ru](mailto:gigulya@yandex.ru)*

Поступила в редакцию 10 ноября 2010 г.

Выполнен анализ линейных геологических структур области сочленения Алдано-Станового щита и фрагмента восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса в пределах эталонного полигона (координаты 122–129° в.д. и 52–60° с.ш.) на основании данных о рельефе земной поверхности и аномальном поле силы тяжести, представленных в виде соответствующих цифровых моделей. Применение специального фильтра при анализе цифровой модели рельефа, дальнейшая обработка исходных данных программой WinLessa позволило получить новую, дополнительную информацию о строении рассмотренной площади. В итоге установлена временная преемственность развития геодинамических процессов в системообразующих зонах тектонических нарушений (Становая и Монголо-Охотская), начиная с поздней юры до настоящего времени. Для изученной площади предложена модель эволюции границы сочленения.

**Ключевые слова:** линеаменты, геодинамика зоны сочленения Евразийской и Амурской плит.

**ВВЕДЕНИЕ**

Для рассматриваемой территории рельеф земной поверхности отражает особенности тектонического развития земной коры, и в этой связи изучение его морфологических особенностей является одним из элементов геолого-структурных исследований при решении широкого круга геологических, тектонических, геодинамических задач [9]. Особое место при таких исследованиях уделяется изучению выделяемых различными способами линеаментных структур [1].

С линейными структурами различной протяженности, как правило, связаны границы геологических тел. Границы между тектоническими элементами земной коры тоже представляют собой линейные структуры (линеаменты).

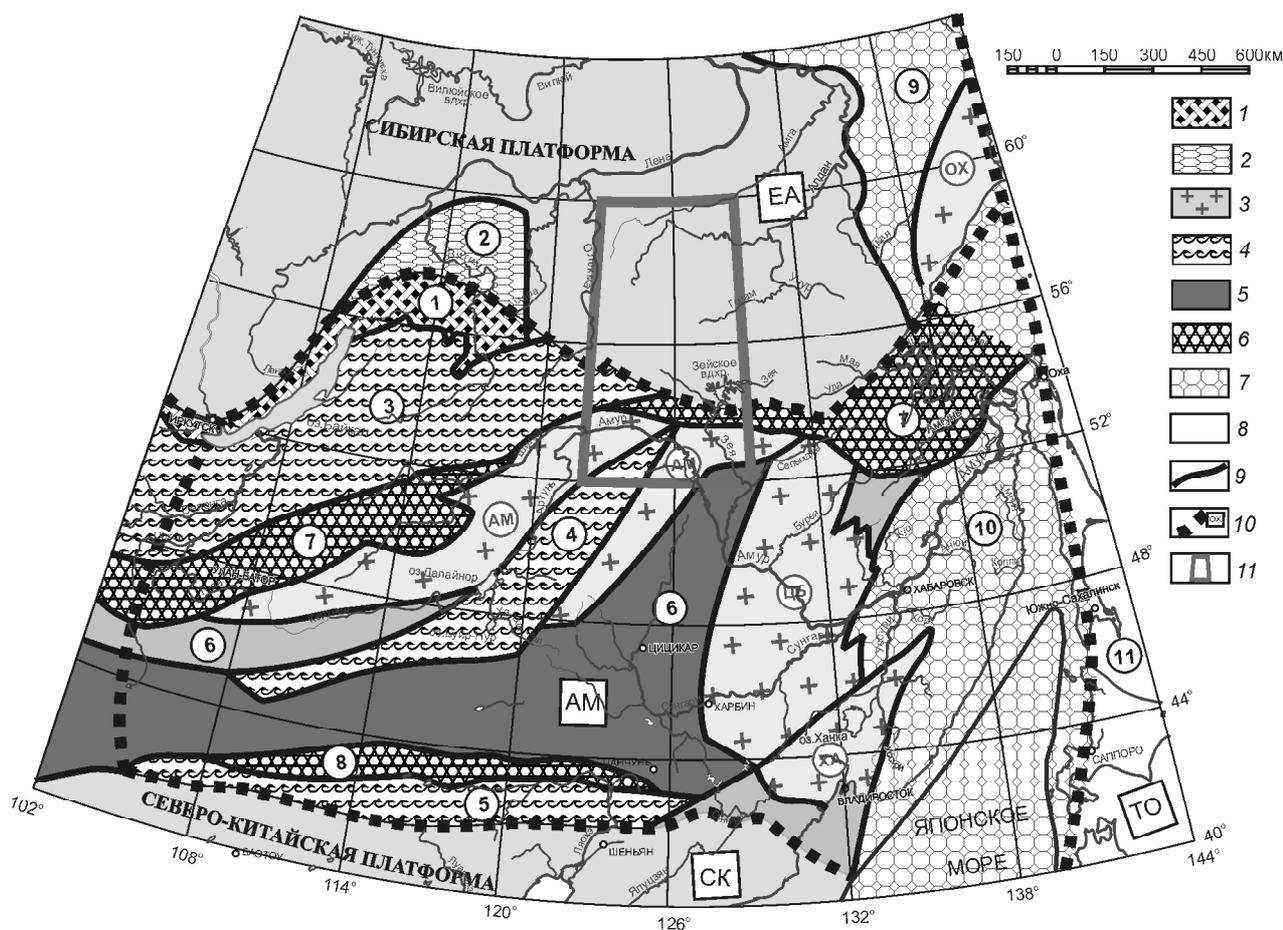
С одной стороны, структурный анализ взаимоотношений тектонических элементов и их линейных границ позволяет исследовать палеогеодинамические особенности развития исследуемых объектов, с другой – с узлами пересечений линеаментов, как правило, связаны рудные районы, отдельные рудные узлы и тела. Также установлено, что чаще всего области пересечения линейных структур являются областями проявления как современной, так и палеогеодинамической активности.

