

3D-МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПРИАМУРЬЯ

В.И. Усиков

Институт горного дела ДВО РАН, ул. Тургенева 51, г. Хабаровск 680000, e-mail: v-i-usikov@yandex.ru
Поступила в редакцию 23 сентября 2009 г.

Анализ 3D-моделей рельефа территории Нижнего Приамурья, а также ряда сопредельных площадей, позволил сделать вывод, что строение региона обусловлено горизонтальной тектонической расслоенностью верхней части Амурской плиты. При ее перемещении на северо-запад в конце мелового периода отдельные фрагменты верхних слоев двигались не строго равномерно и синхронно, а с некоторым запаздыванием по отношению к плите в целом. Благодаря этому сформировались основные морфоструктурные элементы территории: долины рек, горные хребты и серия грабенов. Эти выводы подтверждаются полевыми наблюдениями и некоторыми геологическими данными. Действие предложенной гипотезы можно распространить и на ряд других регионов.

Ключевые слова: континентальная земная кора, ГИС-технологии, 3D-модели рельефа, тектоническая расслоенность, морфотектоническая схема, орогенез, рифтогенез, Приамурье.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия получено много фактов, свидетельствующих о тектонической расслоенности континентальной земной коры [17, 23], о наличии внутри нее пологих границ раздела, регистрируемых различными геофизическими методами [4, 13]. Для описания тектонических движений Ю.М. Пушаровский в 2004 г. ввел термин “тектоническое течение” [18], который стал использоваться в несколько измененной форме – “тектонический поток”. Постепенно выясняется: горизонтальные движения настолько регулярное явление [13], что В.А. Смирнов [20] предлагает придать понятию тектонического потока новый смысл – тектонической массы, испытывающей горизонтальное перемещение.

В Дальневосточном регионе многими исследователями также отмечается широкая распространенность горизонтальных тектонических границ [4, 13, 32]. Имеется значительное количество работ, из которых вытекает, что надвиги и тектонических покровы, а также сдвиговые [17, 22, 23] движения и деформации [11, 16, 25] вполне заурядное явление. Отмечается, что для региона типично тектоническое чешуирование [26, 27].

Если глобальные горизонтальные тектонические структуры и структуры в нижней части литосфе-

ры чаще всего достаточно контрастно выражены в физических полях и изучаются геофизическими методами, то исследование горизонтальных тектонических тел и границ локального масштаба, расположенных на небольших расстояниях (сотни метров – первые километры) чаще всего сопряжено со значительными трудностями. Это связано с трудностью прямого наблюдения разреза земной коры: бурением и горными выработками вскрыта его незначительная часть и, главным образом, на участках с прогнозируемыми месторождениями. Малоуглубленные, крупномасштабные геофизические методы ставятся там же. Эти методы, в основном, ориентированы на выявление вертикальных геологических границ, поэтому они мало что могут дать для определения горизонтальной расслоенности. Горизонтальные тектонические границы часто не имеют контрастного выражения в физических свойствах из-за близости состава выше и ниже границы. Истолкование результатов осложняется латеральной анизотропией этих свойств. На территории региона, с целью изучения грабенов, в небольшом объеме поставлены сейсмические работы [11]. В работе [24] показано, что эти данные допускают и альтернативный вариант интерпретации, когда образование асимметричных грабенов Среднеамурской впадины можно объяснить горизонталь-

ным сползанием всякого крыла с лежащего по литрическому разлому.

Новой возможностью исследования пологих тектонических структур представляется изучение и интерпретация строения земной поверхности. Тектонические процессы являются основным рельефообразующим фактором, поэтому исследование современного рельефа позволяет получить сведения о строении приповерхностного слоя земной коры, формировавшегося на последних стадиях тектогенеза. Для этого привлекаются достаточно детально разработанные геоморфологические методы [1, 5]. В связи с распространением персональных компьютеров возникла возможность широкого использования информационных, в частности, ГИС-технологий, которые способны в значительной степени дополнить и расширить возможности геоморфологических методов.

Представляется весьма плодотворным находящееся в стадии становления направление, использующее объемные модели рельефа. Один из пионеров этого направления А.В. Федорчук [30] использовал 3D-модели при мелкомасштабных работах (примерно 1:1 000 000 и мельче). Сейчас сфера применения начинает расширяться и появляются сведения о крупномасштабных исследованиях с применением объемных моделей рельефа [7], в том числе и в Дальневосточном регионе [12].

В современных условиях развитие методов, позволяющих осуществлять крупномасштабное изучение тектонического строения территорий, может иметь и большое практическое значение. До сих пор тектонические методы при металлогеническом районировании территорий использовались, главным образом, в мелком масштабе. В системе поисков месторождений полезных ископаемых они практически не применялись, т.к. в этом не было особой потребности. В настоящее время, когда фонд легкооткрываемых месторождений исчерпан и нужны более тонкие подходы к проблеме, тектонические и неотектонические методы могут находить и уже находят свое место в технологиях геологоразведочных работ [7].

Исследования, проводимые в 1997–2005 гг., позволили углубить представления о связи рельефа со строением верхней части земной коры и роли горизонтальных тектонических перемещений в его формировании.

МЕТОДИКА

Методика исследований подробно описана в препринте автора [24]. В ее основу положено построение и прямое визуальное изучение компьютерных объемных (3D) моделей рельефа на базе матриц

высот, распределенных по регулярной сети, использование интернет-сервиса Google Earth и комплексирование с данными традиционных дистанционных методов – космо- и аэрофотосъемок.

Исходными методологическими посылками были следующие.

1. Исследования [28, 29], показали, что рельеф представляет собой совокупность не только неровностей, но и “ровностей” земной поверхности, а также то, что “в условиях сибиретипного морфогенеза вершинные поверхности понижаются (отступают) параллельно самим себе, в силу чего морфологическая структура рельефа не изменяется” [29].

2. 3D-моделирование дает возможность получения наглядности, недоступной при других способах представления информации.

Еще до начала массового применения компьютеров Б.Г. Саксиним [19] было замечено, что рельеф на топокартах несет информацию, которая трудно извлекаема из-за того, что маскируется подробностями карты, и поэтому не используется. Для ее получения он применил карты горизонталей без всех подробностей и выявил высокую перспективность данного направления. После появления персональных компьютеров стало возможным выйти на новый уровень исследований.

Использованными материалами были: топографические и геологические карты, аэро- и космические фотоснимки, цифровые матрицы высот рельефа. Основные (мелкомасштабные) модели строились по матрицам высот GTOPO-30 [8], SRTM30 [10] (с шагом примерно 1 км), что по детальности примерно соответствует масштабу 1:1 000 000.

На этих картах выделялись участки для более подробных исследований с детальностью, соответствующей масштабу 1:100 000. Для построения таких моделей использовались матрицы с шагом около 90 м, полученные по результатам оцифровки горизонталей рельефа карт 1:100 000 посредством разработанного автором компьютерного приложения MapDigitising, или загруженные из Интернета результаты радарной съемки NASA (SRTM03) [9]. Упомянутое приложение MapDigitising можно использовать для оцифровки рельефа по сканированным топокартам масштаба 1:100 000 и крупнее.

Визуализация моделей осуществлялась посредством программы 3DEM, ГИС-приложения Microdem (та и другая свободно распространяются через Интернет) и интернет-сервиса Google Earth. При проведении настоящей работы использовались два способа визуализации модели: рельеф представлялся в виде объемных оттененных карт и/или объемных

каркасных изображений в аксонометрической или косоугольной проекции. В сервисе Google Earth каркасные модели облакаются космоснимками соответствующей площади как текстурой. Эта терминология еще не устоялась окончательно, поэтому в разных литературных источниках встречаются различные названия одних и тех же объектов. Оттененные карты чаще использовались для выявления региональных закономерностей, каркасные – для детальных.

При визуальном изучении 3D-моделей рельефа применялось несколько методических приемов в разных комбинациях. Самый распространенный из них – манипуляция положением источника освещения: высотой и азимутом. Большая часть работы выполнена с положением этого источника на северо-западе – там, где реально солнце никогда не бывает.

Второй эффективный прием – динамическое изменение ракурса каркасной модели. В качестве варианта применялось прослеживание морфоструктур по простиранию. Microdem позволяет строить стереопары исследуемых объектов.

В некоторых случаях объединение модели с растровым изображением в виде геологической карты или космоснимка, как в Google Earth, позволяет получить дополнительные данные, поэтому этот прием тоже применялся. 3D-моделирование комбинировалось с традиционными методами работы с картами и аэрофотоматериалами.

Полученные данные, по возможности, сопоставлялись с результатами полевых наблюдений.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Выполненная автором работа позволила выявить ряд особенностей строения рельефа Среднего–Нижнего Приамурья и сопряженных территорий. Основными из них являются:

- распространенность широких, линейно вытянутых, ящикообразных речных долин, обрамленных горными хребтами и группами хребтов;

- типичное северо-восточное направление длинных осей долин и хребтов и почти параллельная (в близких азимутах) их ориентация;

- асимметрия таких долин в поперечном сечении: один борт более крутой, другой заметно более пологий;

- типичный рисунок речной сети: основной водоток смещен в сторону крутого борта, оперяющие притоки линейно вытянуты, субпараллельны и образуют почти регулярную решетку;

- оперяющие потоки почти перпендикулярны широким долинам, основным рекам и хребтам;

- горные хребты рассечены сравнительно узкими, линейно вытянутыми, симметричными в поперечном сечении, каньонообразными (V-образными) речными долинами;

- азимут вытянутости этих долин совпадает с азимутом простирания оперяющих водотоков.

Примеры асимметричных ящикообразных долин приведены на рис. 1.

Все описанные морфоструктурные элементы образуют широко распространенную в регионе сеть диагональных линеаментов. По топографическим картам масштаба 1:100 000 и космоснимкам на часть площадей рассматриваемой территории составлены схемы этих элементов и вынесены на топооснову масштаба 1:500 000. Пример такой схемы для юго-западного фланга Буреинского хребта приведен на рис. 2.

Можно видеть, что многие субширотные и субмеридиональные морфоструктуры подразделяются на ансамбли диагональных элементов.

Типичным случаем является продолжение диагональных линеаментов северо-западного простирания в пределы равнинных частей впадин, перекрытых аллювиальными отложениями. Их оси вытянуты в тех же азимутах, что и узкие долины и оперяющие водотоки. На местности такие элементы выражаются в виде стариц, падей, пологих увалов, цепочек озер или марей. На космических снимках к ним добавляются контрастные цветовые границы не совсем ясного происхождения. Примеры таких явлений приведены на рис. 3.

Не менее закономерно наличие трансформных разломов северо-западного простирания, разрывающих борта ящикообразных долин (рис. 4). Они ориентированы в тех же азимутах, что и другие северо-западные линеаменты. Средний азимут всех элементов северо-западного простирания для разных площадей колеблется в пределах примерно 310–340°.

Такая сеть типична для Малого Хингана, Буреинского хребта и для левого, северо-западного борта Среднеамурской впадины. На противоположном ее борту сохранилось много фрагментов диагональной сети, но значительная их часть деструктурирована позднейшими тектоническими процессами или перекрыта лавовыми потоками.

Характерной особенностью строения самой впадины является то, что находящиеся в ее пределах грабены синформны с упомянутыми широкими долинами: асимметричны, ориентированы в том же азимуте.

