

Танлу-Курский и Тастахский разломы в окраинно-континентальной структуре востока Азии: тектоника, сеймотектоника, взаимодействие с другими разломными системами

А.А.КОКОВКИН (Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТИГ ДВО РАН); 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена)

Представлена эволюционная модель Танлу-Курского (ТКР) и Тастахского разломов – северных (российских) фрагментов Иланьской ветви разломной системы Танлу. Моделирование выполнено в рамках разрабатываемой автором волновой модели структурирования континентальной коры Востока Азии, с акцентом на новейший (эоцен-голоценовый) этап. Показано влияние знакопеременного сдвига (ЗПС) на формирование внутренней структуры этих разломов. Приведены модели и примеры реальных структур – индикаторов ЗПС. Исследовано взаимодействие данных разломов с другими разломными системами окраинно-континентальной структуры Востока Азии. Показан активный характер голоценовой тектоники и сейсмогеодинамики этих разломов.

Ключевые слова: эволюция, геологическая система, структура, новейшая тектоника, сеймотектоника, дислокация, волновые процессы, знакопеременный сдвиг.

Коковкин Александр Александрович



kokovkin@itig.as.khb.ru

Tanlu-kur and Tastakh faults in the marginal-continental structure of east Asia: tectonics, seismotectonics and the interaction with other fault systems

A.A.KOKOVKIN (Yu.A.Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)

The paper presents an evolutionary model of the Tanlu-Kur and Tastakh faults that are the northern fragments of the Yilan branch of the Tanlu fault system continuation in the Russian territory. Modeling is carried out in the framework of the author's wave model of structurization of the crust developed for the East Asia region and is focused on the modern (Eocene-Holocene) stage. The effect of the reverse-sense shear (RSS) on the formation of the inner structures of these faults is shown. As an example, other models and real structures indicated by RSS are considered. The interaction between these faults and other fault systems of the marginal-continental structure of East Asia is investigated. The pattern of active Holocene tectonics and seismogeodynamics of these faults is demonstrated.

Key words: evolution, geological system, structure, modern tectonics, seismotectonics, dislocation, wave processes, reverse-sense shear.

Танлу – одна из самых крупных и активных разломных систем западного сегмента Тихоокеанского подвижного пояса (ТОПП) (рис. 1). Особенно активно она развивалась в новейшее (эоцен-голоценовое) время. Однако и в литературе, и в геологической картографии информация о системе Танлу достаточно ограничена. Представление о её информационном обеспечении можно получить из работ [1, 19]. В данной статье автор предпринял попытку компенсировать сложившееся несоответствие для Иланьской (западной) ветви этой системы, прежде всего, для её российской части. На территории России она выражена зонами Танлу-Курского и Тастахского разломов. Основой для статьи послужили результаты моделирования новейшей структуры Востока Азии [6–13].

Моделирование проводится на эволюционной, междисциплинарной основе с использованием методологии синергетики в рамках разрабатываемой автором модели волновой нелинейной геодинамики. Приводимые в статье результаты подкреплены данными полевых работ, выполненных автором непосредственно по разломным зонам Иланьской ветви.

На территории северо-восточного Китая и юга Дальнего Востока России система Танлу прослежена более чем на 2000 км. К югу от залива Бохайвань её структура представлена единой, относительно локальной разломной зоной. Севернее, где на её развитие существенное влияние оказывают синхронно развивающиеся широтные системы разломов Альпийско-Гималайского