В настоящее время все больше появляется новых данных о состоянии земной поверхности, полученных дистанционными методами (космические снимки, данные космической геодезии), и ее недр (более высокоточные геофизические съемки, геологические карты нового поколения). Во всей этой информации, представляемой в виде фото и иного рода изображений рельефа земной поверхности, карт полей различной физической природы, присутствуют линейные элементы.

Для обработки, анализа и визуализации подобного рода информации в последние годы появились пакеты программ, что позволяет получать новые, порой принципиально иные характеристики исследуемых геологических объектов. Сюда относятся структурные и статистические параметры исходных и трансформированных изображений объектов вне зависимости от их физической природы.

В нашем исследовании исходные материалы, с учетом применяемых для последующей обработки ИТ-технологий, представляются в виде цифровых моделей (ЦМ).

Целью данной работы является изучение тектонических особенностей и современного геодинамического состояния области сочленения юга Алдано-Станового щита и восточной части Центрально-Ази-



**Рис. 1.** Схема тектонического районирования восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса. Составлена с привлечением материалов [2, 8], с изменениями и дополнениями.

Структуры южного обрамления Сибирской платформы (орогенные пояса) (цифры в кружках): 1 – позднерифейский (байкальский): 1 – Циркум-Сибирский; 2 – раннепалеозойский (каледонский): 2 – Байкало-Патомский. Микроконтиненты с докембрийским фундаментом (буквы в кружках): 3 – ОХ – Охотский, АМ – Аргуно-Мамынский, ЦБ – Цзямусы-Буреинский, ХА – Ханкайский. Структуры Центрально-Азиатского складчатого пояса (орогенные пояса) (цифры в кружках): 4 – раннепалеозойские (каледонские): 3 – Селенга-Становой, 4 – Северо-Хинганский, 5 – Шара-Мурэнский; 5 – позднепалеозойский (герцинский): 6 – Лунцзян-Селемджинский; 6 – позднепалеозойские-раннемезозойские (позднегерцинские-индосинийские): 7 – Монголо-Охотский, 8 – Солонкерский; 7 – позднеюрско-раннемеловые (киммерийские): 9 – Верхояно-Колымский, 10 – Хонсю-Сихотэалинский, 11 – Восточно-Сахалинский и др., молодые орогенные области; 9 – системы разломов; 10 – границы плит, их наименования: EA – Евразийская, АМ – Амурская, СК – Северо-Китайская; 11 – контур области исследований.

атского складчатого пояса в пределах эталонного полигона (координаты 122–129° в.д. и 52–60° с.ш.) на основании данных о рельефе земной поверхности и глубинном строении (радарная съемка, аномальное поле силы тяжести).

#### ТЕКТОНИЧЕСКАЯ И ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

В тектоническом отношении область исследований включает следующие структурные элементы: Аргуно-Мамынский микроконтинент, Монголо-Охотский и Селенга-Становой орогенные пояса, Алдано-Становую провинцию Сибирской платформы. Площадь исследований относительно хорошо изучена, и

мы, с учетом дополнительных геолого-геофизических данных, полученных после 2001 г., в своих построениях опираемся на тектоническую основу Л.П. Карсакова и др. [2, 8]. В пределах контура площади расположен фрагмент границы участков двух современных плит – Евразийской и Амурской (рис. 1).

В геодинамическом отношении область взаимодействия Евразийской и Амурской плит характеризуется высоким уровнем сейсмичности в пределах широкой полосы (до 400 км), протягивающейся от оз. Байкал к Охотскому морю. Северным ограничением этой полосы сейсмичности является Олекмо-Становая сейсмическая зона [5]. Южное ограничение – Тукурингра-Джагинская сейсмическая зона, протяги-

вающаяся между  $54^\circ$  и  $55^\circ$  с.ш. и восточнее  $120^\circ$ . Между  $120^\circ$  и  $125^\circ$  в.д. проходит еще одна зона сейсмичности, которая пересекает пояс в субдолготном направлении и разделяет его на два блока – Забайкальский: от оз. Байкал до р. Олекмы, и Становой – от р. Олекмы до Охотского моря. Каждый из этих блоков отличается своими особенностями и скоростью движения, обусловленными взаимодействием Евразийской и Амурской плит. Наибольшая концентрация землетрясений в виде сейсмических поясов и зон наблюдается вдоль Станового и Монголо-Охотского разломов.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходным материалом для исследований и обработки послужили: 1) цифровая модель рельефа SRTM-03, 2) цифровая модель аномального гравитационного поля в редукции Буге исходного масштаба 1:1 000 000.

SRTM-03 имеет следующие исходные характеристики: размер ячейки (исключая территорию США)  $3 \times 3$  секунды (примерно 90 м), проекция Lat/Lon на эллипсоиде WGS 84 (World Geodetic System 1984) с исходной отметкой над уровнем моря, определяемой геоидом WGS84-EGM96 (Earth Gravitational Model). Абсолютные погрешности горизонтального позиционирования и высоты для Евразийского континента составляют 8.8 м и 6.2 м, соответственно. Данные кодируются 16 битами, что позволяет представлять весь набор высот дискретностью 1 м.

С целью повышения возможностей визуального дешифрирования, генерализации изображения для выявления отдельных классов объектов О.В. Рыбасом по оригинальной методике была проведена математическая обработка ЦМР, суть которой сводилась к применению фильтра выделения границ (Модуль градиент рельеф – МГР). Методика основана на алгоритмах, выделяющих точки цифрового изображения с изменяющейся яркостью или другими неоднородностями. Применение фильтра выделения границ к изображению существенно уменьшает количество обрабатываемых данных; отфильтрованная часть изображения считается менее значимой, а наиболее важные структурные свойства изображения сохраняются.

Модуль градиента является наиболее эффективным инструментом для выделения линейных структур, т.к. в зонах разрывных нарушений почти всегда присутствуют пространственно вытянутые участки с близкими значениями градиентов. Кроме того, в любой точке экстремума значение модуля градиента близко к нулю, что позволяет в результате отчетливо выделять долины и хребты в виде протяженных линейных объектов.