Образование описанной скульптуры рельефа не укладывается в схему, определяемую эрозионным циклом Дэвиса. Часто в непосредственной близости

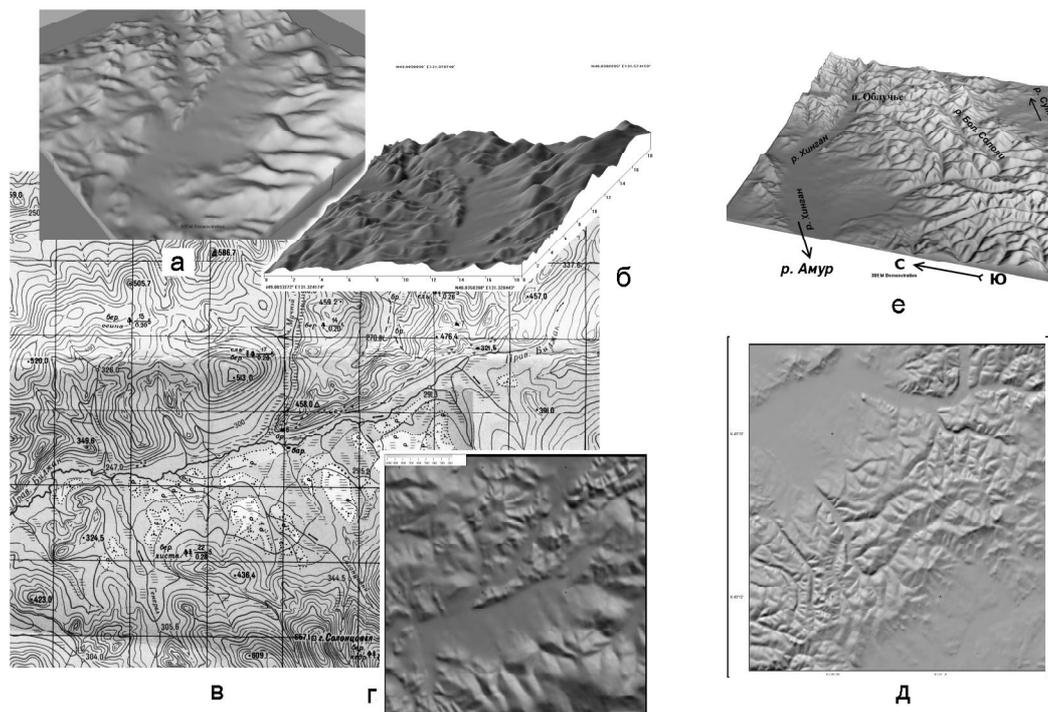


Рис. 1. Примеры асимметричных ящикообразных долин.

Ящикообразная долина реки Прав. Биджан в верхнем течении: а – каркасная объемная модель рельефа, сгенерированная при помощи приложения 3Dem; б – каркасная объемная модель рельефа, сгенерированная при помощи приложения Microdem; в – фрагмент топокарты; г – оттененная карта рельефа, полученная с помощью Microdem. Долина р. Хинган в нижнем течении: е – каркасная объемная модель рельефа, сгенерированная при помощи приложения 3Dem; д – оттененная карта рельефа, полученная с помощью Microdem.

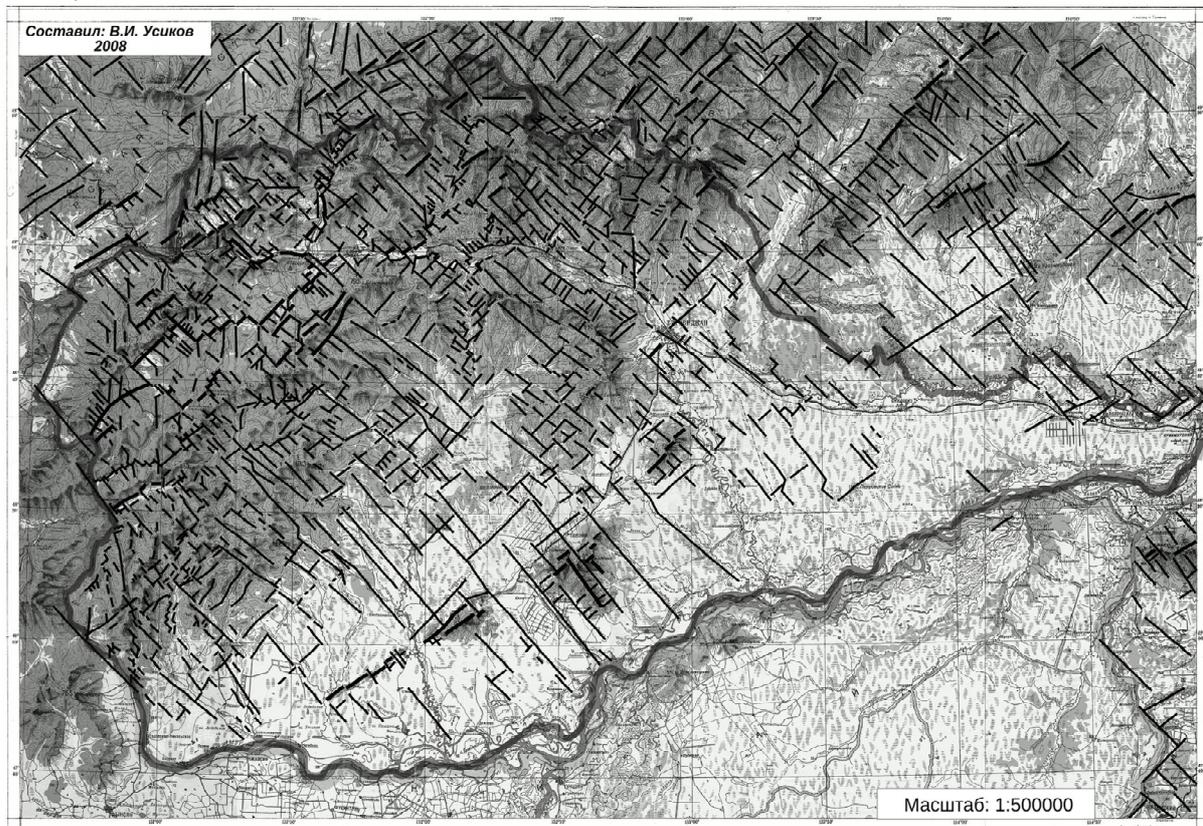


Рис. 2. План диагональных линейментов рельефа Еврейской автономной области и прилегающих площадей.

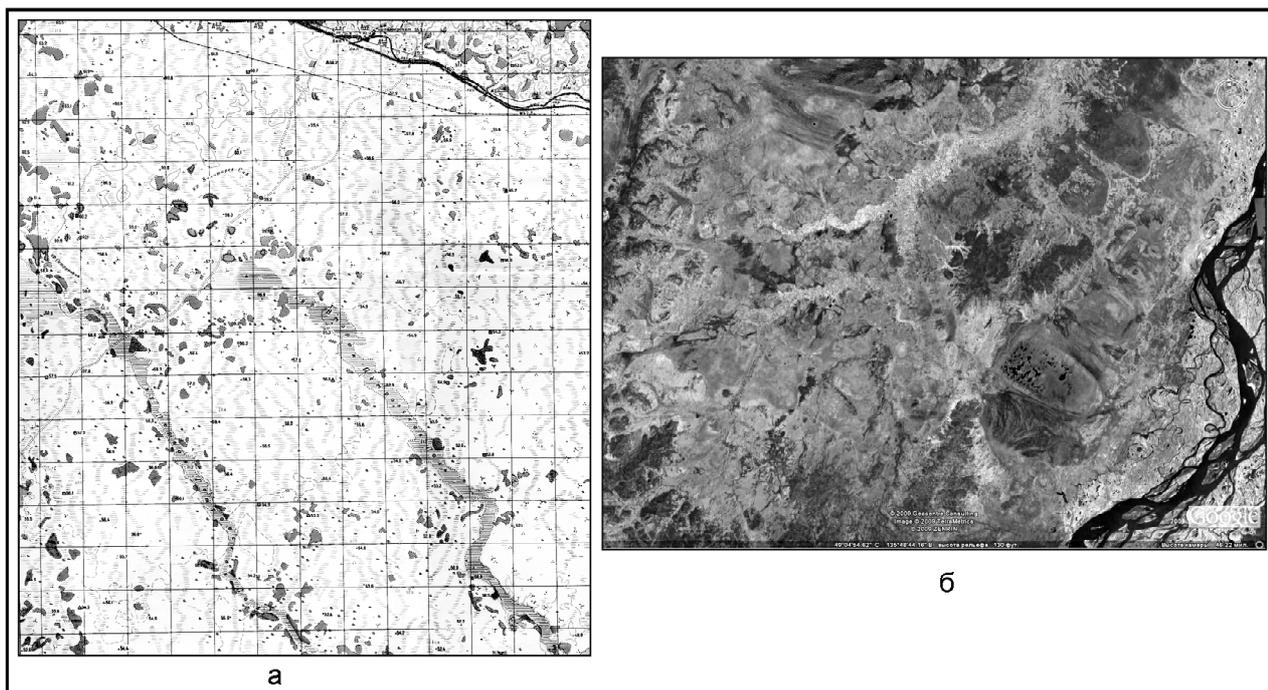


Рис. 3. Примеры линейных элементов северо-западного простирания, прослеживаемых в равнинной, перекрытой аллювием части речной долины на территории Среднеамурской впадины.

а – отражение диагональных линейных элементов на карте (площадь южнее п. Смидович, ЕАО); б – изображение диагональных линейных элементов на космоснимке (площадь юго-восточнее оз. Болонь, Хабаровский край)

друг от друга можно наблюдать речные долины, находящиеся как на первой, так и на четвертой стадии эрозионного цикла. Нередко верховья реки могут находиться в долине конечных стадий эрозионного цикла, а непосредственно ниже по течению расположена долина в одной из начальных стадий. Показательный пример – река Прав. Биджан (рис. 1).

Совокупность приведенных данных может быть непротиворечиво объяснена тем, что рельеф земной поверхности на рассматриваемой площади сформирован благодаря тектонической расслоенности самой верхней части земной коры и движению тектонических покровов по пологим сместителям.

Для более глубокого обоснования данной гипотезы потребовалось ввести понятие о тектонических структурах, до настоящего времени практически не изученных, комплементарных по отношению к надвигам. В авторском варианте предлагается называть такие структуры термином “стриппинг”, производным от английского слова “Strip” (сдирать, обдирать). Так именуется образование, которое развивается как бы противоположно надвигу, то есть возникающее, когда висячее крыло “сдирается” с лежащего по пологому сместителю.

Таким образом, надвиги и стриппинги органически связаны с тектоническими покровами и их перемещением в горизонтальном направлении. Собственно говоря, надвиг формируется фронтальной, стриппинг – тыльной областью тектонического покрова или части покрова, и оба являются его элементами. Сам покров образуется за счет скучивания отдельных тектонических чешуек. На основании этих понятий появилась возможность построить гипотезу, трактующую горизонтальные движения фрагментов земной коры как первопричину рельефообразования. В какой-то мере рассматриваемое явление аналогично полю плавучих арктических льдов, которое по фронту образует гряды торосов, а с тыла – разводы свободной воды.