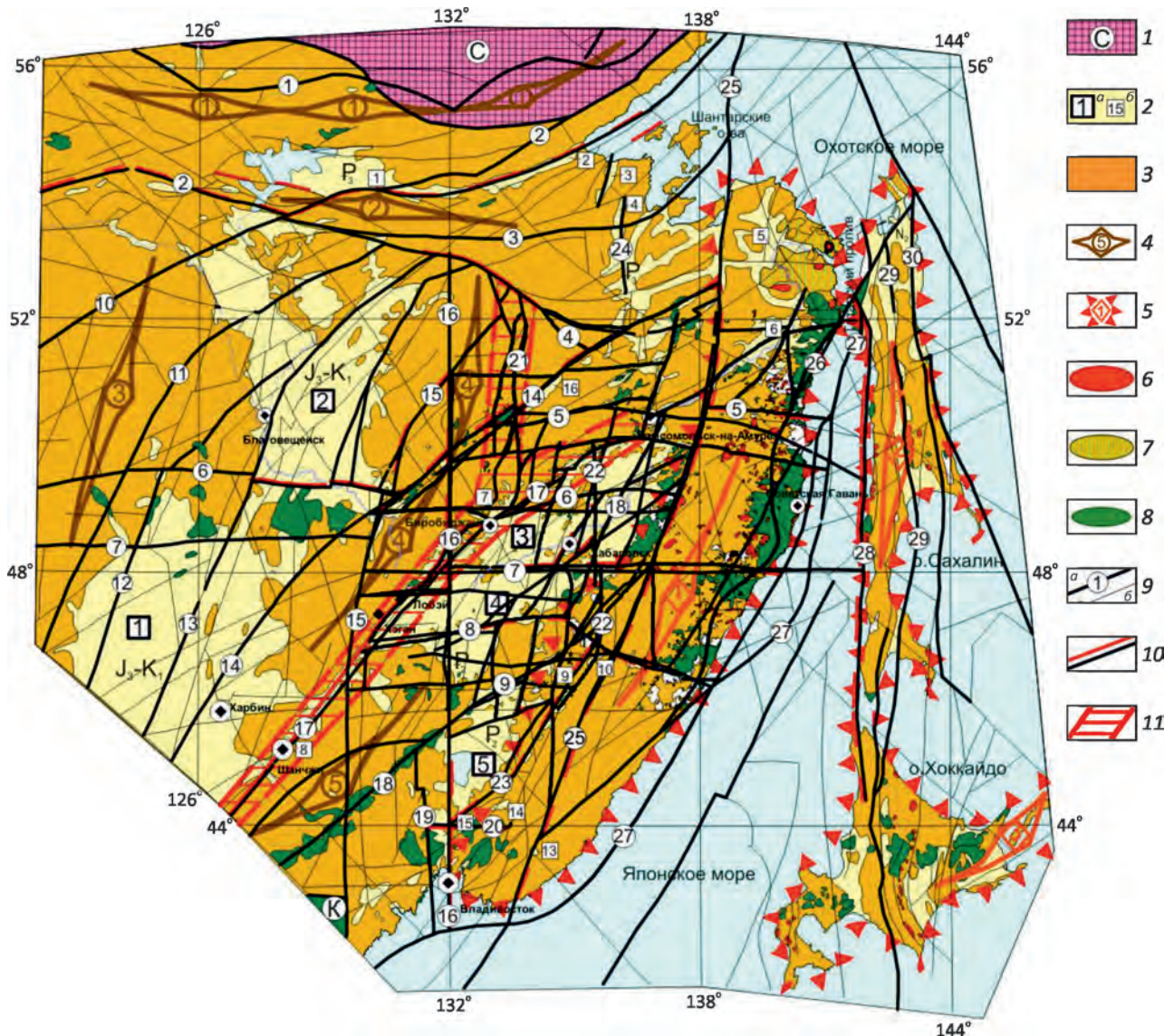


Рис. 1. Схема новейшей окраинно-континентальной структуры юга Дальнего Востока России, с прилегающими территориями Китая и Японии. По работам [11, 17], с дополнениями:

1 – структуры Сибирского (С) и Китайского (К) кратонов; 2 – мезозойско-кайнозойские рифтогенные структуры: а (цифры в больших квадратах) – Сунляо-Амуро-Зейской (1 – Сунляо, 2 – Амуро-Зейская) и Амуро-Ханкайской (3 – Средне-Амурская, 4 – Саньцзян, 5 – Приханкайская) систем, б – локальные структуры (цифры в малых квадратах): Верхне-Зейская (1), Боконская (2), Торомская (3), Тугурская (4), Чля-Орельская (5), Удыльская (6) впадины, Курский грабен (7), прогиб Тан-Лу (8), Нижне-Бикинская (9), Средне-Бикинская (10), Верхне-Бикинская (11), Алчанская (12), Приоблачная (13), Реттиховская (14), Раковская (15) впадины; 3 – образования фундамента мезозойско-кайнозойских рифтогенных структур; 4 – оси новейших орогенов с амагматичным режимом развития (1 – Алдано-Становой, 2 – Северо-Буреинский, 3 – Большого Хингана, 4 – Восточно-Буреинский, 5 – Ляолинский); 5 – новейшие орогены с магматогенным режимом (1 – Сихотэ-Алинский, 2 – Хоккайдо-Сахалинский, 3 – Курило-Камчатский); 6 – массивы олигоценых гранитов; поля: 7 – вулканитов дифференцированных формаций неогена, 8 – неоген-четвертичных платобазальтов; 9 – активные в новейшее время глубинные разломы: а – первого (цифры в кружках) и б – более низкого порядков: 1 – Становой, 2 – Монголо-Охотский, 3 – Южно-Тукурингрский, 4 – Пауканский, 5 – Гур-Комсомольский, 6 – Намурхэ-Бирский, 7 – Намурхэ-Амурский, 8 – Наолихэ-Бикинский, 9 – Северо-Ханкайский, 10 – Дербур, 11 – Большого Хингана, 12 – Цицикар-Селемджинский, 13 – Шанси-Селемджинский, 14 – Инкоу-Хинганский, 15 – Муданьцзян-Мельгинский, 16 – Эхилкан-Ханкайский, 17 – Танлу-Курский, 18 – Фушунь-Мишань – Алчанский, 19 – Западно-Приморский, 20 – Южно-Приморский, 21 – Тастахский, 22 – Петропавловский, 23 – Синегорский, 24 – Комсомольско-Тугурский, 25 – Центральный Сихотэ-Алинский, 26 – Восточный Сихотэ-Алинский, 27 – Татарского пролива, 28 – Западно-Сахалинский, 29 – Центрально-Сахалинский, 30 – Восточно-Сахалинский; 10 – фрагменты новейших разломов с признаками современной активности; 11 – Иланьская ветвь Танлу; J_3-K_1 – возраст заложения рифтогенов