Для поиска линеаментов, анализа их ориентации и плотности использовалась методика LESSA

(Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), реализованная в программе WinLESSA [12]. Программа позволяет получать единообразное численное описание изображений различного типа схем, цифровых моделей рельефа, выявлять линейные элементы рисунка и описывать их свойства так, как это принято в геологических исследованиях. Это розы-диаграммы плотности линейных элементов, протяженные линеаменты, а также многие другие новые характеристики.

Суть обработки состоит в следующем. В процессе поиска линейных элементов в полутоновом изображении выделяются спрямленные участки границ областей разной яркости, в бинарном изображении – оси линий, в цифровой модели рельефа – спрямленные участки хребтов и долин. Анализ полученного при расчетах материала позволяет выявить распределение по исследуемой площади локально преобладающих направлений, однородные и аномальные по своим ориентационным свойствам области.

Расчеты по программе WinLessa были проведены для цифровой модели рельефа, обработанной модулем градиента рельефа и цифровой модели гравитационного поля.

В итоге для изучаемой территории были получены карты: линеаментов различной степени выраженности, роз-диаграмм направлений линеаментов на исследуемой площади, границ смены характера (структуры) роз-диаграмм, линий вытянутости роз, плотности распределения элементарных линейных элементов и др. В данном исследовании, для структурных построений и последующей интерпретации, использована часть полученной информации – распределение линеаментов (рельеф, аномальное гравитационное поле) и плотность распределения элементарных линейных элементов рельефа.

Вся информация была интегрирована в проекте ArcGis 9.3, где также были добавлены слой линейной разломной сети и слой эпицентров землетрясений, созданный на основе каталога землетрясений за XX век, составленный В.А. Бормотовым, А.В. Войтенком (ИТиГ ДВО РАН).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

Наложение линейного слоя разломной сети на цифровую модель рельефа и на изображение, полученное в результате обработки МГР, показало лучшее соответствие видимых линейных структур сети разломов, чем в случае с подобной обработкой для обычной цифровой модели рельефа [3]. Оказалось также, что расчеты линеаментов в программе WinLessa на МГР позволили выделить новые (дополнительные) линейные структуры, которые более корректно совмещаются с уже известными разломными

системами. Поэтому дальнейший анализ проводился на основе МГР (рис. 2 а, б, в, г).

Дешифрирование МГР по признаку интенсивности тонового изображения (процедура, подобная традиционному способу дешифрирования аэрофотоснимков) позволяет выделить несколько групп линеаментов, часть которых фиксирует установленные по геологическим данным разломные структуры (рис. 2а).

Обработка модуля градиента рельефа пакетом программ WinLessa позволила провести районирование изучаемой территории. В основе проведенной процедуры лежит признак протяженности и плотности выделенных линеаментов. При структурировании линеаментов использованы два типа границ раздела. Первый тип – дисконформный к основному направлению группы линеаментов. Второй тип – конформный, ограничивающий наиболее протяженные пучки выделенных линеаментов или, при незначительной ширине пучка, проведенный по его осевой части (рис. 2б).

Среди наиболее выраженных линеаментов рельефа земной поверхности выделяется несколько характерных пучков. В северной части исследуемой территории линеаменты имеют преобладающее направление север–юг и обусловлены, в первую очередь, орографической сетью. Эта часть территории исследований отделена от остальной территории границей первого типа. В тектоническом отношении этот район соответствует венд-кембрийским и более молодым структурно-формационным комплексам Алдано-Ленской плиты Сибирской платформы. Границы первого типа в пределах Алданской гранулит-гнейсовой и Становой гранит-зеленокаменной областей подчеркивают их тектоническую делимость на более мелкие блоки различной структурно-формационной принадлежности.

Далее на юг преобладают линеаменты широтного, северо-западного и северо-восточного направлений. Для их структурирования использован второй тип границ делимости. Особенно ярко выделяются две субширотные области линеаментных пучков. Северная область соответствует Становой системе разломов (разломы 7, 9), южная – Джелтулакскому, Северо-Тукурингскому и другим разломам (разломы 1, 2, 3, 4, 5, 6). По нашим представлениям, именно здесь, по Джелтулакской и Северо-Тукурингской системе разломов, проходит граница сочленения современных Амурской и Евразийской тектонических плит [11].

В районе 123°–125° в.д. эти две системы соединяются линеаментами северо-восточного и северо-западного направлений. В самой южной части площади обращают на себя внимание более короткие пучки линеаментов субширотного направления, частично совпадающие с системой уже известных разломов. Этот