На рис. 5 приведена обобщенная схема развития стриппинга. Остановимся на ряде принципиальных моментов, поясняющих схему. Стриппинг развивается в процессе движения плиты или мегаблока, верхняя часть которого раскалывается в горизонтальной плоскости. Висячее крыло со скальзывает с лежащего по листрическому разлому. При этом имеется в виду относительное направление движения. Реально может и лежащее крыло “выползти” из-под висячего. То есть, в зависимо-

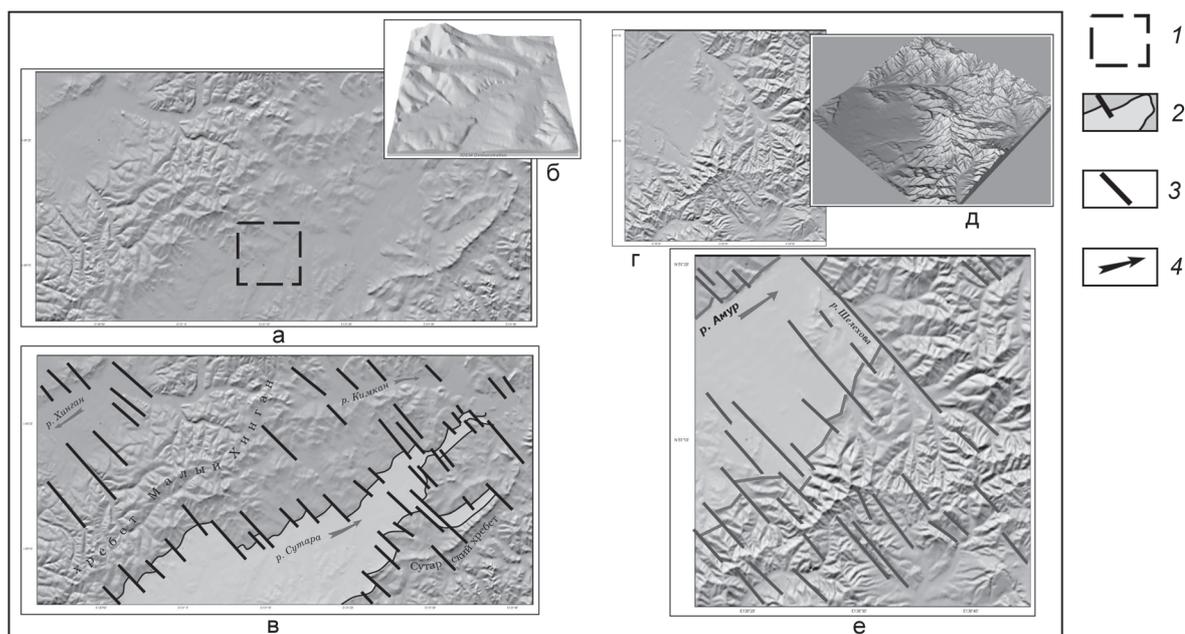


Рис. 4. Трансформные разломы, смещающие борта речных долин.

а – оттененная карта рельефа Сутарской депрессии; б – детальный участок долины р. Сутары; в – план расположения трансформных разломов; г – оттененная карта рельефа участка долины р. Амур в районе п. Шелехово; д – 3D-модель этого участка; е – план расположения трансформных разломов. 1 – положение детального участка; 2 – контур долин рек; 3 – трансформные разломы; 4 – направление течения р. Амур. Оттененные карты рельефа сгенерированы Microdem.

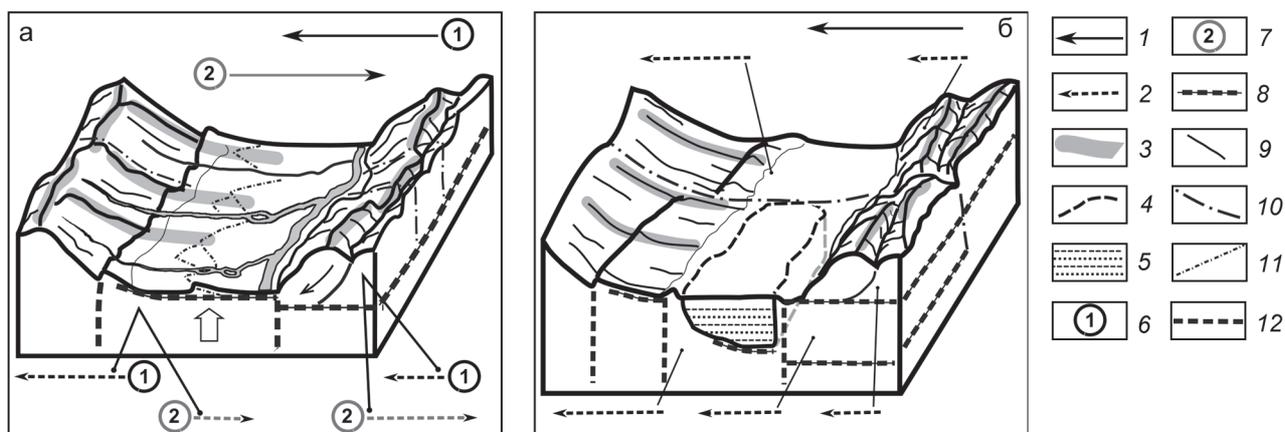


Рис. 5. Обобщенные схемы развития стриппинга (а) и грабена (б).

1 – направление перемещения плиты (мегаблока); 2 – направление движения блока, длина стрелки характеризует скорость; 3 – направление простирания водоразделов; 4 – контур грабена; 5 – рыхлые отложения, выполняющие грабен. Варианты формирования тектонических структур: 6 – плита (мегаблок) смещаются в противоположных направлениях; 7 – плита (мегаблок) смещаются в одном направлении. Тектонические элементы: 8 – пологий сместитель тектонического покрова (висячего крыла стриппинга); 9 – сброс или взброс; 10 – трансформный или ограничивающий разлом; 11 – разлом скалывания; 12 – компенсирующий разлом.

сти от соотношения скоростей отдельных блоков внутри мегаблока стриппинги могут раскрываться как в направлении движения плиты, так и встречно. На схеме показаны оба возможных варианта. На одной площади может наблюдаться и комбинация обоих типов раскрытия.

От тыльной части висячего крыла в некоторые моменты откалываются фрагменты, которые предлагается именовать “тыльными грядами”. По мере движения они могут полностью отделиться и образовать острова-отторженцы или целые гряды отторженцев, которые выглядят как отдельные массивы или хреб-

ты посреди равнинной долины. В процессе движения висячее крыло оставляет за собой борозды выпавания, простирающиеся, естественно, в направлении его перемещения. Эти борозды контролируют направление течения водотоков, определяя положение притоков высоких порядков. Это положение частично наследуется и в процессе заполнения стриппинговых долин аллювием.

Горизонтальный сместитель не является единой плоскостью, а представляет собой зону пологих тектонических нарушений. Возможен случай образования нескольких горизонтальных сместителей с разной глубиной заложения. Тогда по более глубоким из них, по тому же сценарию, развиваются асимметричные грабены (полуграбены), днище которых сформировано листрическими разломами. По-видимому, можно выделить непрерывный ряд переходных форм от стриппинговых долин до типичных континентальных рифтов. Данные, приведенные в работе А.М. Петрищевского [14], подтверждают возможность такого явления.

На рис. 6 приведена обобщенная схема развития тектонического покрова и сопутствующих ему тектонических структур. Висячее крыло стриппинга, являющееся одновременно и тектоническим покровом или тектоническим потоком в представлении В.А. Смирнова [20], не может быть сплошным монолитом. Оно разбивается на отдельные тектонические чешуи, которые перемещаются с несколько отличными друг от друга скоростями, образуя волны сгущения (скучивания) и растаскивания этих чешуй, формируя производные тектонические структуры: фрактально вложенные надвиги и стриппинги более высоких порядков, сбросы, взбросы. Из-за нестрогой равномерности и одновременности перемещения покров разбивается сдвигами, имеющими простирание в направлении указанного перемещения. К ним же относятся и трансформные разломы, нарушающие борта широких (стриппинговых) речных долин. По таким сдвигам и формируются секущие симметричные V-образные речные долины. Их симметрия может несколько нарушаться, если сместитель сдвига имеет не вертикальное падение или его простирание не строго ориентировано в направлении движения покрова (в последнем случае образуется сбросо- или взбросо-сдвиг).

Иногда трансформный разлом разделяет структуры разных типов, например, как в случае с долинами рек Сутара и Дичун: стриппинговая долина р. Сутары сменяется по простиранию узкой долиной по фронту надвига (рис. 7). В этом случае разлом целесообразно назвать ограничивающим.

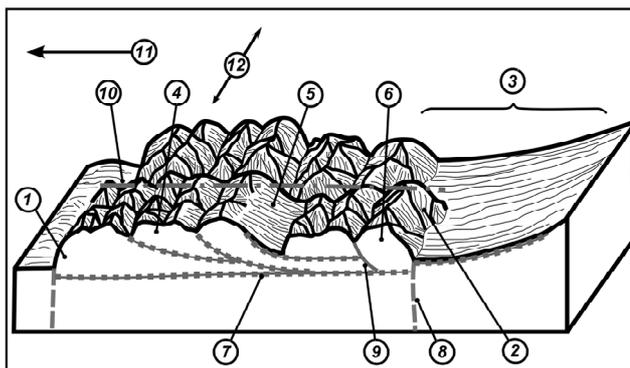


Рис. 6. Обобщенная схема движения тектонического покрова.

1 – фронт тектонического покрова (надвиг 1-го порядка); 2 – тыльная граница тектонического покрова; 3 – стриппинг 1-го порядка; 4 – надвиги 2-го порядка; 5 – стриппинг 2-го порядка; 6 – тыльная граница тектонического покрова; 7 – пологие сместители тектонических элементов; 8 – компенсирующие разломы (взбросы); 9 – сброс, отделяющий тыльную чешую от покрова; 10 – трансформный (ограничивающий) разлом; 11 – направление движения тектонического покрова, совпадающее с направлением простирания трансформного разлома; 12 – направление простирания хребтов и стриппинговых долин.

Естественно, в процессе образования описываемых структур происходит локальное нарушение изостатического равновесия. Если размеры горного массива, образованного тектоническим покровом, или размах стриппинга (грабена) сопоставимы либо превышают мощность земной коры, то по границам структур развиваются вертикальные компенсирующие разломы глубокого заложения, по которым указанное нарушение выравнивается. Этот процесс является довольно инерционным, т. к. он связан со значительным вертикальным и горизонтальным перемещением мантийных масс.

В подошве тектонического покрова должны образовываться разломы скалывания по аналогии с трещинами скалывания, наблюдаемыми на поверхностях скольжения разрывных нарушений.

Примеры всех описанных тектонических элементов можно наблюдать в пределах Среднеамурской депрессии и ее обрамления [24].

Образцы “свежих” тектонических структур, определяющих рассмотренные выше особенности, слабо затронутые поверхностными процессами, можно найти в зонах современного или только что завершившегося орогенеза. Наиболее наглядным примером, по мнению автора, может считаться асимметричная долина отрезка реки Муни, левого притока Буты на Сихотэ-Алине.

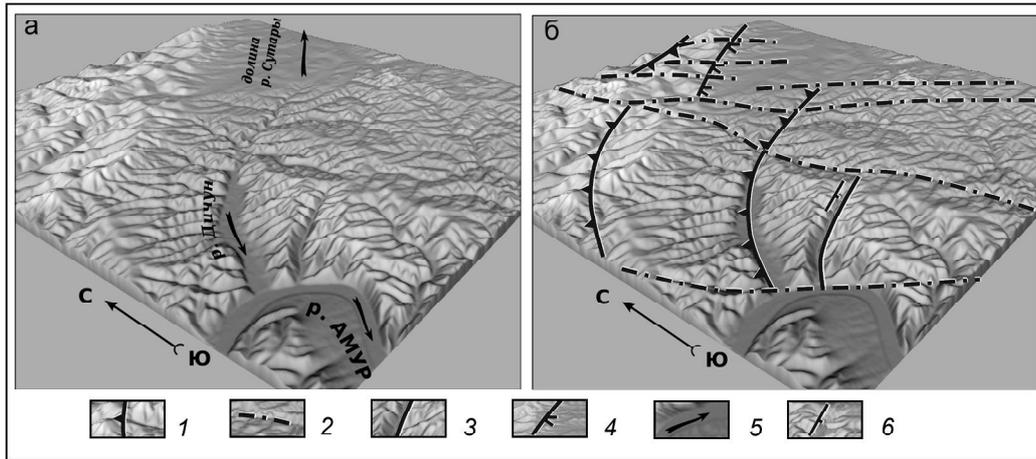


Рис. 7. Пример последовательной смены по простиранию надвига стриппингом: долины рек Дичун – Сутара.

а – 3D-модель в косоугольной проекции, полученная приложением 3Dem; б – та же модель с нанесенными на нее морфотектоническими элементами.

1 – фронт надвига (вершина треугольника указывает направление его движения); 2 – трансформные и ограничивающие сдвиги; 3 – сбросы; 4 – тыльная граница стриппинга; 5 – направление течения рек; 6 – направление падения сместителя тектонического нарушения.

На рис. 8 приведен аэрофотоснимок и 3D-изображение этого же участка в трех ракурсах, полученное с помощью Google Earth.

Рассматриваемый объект представляет собой широкую и плоскую долину, расположенную в горном районе с резко расчлененным рельефом. Долина простирается в меридиональном направлении, и река Муни течет с севера на юг. Правый (западный) борт ее обрывистый, скалистый, противоположный, восточный, полого понижается до самого обрыва. По мере понижения левый борт долины выполаживается и уплощается. На данном отрезке р. Муни имеет только один слабый правый приток, в то время как левых четыре и они значительно крупнее. Положение левых притоков контролируется почти прямолинейными, субпараллельными, каньонообразными долинами, ориентированными примерно по нормали по отношению к основному водотоку – реке Муни.

Анализ особенностей строения рельефа позволил интерпретировать рассматриваемый объект как современную стриппинговую долину. Ее морфотектоническая схема с двумя поперечными разрезами приведена на рис. 8д.

Висячее крыло, слагающее ныне западный борт, сползло с лежачего в западном направлении и тем самым сформировало рельеф данного участка. При перемещении эта пластина оставила на подстилающей борозды выпаживания, вытянутые, естественно, в направлении движения. Эти борозды и являются долинами, по которым текут левые притоки. Постепенное уплощение лежачего крыла

ближе к руслу основного водотока объясняется постепенным его истиранием по мере скольжения перекрывающей массы пород. Средний угол падения пологого сместителя в данном случае составляет примерно 6° , амплитуда стриппинга около 7 км. Вообще, как можно видеть на разрезах, сместитель висячего крыла является сместителем листрического разлома: в верхней части он более круто падает, затем выполаживается.

От тыльной части висячего крыла намечилось отделение тыльной гряды, выраженной в рельефе в виде параллельного долине хребта. Кроме того, восточная часть покрова разбита трансформными разломами.

Слабо выраженные в рельефе элементы, в виде углов с вершинами, направленными на восток по левому борту долины, вероятнее всего, трассируют разломы скальвания. Северная часть покрова, вскоре после начала движения, раскололась на несколько фрагментов и растянулась посредством серии сбросов. Приведенное описание строения участка поясняют приведенные на рисунке разрезы.

Таким образом, в наблюдаемой современной структуре проявлены почти все типичные особенности стриппинга. Отсутствуют только компенсирующие разломы, что естественно, т.к. его амплитуда слишком мала по сравнению с мощностью земной коры.

Компенсирующие разломы, вероятно, представляют собой не одну трещину, а зону крутопадающих дизъюнктивных нарушений. Часто они впоследствии

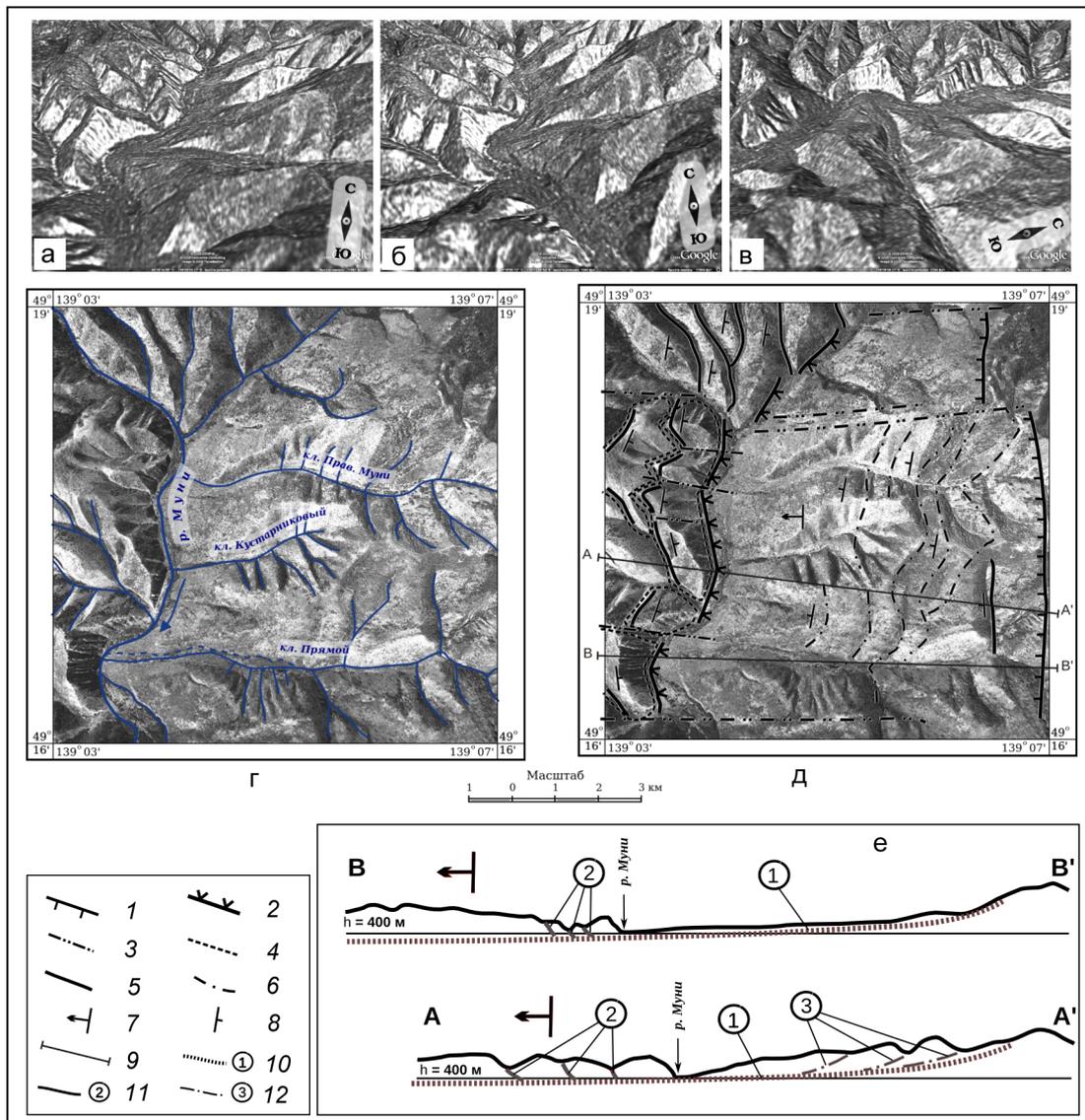


Рис. 8. Тектонически выположенная асимметричная долина р. Муни (Северный Сихотэ-Алинь).

а, б, в – объемное изображение участка, полученное в трех разных ракурсах при помощи Интернет-приложения Google Earth; г – аэрофотоснимок того же участка с вынесенной на него гидросетью; д – морфотектоническая схема участка; е – разрезы по профилям AA' и BB', построенные по топокарте масштаба 1:25 000 (западные части профилей выходят за рамку фотоснимка). Вертикальный масштаб объемных изображений Google Earth в 2 раза крупнее горизонтального; вертикальный и горизонтальный масштабы профилей одинаковы. 1 – примерное положение линии отрыва тектонического покрова (висячего крыла стриппинга); 2 – тыльная кромка тектонического покрова (висячего крыла стриппинга); 3 – ограничивающие и трансформные разломы; 4 – контур тыльной гряды; 5 – сбросы и взбросы; 6 – разломы (трещины) скалывания; 7 – общее направление движения тектонического покрова (висячего крыла стриппинга); 8 – направление падения сместителей разломов; 9 – линия профиля. Условные обозначения к профилям: 10 – основной пологий сместитель стриппинга (листрический разлом); 11 – тыльные разломы отрыва (сбросы); 12 – разломы скалывания.

маскируются излившимися на поверхность вулканическими лавовыми потоками. Это наблюдается, например, по правому берегу Амура, почти от г. Хабаровска и далее на северо-восток. Однако нередко эти разломы довольно четко выражены в рельефе. Один из характерных примеров – линеамент вдоль подно-

жья хребта Джаки–Унахта–Якбыяна со стороны долины р. Амур, а также долина реки Кур вдоль того же хребта, отделяющая его от остальной части горного массива. Эти элементы изображены на рис. 9.

Широкое распространение пологих разрывных тектонических нарушений подтверждается и рядом

независимых от 3D-моделей фактов, включая непосредственные полевые наблюдения. На многих обнажениях можно наблюдать признаки горизонтальных разломов: зоны дробления, серии тектонических трещин, горизонтальные зеркала скольжения. На рис. 10. приведены фотоснимки таких нарушений. Особенно показателен случай с долиной р. Каменушка и горой Дубовой. Долина реки была представлена, как стриппинговая долина, сформированная горизонтальным перемещением висячего крыла (тектонического покрова) в СЗ направлении. Гора Дубовая, согласно этому представлению, является тыльным окончанием последнего. В основании данной горы была обнаружена горизонтальная зона тектонических нарушений, показанная на рис. 10в, что является прямым аргументом в пользу выдвинутой гипотезы. Поголые зоны разломов встречаются и далеко за пределами Приамурья, что иллюстрирует рис. 10г.

На рис. 11 приведена оттененная карта рельефа (а) и морфотектоническая схема (б) Среднего, части Нижнего Приамурья и Северного Сихотэ-Алия, масштаба 1:1 000 000. На ней выделены основные морфотектонические элементы, составляющие структурный каркас территории. Более тонкие детали уточнялись в более крупном масштабе при помощи приложений Google Earth, Microdem, 3Dem. Участки детальных построений нанесены на карту релье-

фа (рис.11а). Эта карта наглядно иллюстрирует перечисленные выше особенности рельефа, свойственные региону.

На рассматриваемой территории можно выделить четыре структуры 1-го ранга: впадины Амуро-Зейская (ее ЮВ оконечность в СЗ углу планшета) и Среднеамурская (центральная диагональ) и два горных массива. Один из них разделяет указанные впадины, второй, Сихотэ-Алинский ороген, обрамляет Среднеамурскую впадину с юго-востока.

В эти структуры фрактально вложены образования более высоких порядков. Например, хребты Мал. Хинган и Буреинский, Сутарская депрессия, грабены имеют второй порядок. Сутарский хребет, межгорная впадина в верхнем течении р. Прав. Биджан – это структуры 3-го ранга. Часть впадин 2-го и 3-го ранга заполнены лавами неогеновых и неоген-четвертичных базальтов. К ним можно отнести впадину в верховьях р. Хинган, впадину к западу от истока р. Амгунь, впадины Комсомольского района, бассейна р. Самарги на Сихотэ-Алине и др.