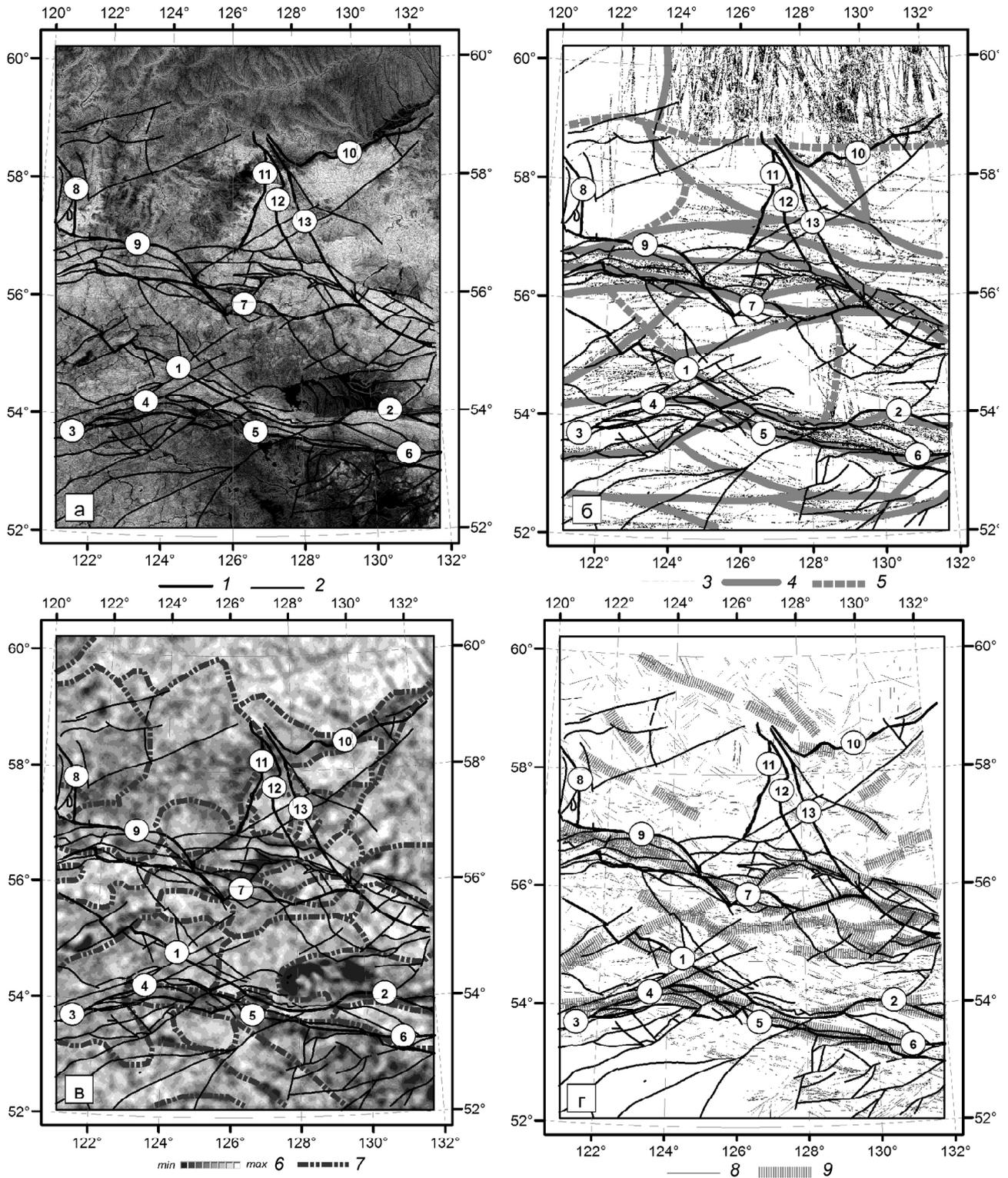
результат обработки исходных данных позволяет более детально анализировать выделяемые структуры с целью геолого-структурного районирования.

Таким образом, составленная схема районирования по одному из расчетных параметров отражает соотношения известных по геологическим данным границы структурно-формационных комплексов с длиной и плотностью линеаментов, с дизъюнктивными нарушениями. Часть линеаментных структур рельефа, не нашедших соответствия с дизъюнктивами, с большой долей вероятности должна отражать не установленные к настоящему времени системы тектонических нарушений.

Следующим расчетным параметром, вовлеченным нами в анализ, была плотность распределения элементарных линейных элементов, выделенных по цифровой модели модуля градиента рельефа (рис. 2в). Полученная структура распределения подчеркивает мелкоблоковую тектоническую делимость всех известных на площади исследования крупных тектонических элементов. Причем следует отметить, что границы районов с различной плотностью распределения элементарных линейных элементов рельефа коррелируются как с границами отдельных структурно-формационных комплексов, так и, в значительной мере, с фрагментами известных тектонических нарушений.

Таким образом, выделенные в результате обработки цифровой модели градиента рельефа особенности распределения линеаментов и границы областей различной плотности распределения позволяют сделать вывод о том, что неотектонические процессы, сформировавшие современный тектонический вид территории исследований (сдвиги, сбросы, надвиги), в силу их относительно молодого возраста [7], развиваются на базе более ранних тектонических структур, обусловленных своими, во временном отношении, тектономагматическими событиями [3, 11]. Особенно ярко это проявлено для Становой и Монголо-Охотской разломных систем (рис. 2б, в).

Линеаменты, выделенные с помощью программы WinLessa по гравитационному полю (рис. 2г), в подавляющем большинстве имеют субширотное направление и развиты в основном в центральной и южной частях рассматриваемой территории. Самые выраженные пучки субширотных линеаментов соответствуют основным разломным зонам – Становой, Монголо-Охотской и Джелтулакской. В северной части рассматриваемой территории установлены линеаменты северо-западного и северо-восточного направлений. Линеаменты субмеридионального направления практически не выражены.



**Рис. 2.** Линейные элементы площади исследований.

Линейные геологические структуры на цифровой модели модуля градиента рельефа (а). Разломы: 1 – основные (цифры в кружках: 1 – Желтулакский, 2 – Ланский, 3 – Монголо-Охотский, 4 – Северо-Турурингский, 5 – Южно-Турурингский, 6 – Тугурский, 7 – Становой, 8 – Тарын-Темулякитский, 9 – Южно-Якутский, 10 – Чагда, 11 – Тимптонский, 12 – Нуамский, 13 – Тыркандинский); 2 – второстепенные. Районирование линеаментов рельефа (б). 3 – все линеаменты, 4 – границы групп линеаментов, конформных с основными направлениями тектонических нарушений, 5 – границы групп линеаментов, дисконформных с основными направлениями тектонических нарушений. Районирование по плотности элементарных линейных элементов рельефа (в). 6 – шкала интенсивности плотности элементарных линейных элементов, 7 – границы районов с различной интенсивностью плотности элементарных линеаментов. Линеаменты гравитационного поля (г): 8 – все, 9 – основные.