Самая крупная структура на рассматриваемой территории – Среднеамурская депрессия, расположенная в центре схемы и вытянутая в направлении с юго-запада на северо-восток. Это направление является генеральным: так же ориентирована и большая часть хребтов и разделяющих их более мелких впа-

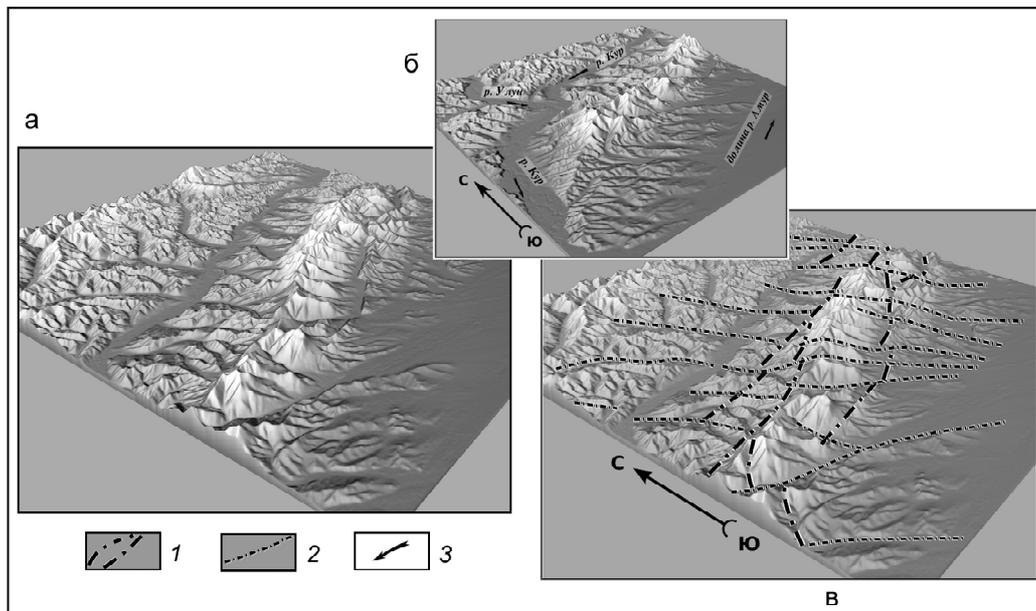


Рис. 9. Зона компенсирующего разлома в районе хребта Джаки–Унахта–Якбыяна

а – 3D-модель рельефа центрального фрагмента; б – 3D-модель рельефа: вид на хребет со стороны его юго-западного фланга; в – схема основных разломов центрального фрагмента хребта, наложенная на модель. а) и б) получены приложением 3Dem. 1 – трасса компенсирующего разлома; 2 – сбросы, сбросо-сдвиги и сдвиги; 3 – направления течения рек.

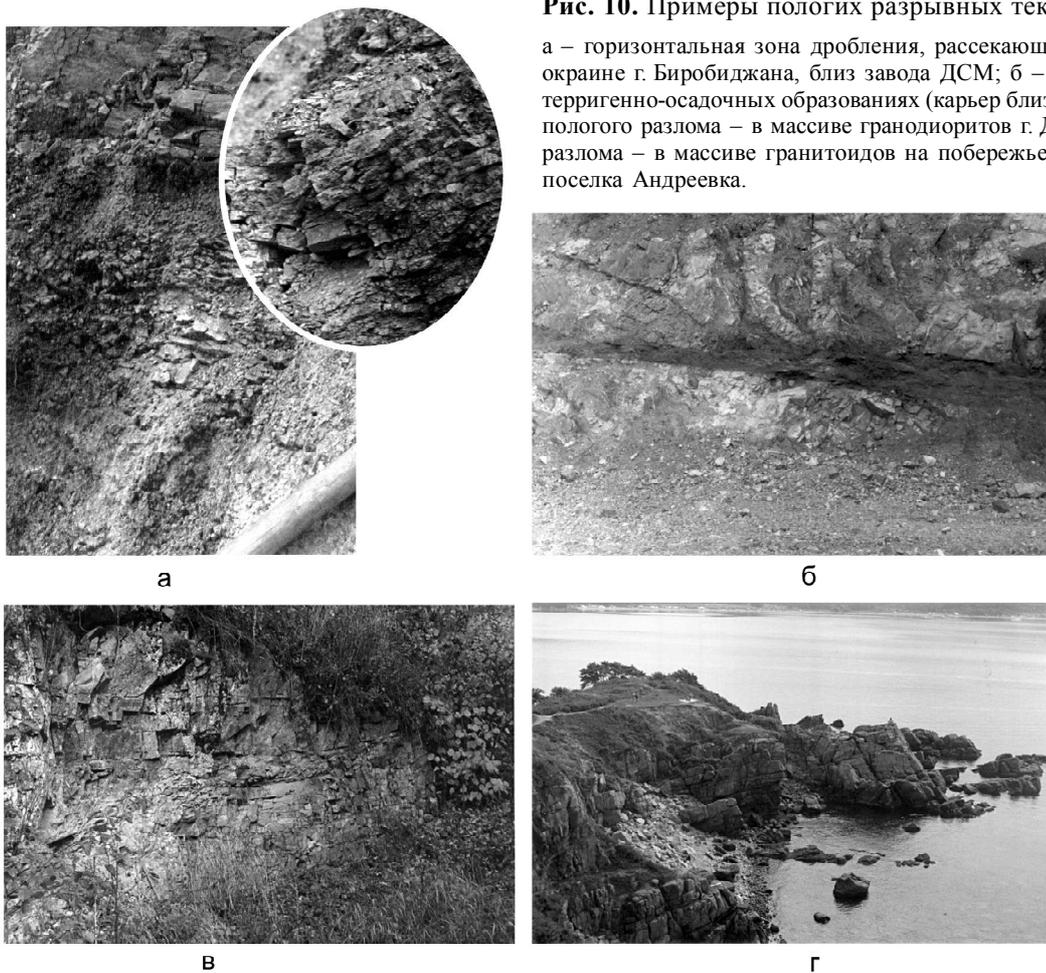


Рис. 10. Примеры пологих разрывных тектонических нарушений

а – горизонтальная зона дробления, рассекающая эффузивный покров на окраине г. Биробиджана, близ завода ДСМ; б – пологая зона дробления в терригенно-осадочных образованиях (карьер близ поселка Будукан); в – зона пологого разлома – в массиве гранодиоритов г. Дубовой; г – зона пологого разлома – в массиве гранитоидов на побережье Японского моря в районе поселка Андреевка.

дин. Структуры генерального простирания рассекаются линеаментами, вытянутыми почти перпендикулярно основному – в северо-западном направлении; в основном это прямолинейные участки речных долин и трансформные разрывы. Все вместе структуры образуют уже упоминавшуюся диагональную сеть линеаментов.

В центральной и северной части рассматриваемой площади эта сеть доминирует, хотя можно встретиться и с субмеридиональными, и с субширотными элементами. К востоку и юго-востоку количество последних увеличивается. В юго-восточной, Сихотэ-Алинской зоне субширотные, субмеридиональные и близкие к ним направления начинают преобладать, а диагональные остаются в виде фрагментов.

В пределах рассматриваемой территории расположено значительное количество грабенов, большая часть которых находится в Среднеамурской депрессии. На площади последней можно также наблюдать несколько хребтов и гряд высот, воздымающихся среди равнины. Ориентация длинных осей грабенов и большей части хребтов, как правило, согласна с общей вытянутостью депрессии.

Грабены имеют асимметричное строение. У тех, что расположены в долине Амура, северо-западный борт более пологий, нежели юго-восточный. Похоже, что такую форму имела и Среднеамурская впадина. Ее юго-восточный борт скрыт под покровами эффузивов, но северо-западный представлен на довольно значительном протяжении. Он выглядит как довольно плоская поверхность, вначале более крутая, затем плавно выполаживающаяся в юго-восточном направлении, в сторону русла р. Амур. Это можно видеть, например, в районе хребта Джаки–Унахта–Якбыяна (рис. 9).

Массив, расположенный между Амуро-Зейской и Среднеамурской депрессиями, разделен почти меридиональной Эворон-Чукчагирской впадиной. Однако это не вносит диссонанс в общую картину диагональной сети, т. к. строение последней в корне отличается от структуры элементов северо-восточного простирания. Основные депрессии имеют четко выраженные борта и днища в виде равнин с редко возвышающимися положительными формами рельефа, а у Эворон-Чукчагирской впадины вообще нет подобных бортов. Сама эта структура представляет собой некоторое понижение в горном массиве, состав-

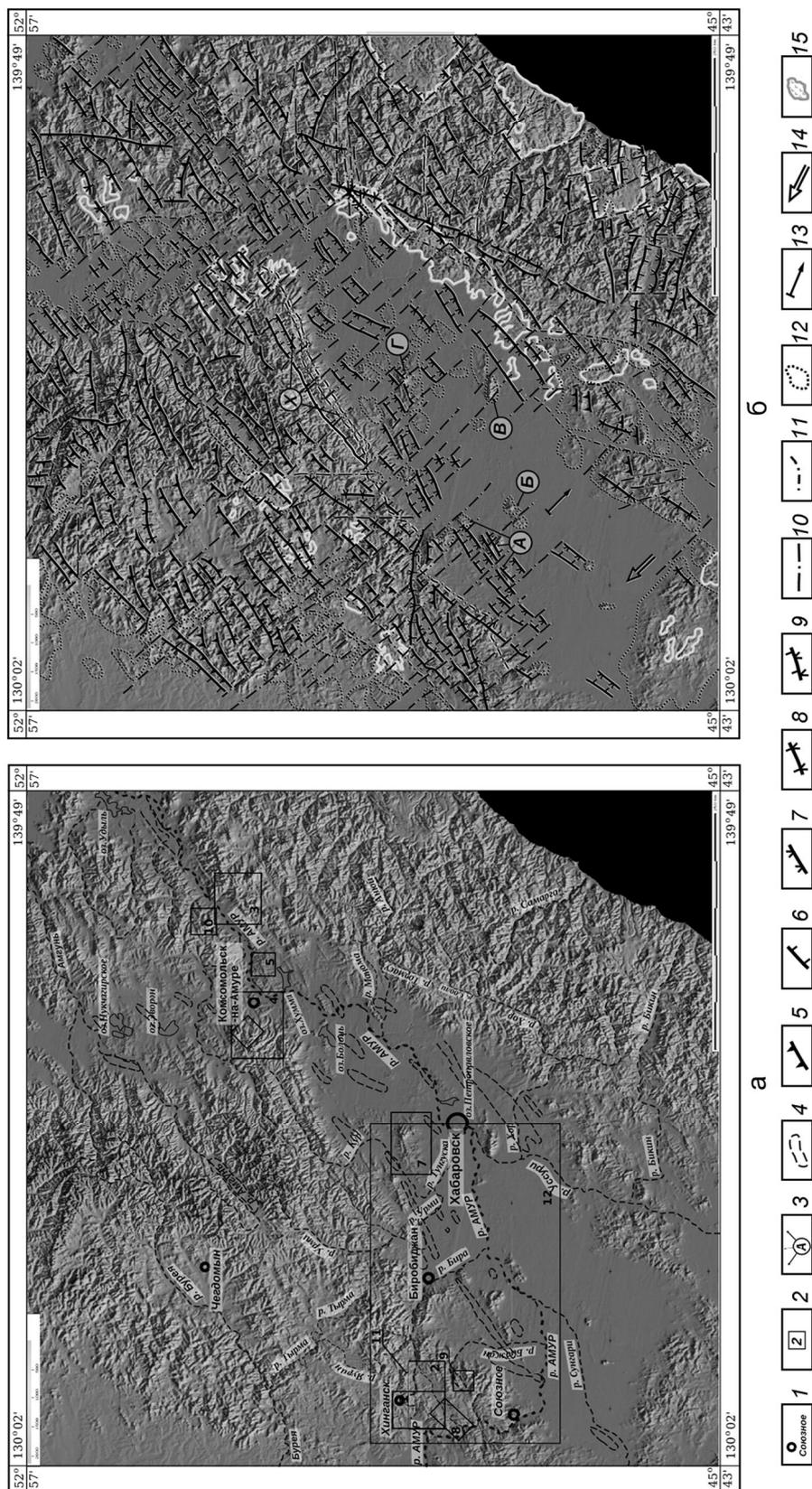


Рис. 11. Морфотектоническая схема Нижнего Приамурья и Северного Сихотэ-Алиня (б). Схема построена на основе отгненной карты рельефа, полученной в приложении Microsoft по матрице высот GTOPO30 (а).

1 – населенные пункты; 2 – участки, на которых строились детальные модели масштаба 1:100 000; 1 – западный фланг хребта Мал. Хинган, включая западную часть Сутарской депрессии (рис. 12) (площади участков 1 и 2 перекрываются); 3 – участок долины реки Амур в районе с. Шелехово (рис. 13); 4 – Комсомольский оловорудный район; 5 – правобережье р. Амур напротив города Комсомольска-на-Амуре; 6 – “тектоническая лестница” в долинах рек Силинка – Цуруль; 7 – площадь возле устья р. Кур, включающая хребты Вандан – Сагдаян; 8 – долина р. Дичун – западная часть Сутарской депрессии (рис. 7); 9 – верховья р. Прав. Биджан (рис. 1); 10 – гора и интрузивный массив Сиур; 11 – долина р. Карадуб; 12 – внеомеклаурный лист масштаба 1:500 000 с картой ЕАО (рис. 2); 3 – отдельные структурные элементы: X – хребет Джаки–Унахта–Якбыяна – компенсирующий разлом (рис. 9); гряды отторженцев: A – гряда хребтов: Даур – Бол. Чурки – Ульдура; B – хр. Цзянцзинь на территории КНР; B – хребты Большой и Малый Хехцир; Г – хребты Вандан – Сагдаян; 4 – грабены; 5 – фронты надвигов; 6 – линии отрыва тектонических покровов (висячих крыльев стриппингов); 7 – тыльные линии тектонических покровов (висячих крыльев стриппингов); 8 – стриппинги, не выраженные в масштабе карты; 9 – тыльные линии одних покровов, одновременно являющиеся линиями отрыва следующих; 10 – трансформные сдвиги; 11 – компенсирующие разломы; 12 – останцы-отторженцы, гряды отторженцев; 13 – направление движения тектонического покрова; 14 – направление движения тектонической плиты в конце мела; 15 – останцы-четвертичных базальтов.

ленное из чередующихся, кулисообразно расположенных, вытянутых в северо-восточном направлении холмов, ложбин между ними, так же вытянутых, отдельных грабенов, имеющих, в основном, ту же ориентацию. Направление длинных осей этих структур согласно с общим простираем северо-восточных линеаментов региона.

По мнению автора, наиболее естественным является объяснение особенностей строения территории с позиции гипотезы тектонической расчлененности верхней части литосферы и значительных горизонтальных перемещений отдельных слоев относительно друг друга. Распространенность линеаментов рельефа северо-западного простираения, в том числе трансформных разломов, почти перпендикулярных длинной оси депрессий, противоречит сценарию их формирования по типу бассейнов пулл-апарт [16, 22].

Согласно предлагаемой концепции, в конце мелового периода на фоне общего перемещения Амурской плиты по азимуту 330° [21] в восточной ее части произошел раскол верхней части земной коры на несколько горизонтальных пластин, слагающих тектонический покров, которые начали перемещаться в горизонтальном направлении, одновременно дробясь на множество чешуй. Общее движение покрова, или, согласно терминологии А.В. Смирнова, “тектонического потока”, вероятнее всего, происходило с нарушением равномерности и синхронности: отдельные его части двигались с несколько разными скоростями, замедляясь и ускоряясь. О возможности таких отклонений свидетельствует замеченная В.А. Бормотовым и др. [2] миграция эпицентров землетрясений. Общая тенденция состояла в том, что фронтальная часть покрова двигалась быстрее, тыльная – несколько отставала.

Из-за неравномерности и нестройной синхронности движения пластин они не только раздробились на отдельные чешуи, но разделились на три крупных фрагмента: северо-западный, Сибирский (за пределами рассматриваемой площади), средний, Амгунско-Буреинский и юго-восточный, Сихотэ-Алинский. Каждый из них последовательно отрывался от предыдущего по линии, почти перпендикулярной направлению перемещения. Таким образом, отставание отдельных частей покрова нарастает от фронта к тылу и от континентальной части в сторону океанической.

В результате этого расхождения сформировались стриппинговые долины 1-го ранга – Амуро-Зейская впадина, раскрывающаяся согласно общему на-

правлению движения плиты, и Среднеамурская впадина, раскрывающаяся встречно. В границах структур 1-го ранга тоже происходит нарушение синхронности и равномерности движения чешуй и ансамблей чешуй. Вследствие этого формируются фрактально вложенные подобные структуры более высоких порядков. В пределах горных массивов это стриппинговые долины и горные хребты, в депрессиях при движении тектонических слоев по сместителям более глубокого заложения образовался ряд грабенов. Общая схема – соскальзывание висячих крыльев покрова с лежащих по листрическим разломам, что объясняет асимметрию поперечного сечения широких долин и грабенов.

Наблюдается общая тенденция направления их формирования: северо-западные (долины рек Сутары, Пр. Биджана, грабен в верховьях р. Амгунь и др.) раскрываются согласно направлению движения плиты, юго-восточные (участки долин рек Силинка, Цуркуль, грабены Среднеамурской впадины и др.) – встречно.

Таким образом, стриппинговая долина, разделяющая два фрагмента покрова, и расположенные внутри нее грабены формируют общую структуру Среднеамурской депрессии. На ее территории можно наблюдать многочисленные более мелкие фрагменты, отделившиеся от висячего крыла юго-восточной части покрова. Это острова-отторженцы и гряды отторженцев. Самые крупные их представители: гряда хребтов Даур – Бол. Чурки – Ульдура, хребты Хехцир, Вандан, группа высот по берегам оз. Болонь, хр. Цзяньцин в КНР. По линии оз. Чукчагирское – оз. Эворон – г. Комсомольск-на-Амуре и далее на юго-восток ансамбли чешуй образовали своего рода волны скучивания и растаскивания: чередование групп надвигов и тектонических лестниц.

После завершения основной стадии тектогенеза начались процессы восстановления нарушенного изостатического равновесия, приведшие к образованию компенсирующих разломов. Впоследствии часть этих разломов, вероятно, послужили магмоподводящими каналами для неоген-четвертичных базальтоидов. Вследствие этого тыльная часть Сихотэ-Алинского фрагмента тектонического покрова оказалась скрытой лавовыми потоками.

Очевидно, восстановление предыстории геологического развития региона в таких условиях существенно затруднено, почти все геологические образования, имеющие возраст до позднего мела, деструктурированы и смещены относительно своего первоначального положения. Самый крупный сохранившийся объект – это Буреинский наложенный прогиб, но и он перемещен горизонтально и трансформирован.

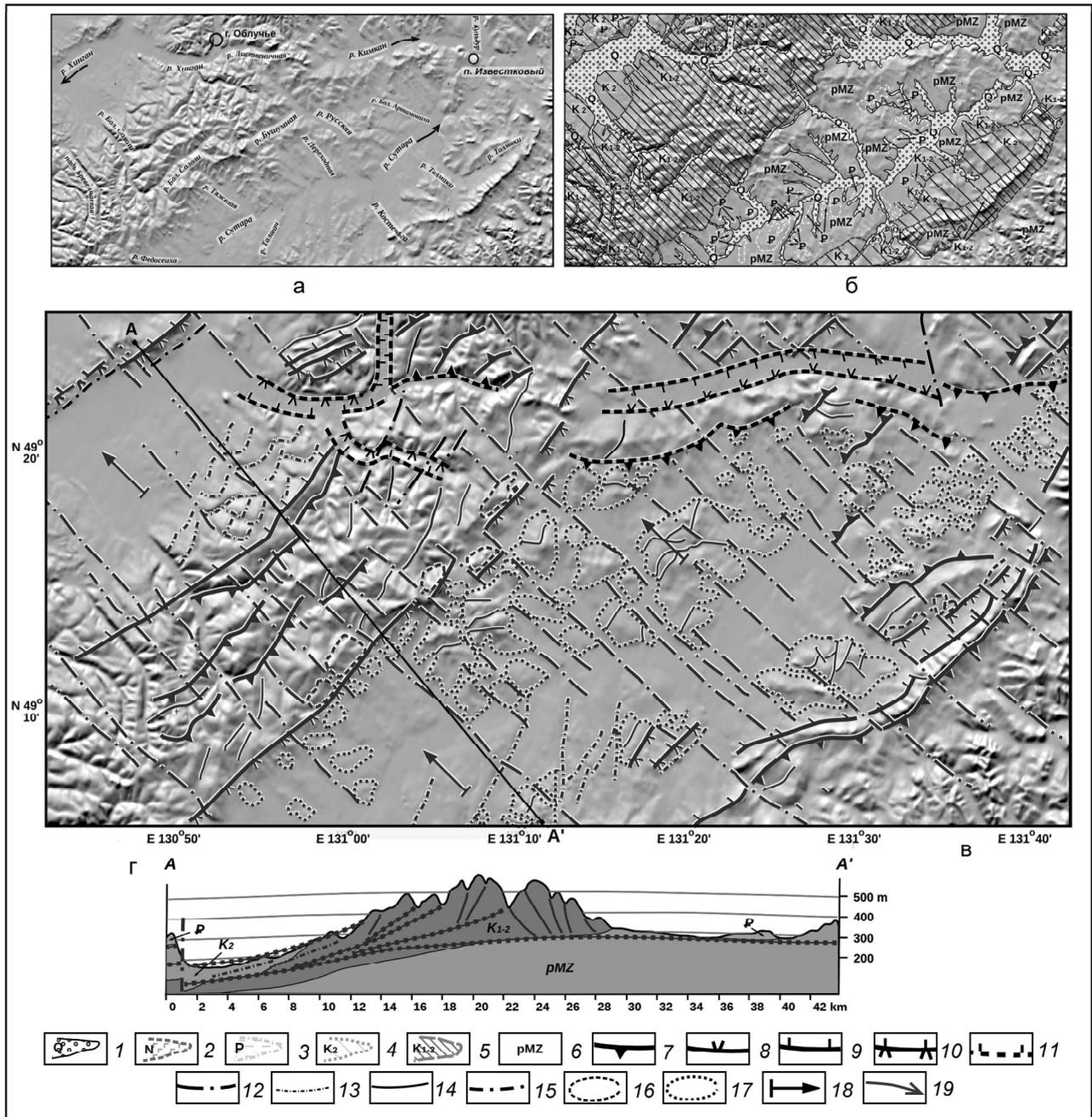


Рис. 12. Морфотектоническая схема северо-западной части хребта Малый Хинган и прилегающих к нему площадей.

а – оттененная карта рельефа (построена с помощью приложения Microdem); б – упрощенная геологическая схема участка; в – авторский вариант морфотектонической схемы; г – разрез по линии AA'.