По “гравиметрическим” линеаментам изучаемая площадь разделяется на четыре крупных тектонических блока: рифей-вендский комплекс Алдано-Ленской плиты, Алданская гранулит-гнейсовая область, Становая гранит-зеленокаменная область совместно с северо-восточным фрагментом каледонского Селенга-Станового орогенного пояса и западным фрагментом Монголо-Охотского орогенного пояса. Четвертая выделенная область включает в себя коллаж разнородных тектонических элементов восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Основная группа “гравиметрических” линеаментов расположена в зонах развития Становой и Моноло-Охотской систем разломов, что позволяет, в силу физической специфики аномального гравитационного поля, судить об определенной глубине проникновения в земную кору указанных разломных систем и, соответственно, сопряженных с ними линеаментов и фрагментов границ областей распределения плотности (рис. 2 б, в, г). Таким образом, к наиболее глубинным границам (качественная оценка) нами отнесены те области сгущения “рельефных” линеаментов, которые коррелируются с выраженными областями “гравитационных” линеаментов. Эти области комплекса линеаментов мы использовали в качестве опорных при дальнейшем геодинамическом анализе области исследований.

Ранее выполненные на основании комплексной интерпретации геолого-геофизических данных модельные построения для этого района дают оценку глубины заложения линеаментов в 35 км и более [10].

Особенности современной геодинамической активности земных недр также находят отражение в линеamentной структуре рельефа земной поверхности и аномального гравитационного поля. Инструментально измеряемые признаки современной геодинамической активности – горизонтальные (данные GPS-измерений), вертикальные (повторное нивелирование), перемещения землетрясения с соответствующими характеристиками (магнитуда, эпицентр, гипоцентр, тип фокального механизма) – позволяют проводить комплексный анализ в ГИС-среде (ArcGis 9.3) и получать новую геолого-геофизическую информацию.

Горизонтальные и вертикальные перемещения отдельных тектонических блоков и более крупных тектонических элементов – плит – формируют поле сейсмичности. Существующие каталоги землетрясений позволили провести геодинамический анализ полученных нами линеamentных структур.

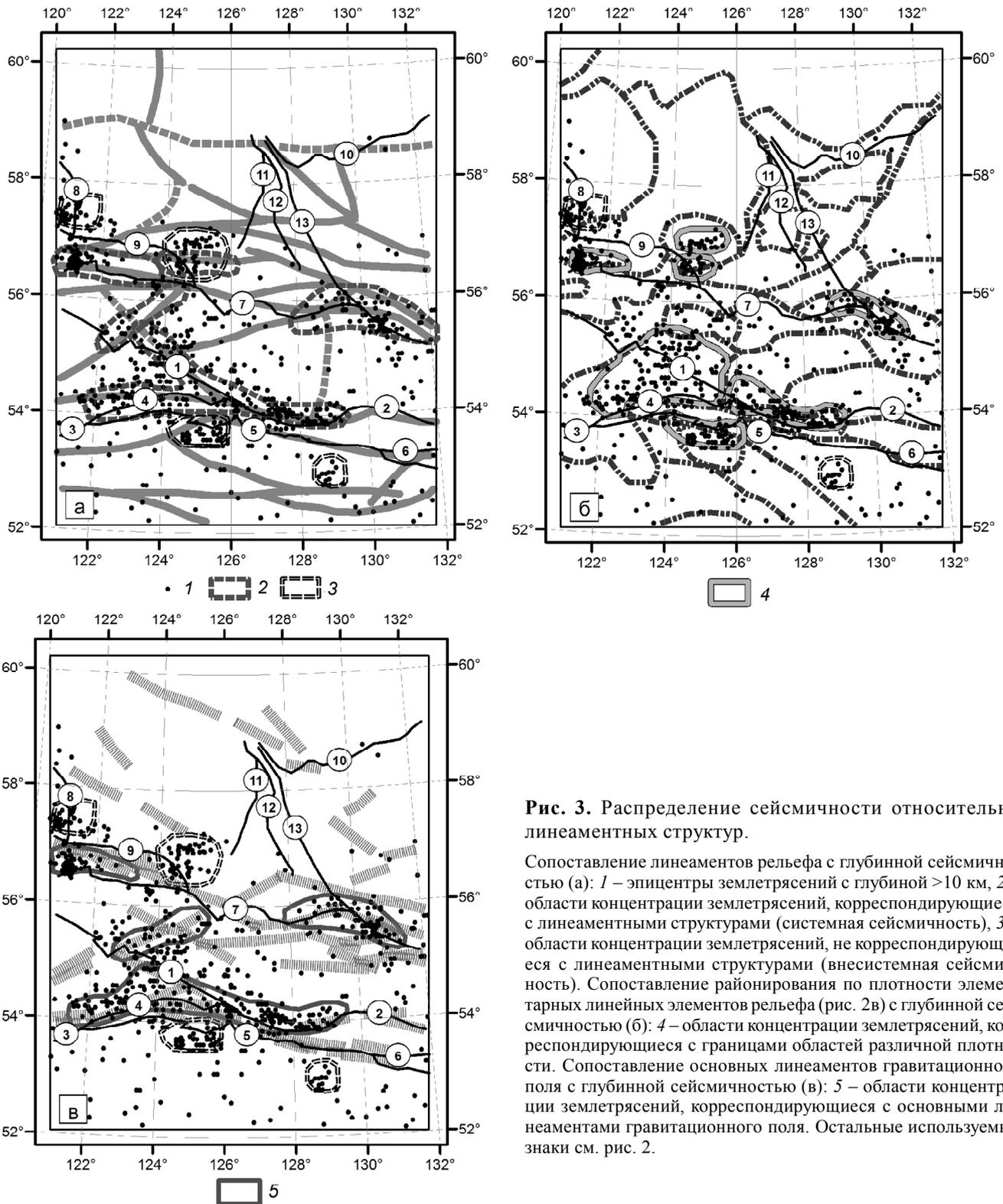
Для изучаемой территории распределение количества землетрясений по магнитуде ( $M \leq 7$ ) близко к нормальному с максимумом около  $M=2.5$ , при этом подавляющее большинство землетрясений произош-

ло на глубинах до 5 км. Нами для последующего анализа и с учетом полученных представлений о глубинах заложения линеаментов были выбраны землетрясения с глубиной 10 км и более и с магнитудой больше 4. Составленные карты распределения гипоцентров землетрясений на исследуемой площади позволили выявить некоторые закономерности на фоне ранее построенных линеamentных и площадных моделей (рис. 3 а, б, в).