1 – четвертичные отложения (аллювий); 2 – неогеновые, неоген-четвертичные базальты; 3 – палеоген-неогеновые осадочные отложения; 4 – туфогенно-осадочная толща верхнего мела; 5 – эффузивные породы нижнего-верхнего мела; 6 – метаморфические и интрузивные породы домезозойского возраста; 7 – фронты надвигов; 8 – тыльные кромки тектонических покровов (висячих крыльев стриппингов); 9 – линии отрыва висячих крыльев стриппингов; 10 – стриппинги, амплитуды котрых не выражаются в масштабе карты (схемы); 11 – тыльные кромки висячих крыльев стриппингов, совмещенные с линиями отрыва следующих; 12 – ограничивающие и трансформные разломы; 13 – разломы (трещины) скалывания; 14 – сбросы и взбросы; 15 – компенсирующие разломы; 16 – тыльные гряды тектонических покровов; 17 – массивы-отторженцы, гряды отторженцев; 18 – относительное направление движения тектонического покрова (висячего крыла стриппинга); 19 – направление течения реки. Условные обозначения к разрезу те же, что на рис. 8.

На сеть меловых диагональных морфоструктур наложена более поздняя, близкая к ортогональной. В континентальной части она проявлена слабо, по мере приближения к океану ее интенсивность возрастает. В Сихотэ-Алинском фрагменте покрова ортогональная сеть начинает преобладать. По всей видимости, ее элементы сформировались в постмеловое время, что свидетельствует об омоложении активных тектонических процессов по направлению к континентальной окраине.

Для ряда площадей рассматриваемого региона строились морфотектонические схемы в более крупном масштабе. По ним уточнялись детали строения территории. Ниже рассматриваются некоторые из таких схем.

На рис. 12 приведена морфотектоническая схема северо-западной части хребта Малый Хинган и прилегающих к нему площадей. На данной территории выделяются четыре самых крупных морфоструктурных элемента: часть Сутарской депрессии, расположенная на главной диагонали листа ЮЗ – СВ, долины рек Хинган и Мутная (северо-западнее р. Хинган, за пределами листа) в нижнем их течении, являющиеся флангом Амура-Зейской депрессии (северо-запад), разделяющий их хребет Малый Хинган и расположенная на севере планшета часть покрова неогеновых базальтов (в пределы листа вошел незначительный фрагмент). Четко выражена структура более высокого ранга – Сутарский хребет, обрамляющий Сутарскую депрессию с востока.

Амура-Зейская и Сутарская депрессии сформированы стриппингами, раскрытыми в направлении движения Амурской плиты. Первая из них является структурой первого ранга, вторая, как уже говорилось, – второго.

Между долинами расположен хребет Малый Хинган, образованный частью тектонического покрова – волной сучивания тектонических чешуй. В его пределах уверенно фиксируются структуры второго ранга – фронты надвигов, контролирующие положение рек Бол. Сололи и почти параллельной ей пади Бродничихи (участки, вытянутые в северо-восточном направлении). Юго-восточные притоки рек Сутары и Хингана в нижнем и верхнем его течении ориентированы на северо-запад по азимуту, близкому к 330°. Их положение, по всей вероятности, контролируется бороздами выпихивания, оставленными фрагментами тектонических покровов.

Борта долин рек (депрессий) осложнены трансформными разломами, что особенно отчетливо наблюдается в пределах Сутарской депрессии (рис. 4).

Водораздел рек Хинган и Мутная (на схеме расположен в северо-западном углу планшета), представленный в виде линейно вытянутой в северо-восточном направлении гряды холмов, вероятно, возник после поднятия Амура-Зейского блока по компенсирующему разлому. Часть этого разлома, вероятно, послужила магмоподводящим каналом при образовании покрова неогеновых базальтов.

Борта Сутарской депрессии, в частности хребты М. Хинган и Сутарский, обрамляющие долину р. Сутары, сложены эффузивными породами мелового возраста, в то время как ее днище – древними архейскими и палеозойскими образованиями. Это является дополнительным доказательством, что формирование этой морфоструктуры не может быть объяснено опусканием блока земной коры, а горизонтальное перемещение в сочетании с другими фактами объясняет его вполне логично и непротиворечиво. Л.В. Эйришем и Б.Г. Саксиным установлено, что массив палеозойских интрузивных пород на территории упомянутой депрессии имеет форму горизонтальной пластины [31], и этот факт удачно вписывается в предлагаемую схему.

Строение территории, сложившееся в результате движений в позднем мелу осложнено более поздними наложенными процессами. Послемеловые горизонтальные подвижки развивались в широтном и меридиональном направлении, последовательность которых предстоит восстановить. Они привели к образованию раздвиговой структуры в районе г. - Облучье (меридиональный участок течения р. Хинган), широтные участки рек Хинган, Лиственничная, Кимкан.

На рис. 13 представлена площадь, включающая в себя участки долин рек Силинки и Цуркуля, расположенная на левобережье р. Амура, к СЗ от г. Комсомольск-на-Амуре. От рассмотренного ранее района – Малого Хингана – она отстоит на 440 км к СВ. Для этой площади характерна такая же сеть диагональных линеаментов, как и описанные выше. Участок р. Силинки в районе п. Солнечный вытянут в СЗ направлении, затем долина испытывает резкий излом и продолжается на юго-восток. Дальше, примерно через 20 км, в Силинку впадает в р. Цуркуль. Долины отрезка р. Силинки в районе п. Солнечный и Цуркуля практически параллельны друг другу. Обе плоские, широкие и асимметричные. Левые, северо-западные борта – пологие, правые – крутые. Вместе они образуют своеобразную систему ступеней. На ступенях, образованных правыми, пологими и плоскими, бортами указанных отрезков рек четко проступают параллельные друг другу и соответствующему участку долины р. - Силинки ложбины. По представлению автора, такая

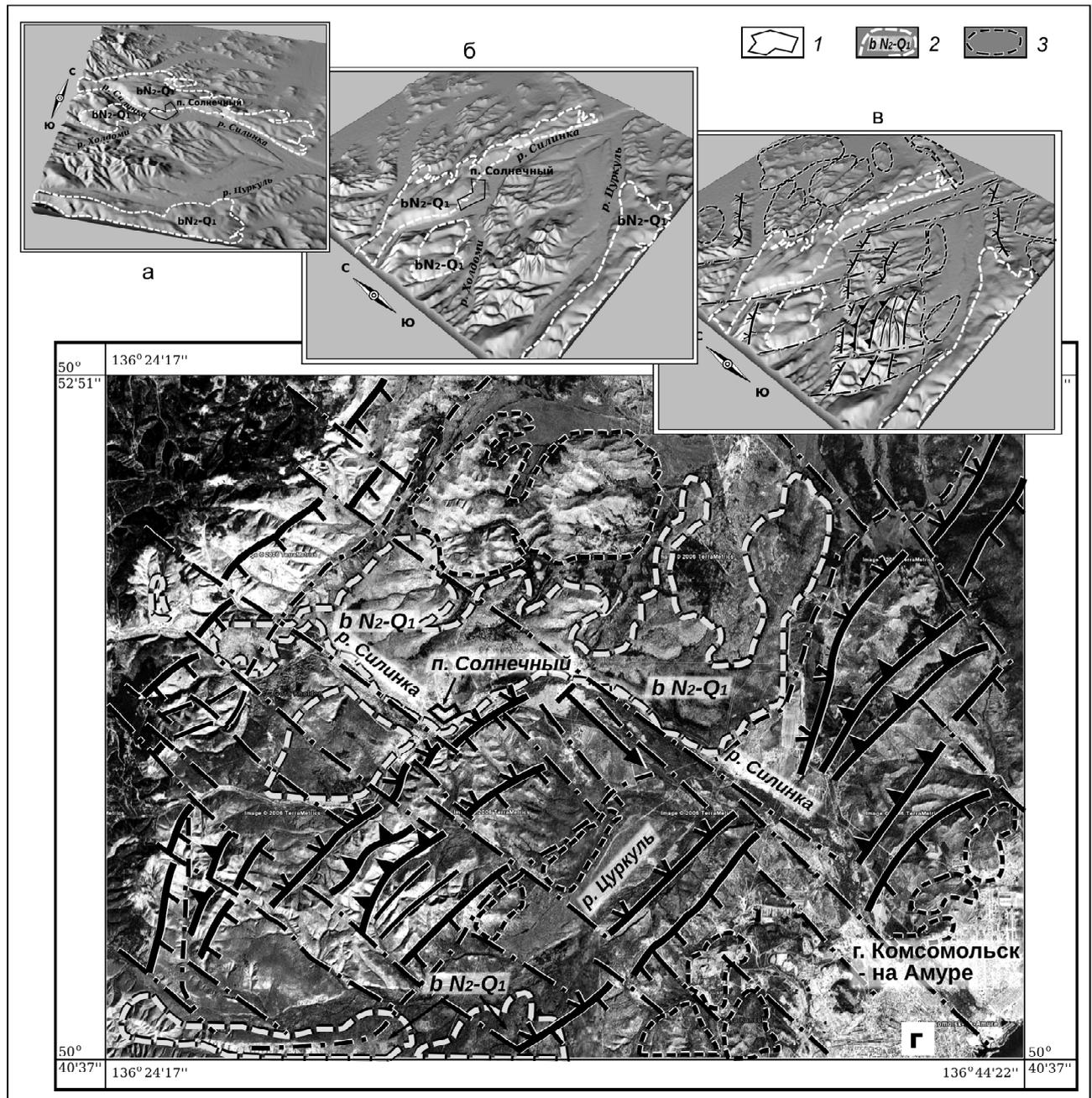


Рис. 13. Тектоническая лестница – участки долин рр. Силинки и Цуркуля.

а, б, – 3D-модели рельефа в разных проекциях; в – проекция “б” с наложенными на нее тектоническими элементами; г – морфо-тектоническая схема, созданная на основе космоснимка (Landsat). Все изображения основы получены в 3Dem.

1 – границы поселка Солнечного; 2 – покровы неоген-четвертичных базальтов; 3 – гряды отторженцев. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 12.

конфигурация рельефа объясняется следующим образом. Пластина, образующая крутой борт р. Силинки, является висячим крылом стриппинга, сползшим в юго-восточном направлении с того места, где в настоящее время расположена равнинная часть этой реки. С нее, в свою очередь, сползла пластина, образующая

юго-восточный, крутой борт р. Цуркуль, с которой, в свою очередь, сорвана еще одна пластина, в настоящее время находящаяся на правом берегу Амура. Таким образом, рельеф всего рассматриваемого участка сформирован последовательным срывом и растаскиванием отдельных тектонических чешуй друг с друга.

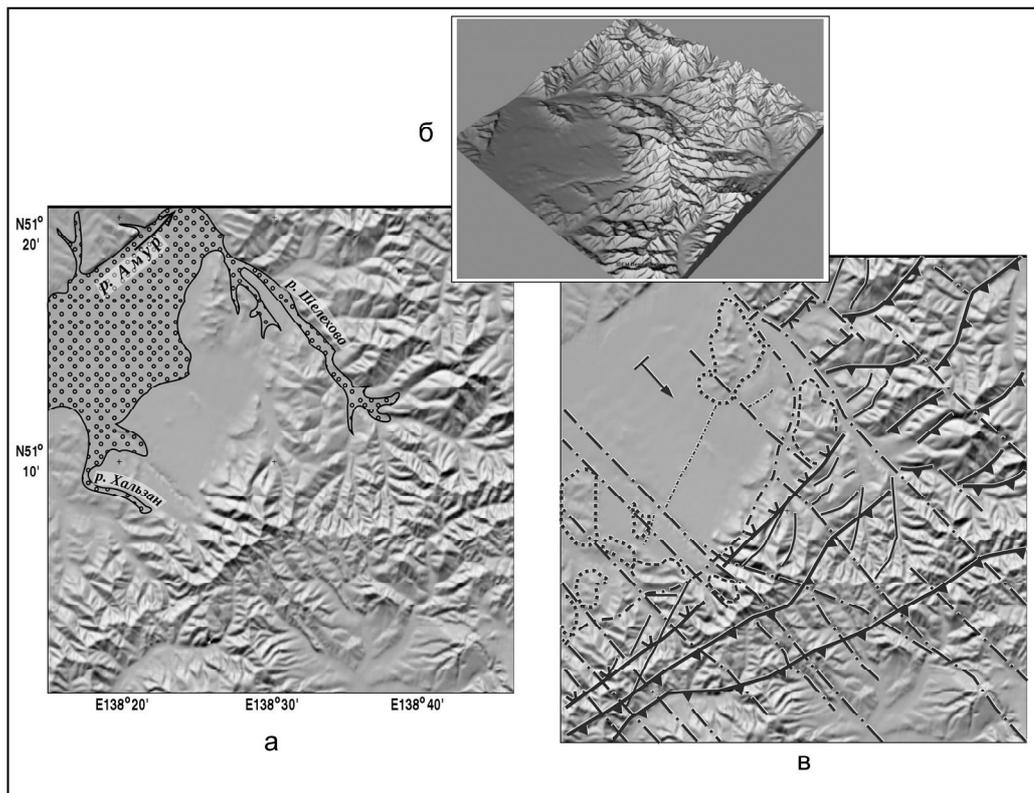


Рис. 14. Участок долины р. Амур в районе с. Шелехово.