Для “гравиметрических” линеаментов установлено, что большинство эпицентров землетрясений концентрируются в области развития Становой и Монголо-Охотской зон разломов (системная концентрация) (рис. 3а). Диагональный “гравиметрический” линеament северо-восточного простирания, соединяющий Становую и Монголо-Охотскую зоны, и приуроченная к нему область концентрации эпицентров землетрясений отражают сдвиговую глубинную структуру. Сдвиговые дислокации широко распространены в данном районе, устанавливаются геологическими методами и путем расчетов фокальных механизмов землетрясений [4, 8]. Подобного рода кинематика разрывных нарушений и обусловленных ими линеаментов возникает, в первую очередь, за счет современных коллизионных процессов (продолжение более ранних) между Евразийской и Амурской тектоническими плитами.

Для “рельефных” линеаментов получена, в несколько иных контурах, подобная концентрация эпицентров землетрясений (рис. 3б). Вне системные (вне связи с линеamentной структурой, как и на предыдущей схеме) области концентрации эпицентров землетрясений не связаны, вероятнее всего, со сдвиговой природой перемещений блоков земной коры.

На фоне структуры, образованной элементарными линейными элементами установлено, что распределение областей концентраций эпицентров землетрясений приурочено к локальным областям высокой плотности элементарных линейных элементов и их границам (рис. 3в). Границы локальных областей сопряжены с “гравиметрическими” и “рельефными” линеаментами, и общий структурный план остается подобным двум вышеописанным. Исходя из предположения о том, что плотность распределения элементарных линейных элементов рельефа парагенетически связана с величиной градиента скорости вертикального перемещения отдельных блоков земной коры (энергия рельефа), то именно повышенной энергией рельефа можно объяснить две внесистемные области концентраций землетрясений, которые расположены севернее Становой и южнее Монголо-Охотской систем разломов вдоль линии 125 – меридиана (рис. 3в). Косвенным подтверждением такого



**Рис. 3.** Распределение сейсмичности относительно линейных структур.

Сопоставление линейментов рельефа с глубинной сейсмичностью (а): 1 – эпицентры землетрясений с глубиной >10 км, 2 – области концентрации землетрясений, соответствующие с линейными структурами (системная сейсмичность), 3 – области концентрации землетрясений, не соответствующие с линейными структурами (внесистемная сейсмичность). Сопоставление районирования по плотности элементарных линейных элементов рельефа (рис. 2в) с глубинной сейсмичностью (б): 4 – области концентрации землетрясений, соответствующие с границами областей различной плотности. Сопоставление основных линейментов гравитационного поля с глубинной сейсмичностью (в): 5 – области концентрации землетрясений, соответствующие с основными линейментами гравитационного поля. Остальные используемые знаки см. рис. 2.

варианта интерпретации природы сейсмичности в выделенных областях является обширное поле высокой плотности элементарных линейных элементов (энергии рельефа), соответствующее комплексам Алдано-Ленской плиты. Величины скорости вертикаль-

ных перемещений (мощность осадочных образований) во времени малы, сейсмичность практически отсутствует, рельеф выположенный.

Исследование каталога землетрясений и последующая визуализация распределения их гипоцент-

ров (проект ArcGis 9.3 с приложением ArcScene, для трехмерного отображения) позволило нам сделать серию пересечений в пределах изучаемой площади. Одно из них, характеризующее структуру сейсмического поля Становой, Монголо-Охотской и соединяющей их диагональной системы разломов, приведено на рис 4. Пологое падение границы области сейсмичности на север ( $20^\circ$ , вертикальный и горизонтальный масштабы различные) обусловлено наличием Станового глубинного разлома.

Анализ структуры сейсмичности по глубине указывает на то, что вертикальные и наклонные зоны сейсмичности (глубины 25–30 км) развиваются преимущественно по уже имеющимся системам тектонических нарушений (унаследуют имеющийся структурный план тектонических нарушений).

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результат наших исследований в виде интегральной структурной схемы представлен на рис. 5.

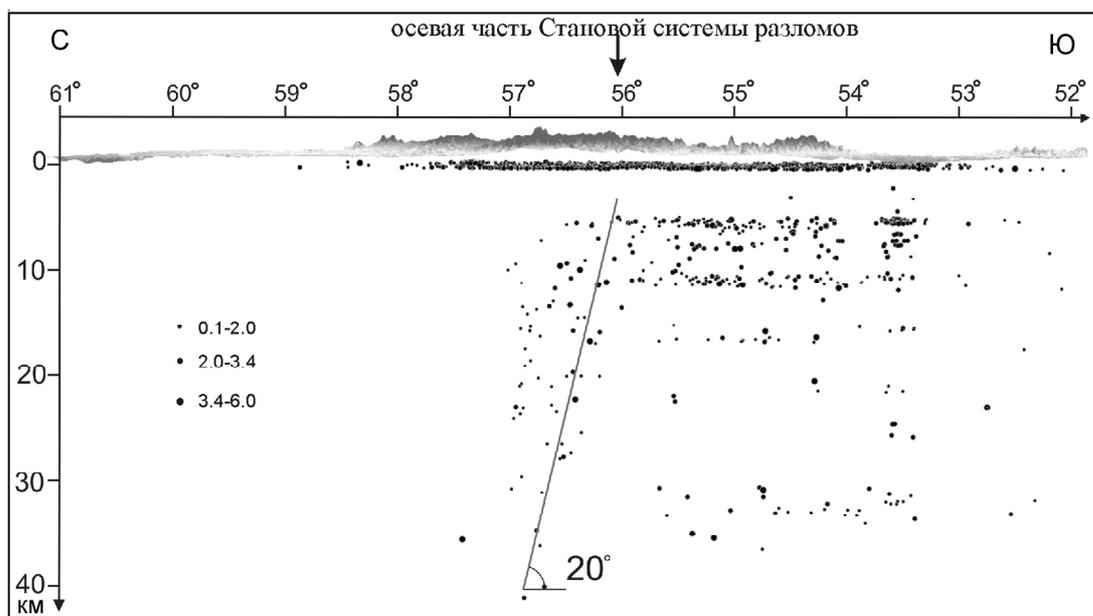
Из данной схемы (она сформирована в среде ArcGis 9.3) следует, что районы глубинной сейсмичности хорошо коррелируются с различными линейными и площадными областями сгущения линеаментов, элементами рельефа земной поверхности, выделенными по модулю градиента рельефа, и линейными элементами аномального гравитационного поля.

Рассматриваемый структурный план, имеющий Z-образную форму, отражает современное

геодинамическое состояние границы двух тектонических плит – Евразийской и Амурской, детализирует ранее выделенную пограничную зону перехода между ними [4].

На основании данной схемы можно утверждать, что коллизионные и трансформные границы современных плит или их мегаблоков формируются на базе предшествующих, более ранних систем тектонических нарушений, прослеживающихся в глубину на всю мощность земной коры.

По отношению к данной структурной схеме (рис. 5) нами сделано следующее ранжирование линеаментных структур. Линеаменты геологической природы (тектонические нарушения, установленные по геологическим данным), не коррелирующиеся с линеаментом рельефа, являются палеогеодинамическими структурными элементами. Соответственно, линеаменты рельефа являются более молодыми по времени образования структурами, отражающими, скорее всего, не выделенные к настоящему времени в результате геологических работ тектонические нарушения (рис. 3б). “Гравиметрические” линеаменты, не коррелирующиеся с линеаментом геологической природы, отражают либо системы тектонических нарушений, перекрытых последующими осадочными образованиями, и для их картирования необходимы специальные методы исследований (венд-кембрийский плитный комплекс в северной части исследуемой площади),



**Рис. 4.** Распределение сейсмичности по глубине для основных структур площади исследований.

Близповерхностный сейсмический слой – область гипоцентров промышленной сейсмичности; размеры знака гипоцентра соответствуют значениям магнитуд землетрясений (каталог ИГиГ ДВО РАН).

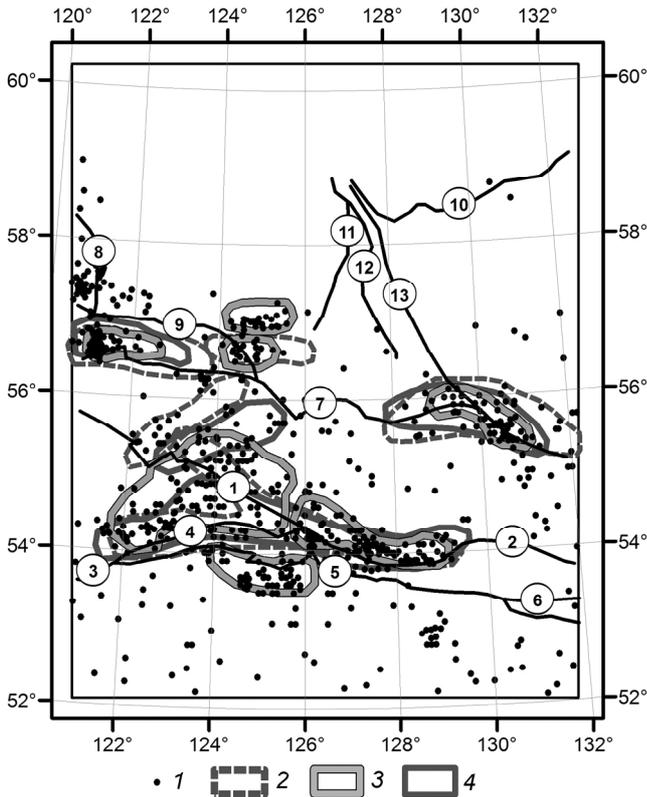


Рис. 5. Интегральная характеристика линейаментных структур.

Условные обозначения см. рис. 3.

либо границы областей коровых плотностных неоднородностей, с которыми связаны пояса магматических комплексов (цепочки мезозойских гранитоидов Становика).

На основании приведенных исследований и с учетом имеющейся информации о перемещении тектонических плит [5, 7], наличия вращательной составляющей в движении современных плит нами составлена кинематическая схема перемещений мегаблоков тектонических плит (рис. 6).

Привлекая ранее полученные данные о типе и плановом месторасположении границы плит, в пределах исследуемой площади [7, 11] нами предлагается эволюционная схема развития этой границы, начиная с мезозойского времени, т.е. времени становления Амурской плиты в современном ее понимании. В меловой период граница плит проходила по Джелтулакской и Северо-Тукурингской системе разломов. Подтверждением такой интерпретации могут служить геохронологические определения по комплексам пород Джелтулакского прогиба [6]. Далее в раннем-среднем кайнозое фрагмент границы смещается к северо-востоку [7]. В позднем кайнозое, скорее всего в связи с

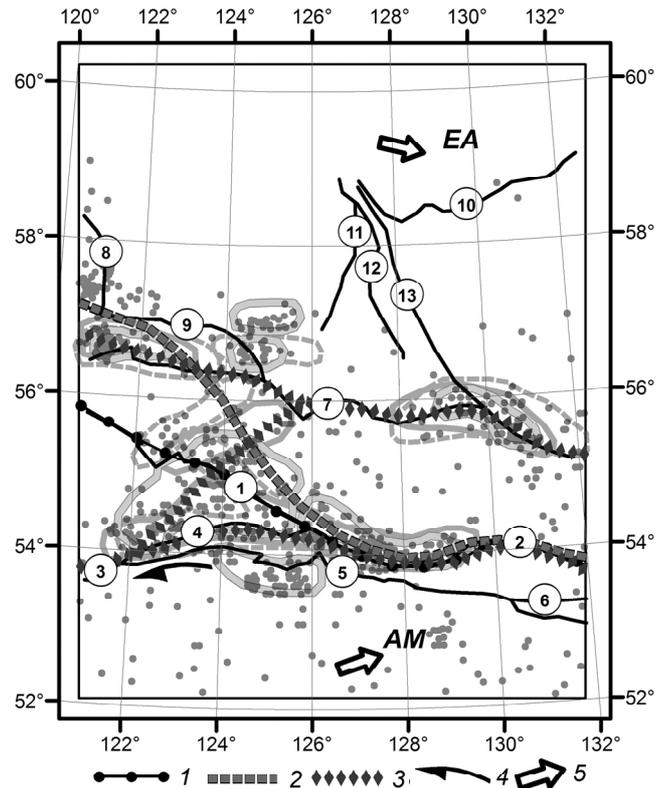


Рис. 6. Кинематическая схема области сочленения Евразийской и Амурской тектонических плит.