а – оттененная карта рельефа, полученная при помощи приложения Microdem; б – 3D-модель, сгенерированная приложением 3Dem; в – морфотектоническая схема, построенная на основе карты «а». Условные обозначения те же, что на рис. 12.

Упомянутые выше параллельные ложбины представляют собой борозды выпаживания, оставленные сорванными висячими крыльями. Часть долины р. Силинки впоследствии была заполнена базальтовой лавой неоген-четвертичного возраста.

Следующий объект изучения – участок широкой плоской долины р. Амур в районе с. Шелехово, удаленный еще дальше на северо-восток на расстояние 110 км. Объемная модель и морфотектоническая схема этой площади, наложенная на оттененную карту рельефа изображены на рис. 14. Можно было бы предположить, что такая плоская равнина могла образоваться за счет заполнения впадины молодыми и современными рыхлыми осадками, но, как можно видеть на схеме, контур аллювиальных отложений занимает только часть плоскости. Поэтому более вероятно, причиной возникновения такой равнины в горном обрамлении является тектоническое выравнивание.

Не останавливаясь на подробностях, отметим, что основные детали строения рельефа схожи с описанными на предыдущих двух участках: диагональная сеть линеаментов, простирающихся в тех же азимутах, и трансформные разрывы бортов широкой до-

лины, ориентированной с ЮЗ на СВ. Это позволяет предположить, что строение территории обусловлено горизонтальным движением тектонического слоя на юго-восток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во многих других регионах рельеф имеет похожее строение. Пример: К.Б. Булнаев описывает впадины “забайкальского” типа [3]. Однако в Забайкалье, так же как в Приамурье и на Малом Хингане, можно наблюдать не только впадины, но и речные долины, синформные с впадинами, и секущие их каньонообразные долины и трансформные разломы. Похожую структуру имеет и сам Байкальский рифт, причем это согласуется и с глубинным строением самого региона [14].

Полученные результаты, по мнению автора, позволяют сделать обобщение: формирование горных хребтов, межгорных впадин и грабенных и континентальных рифтов во многих регионах происходит благодаря возникновению тектонической расслоенности верхней части земной коры и горизонтальному перемещению этих слоев. При этом хребты, широкие

речные долины и грабены ориентированы длинными осями почти перпендикулярно направлению движения, а трансформные разломы, пересекающие эти структуры и ложбины, являющиеся бороздами выпавания, – строго по его направлению.

Иными словами, рельеф многих регионов, в том числе Приамурья, создан чередованием волн сучивания и растаскивания тектонических чешуй, ориентированных длинной осью, как и положено волнам, почти перпендикулярно по отношению к их перемещению, и раскалывающих их трансформных разломов, простирающихся в направлении движения. Для описания столь сложно организованных тектонических структур справедливо предложенное А.В. Смирновым толкование термина “тектонический поток”. Природу глубинного разлома Танлу, по крайней мере его северо-восточного фланга, можно представить как зону компенсирующего разлома, активизировавшего после формирования Среднеамурской впадины. Позднее, по-видимому, эта структура была унаследована при развитии сдвиговых дислокаций в регионе.

Вероятно, формирование стриппинга, грабена и континентального рифта происходит одинаково. И разница между ними только в глубине заложения горизонтального сместителя. Более того, часто рифт сопровождается структурами двух других типов. Приведенные соображения являются еще одним аргументом в пользу высказываемого рядом исследователей [6, 14] мнения о преимущественно пассивном типе континентального рифтогенеза.

Еще один вывод: поскольку недра планеты заполнены несжимаемой субстанцией, горизонтальные и вертикальные перемещения масс внутри ее тела связаны между собой органически – одно неизбежно влечет за собой другое.

Рассматриваемая концепция имеет ряд практических следствий. Очевидно, описываемые явления, связанные с тектонической расслоенностью верхней части земной коры, ее активным чешуированием и горизонтальными перемещениями слоев, существенно усложняют геологическое строение региона, наблюдаемые с поверхности объекты удалены от соответствующих автохтонных образований. Все это в значительной мере осложняет восстановление геологической предыстории региона, террейновый анализ, металлогенические построения и поисково-разведочные работы.

Плоские стриппинговые долины часто могут создавать чрезвычайно благоприятные условия для россыпеобразования: формируются своего рода гигантские столы гравитационного обогащения в мас-

штабе целых речных долин. Такая ситуация способствует неоднократному перемию промежуточных коллекторов и / или концентрации полезного компонента из рассеянной рудной минерализации. Поэтому в подобных случаях часто не прослеживается связь между россыпными месторождениями и их коренными источниками.

Пологие и горизонтальные дизъюнктивные нарушения в период тектоно-магматической активизации территории могут стать флюидопроводящими каналами, рудоконтролирующими и рудовмещающими структурами. По-видимому, значительная часть стратиформных месторождений может рассматриваться в качестве гидротермально-метасоматических по генезису, образовавшихся в среде развития субгоризонтальных разрывных нарушений.

Горизонтальные тектонические перемещения блоков земной коры, происходящие после образования месторождений, могут существенно усложнять строение последних, смещать отдельные части месторождений друг относительно друга или месторождения целиком относительно их первоначального положения, как горизонтально, так и вертикально. Они способны также произвести тектоническую эрозию, тем самым обнажив глубокозалегающие геологические объекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башенина Н.В. и др. Геоморфологическое картирование. М.: Высшая школа, 1977. 375 с.
2. Бормотов В.А., Войтенко А.А. Закономерности миграции землетрясений Приамурья // Тихоокеан. геология. 1999. Т 17, № 2. С. 51–60.
3. Булнаев А.Б. Формирование впадин “забайкальского” типа // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 25, № 1. С. 18–30.
4. Кузнецов В.Е. Глубинное строение и современная геодинамика Приамурья // Тихоокеан. геология. 1999. Т 17, № 2. С. 61–67.
5. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
6. Леонов Ю.Г. Континентальный рифтогенез: современные представления, проблемы и решения // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М: Науч. мир, 2001. С. 155–173.
7. Лямина В.А., Зольников И.Д. ГИС моделирование геологических и гидрогеохимических характеристик на примере Уронайского рудного узла // Геоинформатика. 2007. № 2. С. 11–18.
8. Матрица высот GTOPO30 [<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>]
9. Матрица высот SRTM3 [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/]
10. Матрица высот SRTM30 [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM30/]
11. Натальин Б. А., Черныш С. Г. Типы и история деформаций осадочного выполнения и фундамента Среднеамурской

- впадины // Тихоокеан. геология. 1992. № 6. С. 43–61.
12. Онухов Ф.С., Бормотов В.А., Алексеенко С.Н., Рыбас О.В. Основные черты дизъюнктивной тектоники Восточной Азии: предварительный анализ радарного космоснимка // Тектоника и глубинное строение Востока Азии: VI Косыгинские чтения: Докл. Всерос. конф. 20–23 января 2009 г. Хабаровск, 2009. 389 с.
 13. Петрищевский А.М. Глубинные структуры Вознесенского флюоритоносного района. Владивосток: Дальнаука, 2002. 106 с.
 14. Петрищевский А.М. Структурные особенности пассивного рифтогенеза в гравитационных моделях Байкальской рифтовой зоны // Региональные проблемы. 2008. № 10. С. 34–44.
 15. Прилепин М.Т., Шевченко В.И. Геодинамика Средиземноморья по данным GPS // Геотектоника. 2006. № 5. С. 19–31.
 16. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы: (Морфология, геометрия и кинематика): Учеб. пособие / Отв. ред. Л.М. Парфенов Якутск: ЯФ Изд-во СО РАН, 2004. 148 с.
 17. Пушаровский Ю.М., Меланхолина Е.Н. Тектоническое развитие Земли. Тихий океан и его обрамление. М.: Наука, 1992. 263 с. (Тр. ГИНа, вып. 473)
 18. Пушаровский Ю.М. Движущиеся континенты // Геотектоника. 2004. № 3. С. 3–12.
 19. Саксин Б.Г., Долгопят Л.Г. Опыт структурных построений в районах Дальнего Востока с мезозойско-кайнозойской эндогенной минерализацией // Тихоокеан. геология. 1988. № 1. С. 78–81.
 20. Смирнов А.В. Роль тектонических потоков в геодинамике подвижных поясов // Геодинамика формирования подвижных поясов Земли: Материалы междунар. науч. конф. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2007. С. 285–289.
 21. Степашко А.А. Особенности меловой динамики Тихоокеанской плиты и этапы магматической активности на северо-востоке Азии // Геотектоника. 2006. № 3. С. 70–81.
 22. Тевелев А.В. Тектоника и кинематика сдвиговых зон. Сайт сдвиговой тектоники. / <http://geo.web.ru/~tevelev/start.htm>
 23. Тектоническая расслоенность литосферы и региональные геологические исследования / А.А. Белов, В.С. Буртман, В.П. Зинкевич и др. М.: Наука, 1990. 239 с.
 24. Усиков В.И. Изучение тектонической расслоенности верхней части земной коры на основе анализа 3D-моделей рельефа (Препринт). ФГУП “Дальгеофизика” ИКАРП ДВО РАН. Хабаровск–Биробиджан, 2008. 48 с.
 25. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации., магматизм и рудообразование. М.: Наука, 1989. 164 с.
 26. Уткин В.П. Статья 1. Горст-аккреционные системы и рифто-грабены // Тихоокеан. геология. 1996. № 6. С. 44–72.
 27. Уткин В.П. Горст-аккреционные системы, рифто-грабены и вулканические пояса юга Дальнего Востока России. Статья 3. Геодинамические модели синхронного формирования горст-аккреционных систем и рифто-грабенов // Тихоокеан. геология. 1999. № 6. С. 35–58.
 28. Уфимцев Г.Ф. Земная поверхность и ее рельеф // Тихоокеан. геология. 2006. № 1. С. 47–54.
 29. Уфимцев Г.В. Горы Земли (климатические типы и феномены новейшего орогенеза). М.: Науч. мир, 2008. 352 с.
 30. Федорчук А.В. Геологическая картография и Интернет [http://members.nbci.com/_XCM/fedorchuk/virtugeo/articles/my_articles/geol_map.htm]
 31. Эйриш Л.В., Саксин Б.Г. Золотоносность Малого Хингана, закономерности локализации, проблемы рудного золота // Тихоокеан. геология. 1999. № 6. С. 114–122.
 32. Юшманов Ю.П., Петрищевский А.М. Тектоника, глубинное строение и металлогения Прибрежной зоны Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: Дальнаука, 2004. 211 с.

Рекомендована к печати Н.П. Романовским