1 – позднемеловая граница плит, 2 – раннекайнозойская граница плит, 3 – современная граница плит, 4 – направление вращения Амурской плиты, 5 – генеральное направление перемещения тектонических плит.

изменением скорости углового вращения Амурской плиты, произошел разрыв сплошности границы и начался процесс формирования иного структурного плана границы плит, который к настоящему времени имеет Z-образный вид (рис. 6).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать некоторые выводы как по полученным геологическим результатам, так и по технологии комплексного изучения тектоники и геодинамики вовлекаемых в изучение территорий Дальневосточного региона.

Установлено, что применение преобразованных модулем градиента цифровых моделей рельефа и их дальнейшая обработка в программе WinLessa дало возможность получить новую, дополнительную информацию о тектоническом строении рассмотренной площади.

Применение ГИС-технологий обеспечило возможность многофакторного анализа геолого-геофизических данных.

Основные результаты нашего исследования следующие.

Установлена временная преемственность развития геодинамических процессов в системообразующих зонах тектонических нарушений (Становая и Монголо-Охотская), начиная с поздней юры до настоящего времени. Сдвиговые процессы, сбросо-взбросы развиваются на всем интервале глубин земной коры.

Выделены линейные области, вдоль которых с высокой степенью вероятности при последующем геологическом доизучении территории будут установлены разноранговые дизъюнктивные нарушения.

Получена, в пределах изученной площади, модель эволюции границы сочленения Евразийской и Амурской тектонических плит, которая обусловлена особенностями геодинамического режима земной коры, в частности, и литосферы, в целом.

Работа выполнена в рамках интеграционной программы ОНЗ РАН "Строение и формирование основных геологических структур подвижных поясов и платформ" (проект № 09-1-ОНЗ-10) и при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 09-05-00223а).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. СПб.: Недра, 2006. С. 161.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2-х кн. / Под ред. А.И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 572 с.+цветные карты.
3. Диденко А.Н., Гильманова Г.З., Шевченко Б.Ф. и др. Линейные геологические структуры юга Алдано-Станового щита и восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса: анализ цифровых моделей рельефа, аномальных гравиметрического и магнитного полей // Проблемы сейсмичности и современной геодинамики Дальнего Востока и Восточной Сибири: Докл. науч. симпоз. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2010. С. 21–24.
4. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. и др. Буферные сейсмогенные структуры между Евразийской и Амурской литосферными плитами на юге Сибири // Тихоокеан. геология. 2008. Т. 22, № 6. С. 55–61.
5. Имаев В.С., Имаева Л.П., Гриб Н.Н. и др. Сейсмогенерирующие структуры Байкало-Патомского и Алдано-Станового блоков (анализ трассы нефтепровода Восточная Сибирь-Тихий океан). Нерюнгри: Изд-во Техн. института (ф) ЯГУ, 2008. 212 с.
6. Котов А.Б., Ковач В.П., Чжан Б-М и др. Желтулакская шовная зона: возраст и тектоническая позиция / Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы науч. совещ. по Программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. Т. 1. С. 153.
7. Леви К.Г., Шерман С.И., Саньков В.А. Современная геодинамика Азии: карта, принципы составления, геодинамический анализ // Геотектоника. 2009. № 2. С. 78–93.
8. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов: Объясн. зап. к Тектонической карте м-ба 1:1 500 000 / Л.П. Карсаков, Чжао Чуньцин, М.В. Горошко и др. Владивосток; Хабаровск: ДВО РАН, 2005. 264 с.
9. Федоровский В.С., Скляр Е.В. Коллизионная система палеозоя Западного Прибайкалья: структура из космоса / Тектоника и глубинное строение Востока Азии: VI Косыгинские чтения: докл. Всерос. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2009. С. 90–92.
10. Шевченко Б.Ф., Каплун В.Б. Модель глубинной геодинамики области сочленения Евразийской и Амурской литосферных плит // Литосфера. 2007. № 4. С. 3–20.
11. Шевченко Б.Ф., Довбнич М.М. Геодинамика и глубинное строение литосферы восточной части Амурской плиты / Тектоника и глубинное строение востока Азии: VI Косыгинские чтения: докл. Всерос. конф. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2009. С. 144–147.
12. 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 А.Н. Диденко

*G.S. Gilmanova, B.F. Shevchenko, O.V. Rybas, Ye. Yu. Didenko, S.V. Golovey*

#### **Linear geological structures of the southern Aldan-Stanovoy Shield and eastern Central Asian fold belt: geodynamic aspect**

The analysis of linear geological structures of the conjunction zone of the Aldan-Stanovoy Shield and a fragment of the eastern part of the Central Asian fold belt has been fulfilled within the standard area (coordinates longitude 122-129°E and latitude 52-60°N), based on the Earth's surface topography data and anomalous earth gravity field, which are presented as corresponding digital models.

Application of a specific filter when analyzing a digital terrain model and further processing of the basic data by WinLessa program allowed new, supplementary information to be obtained on the studied area structure. As a result, a time succession of the geodynamic processes was determined in the system-forming zones of tectonic dislocations (Stanovoy and Mongol-Okhotsk), beginning from the Late Jurassic up to the present day.

**Key words:** lineaments, geodynamics of the conjunction zones of the Eurasian and Amur plates.