пояса (АГПП), Танлу разделяется на две сложно построенные разломные зоны – Илань (западная) и Мишань (восточная). Взаимодействие разломов Танлу с широтными разломами АГПП во многом определило особенности развития всей окраинно-континентальной структуры востока Азии, в том числе состояние её новейшей тектоники, современной сейсмогеодинамики, а вместе с тем и характер представленной на её поверхности металлогении. Ниже при характеристике разломов Иланьской ветви будет по мере необходимости обращено внимание и на другие разломные системы региона. Следует заметить, что вопрос о взаимодействии разломных систем разной ориентировки – один из ключевых для понимания закономерностей структурирования континентальной коры. В то же время это и один из самых сложных и слабо проработанных вопросов. В данной статье предпринята попытка обозначить подходы к его решению.

В континентальной геологии принято считать, что разломы развиваются в режиме *однонаправленного* сдвига. Эта модель до настоящего времени является доминирующей. Однако она не объясняет двух наиболее существенных, тесно взаимосвязанных свойств разломов и контролируемых ими геологических систем. Во-первых, все наблюдаемые разломы *фрагментированы*. Нередко их фрагменты группируются в сложно построенные разломные системы мощностью (шириной) до многих десятков километров. Во-вторых, *контролируемые этими разломами геологические системы сохраняют свою целостность в течение весьма длительного времени*. Последнее свойство особенно хорошо видно на примере Амуро-Ханкайского рифтогена, который структурируется взаимодействующими разломными системами Танлу и АГПП. Этот крупнейший новейший рифтоген востока Азии сохранил целостность своей эволюционирующей структуры с эоцена до настоящего времени.

Отмеченные свойства, остающиеся за рамками модели однонаправленного сдвига, были положены автором в основу модели *знакопеременного сдвига* (ЗПС). Эта модель создана на примерах разломных систем Востока Азии, наиболее обеспеченных информацией [7, 8, 13]. В соответствие с ней, разломы двух взаимодействующих систем периодически меняют свою активность и направления сдвиговых перемещений, фрагментируя друг друга и превращаясь со временем в мощные, сложно построенные структуры. Фрагментируются разломы в результате *некомпенсированного смещения* по более активному на данный момент разлому иной ориентировки, но при этом амплитуда остаточных сдвиговых дислокаций всегда конечна, так как она частично компенсируется смещениями полярной направленности. Это и обеспечивает *целостность* структурируемых разломами геологических систем.

В процессе взаимодействия двух крупных разломных систем менее активная система подстраивается

под более активную систему. Под её влиянием она усложняет свою структуру, иногда меняет ориентировку с элементами ветвления. Всё это крайне затрудняет увязку не только отдельных фрагментов разломов, но и разломных зон и систем в целом. В результате практически на каждой карте (геологической, тектонической, неотектонической и др.), а также на схемах дешифрирования космоснимков появляются свои варианты интерпретации разломной сети, которые зачастую слабо увязываются между собой.

Следует обратить внимание ещё на одно свойство разломов, важное для понимания характера их внутреннего структурирования под действием знакопеременного сдвига. Как показало изучение новейших разломных систем востока Азии, все их разломы – это *раскрытые, флюидо-водонасыщенные* структуры. Выполнены они в той или иной степени дезинтегрированным, обводнённым и потому практически *несжимаемым* субстратом.

Индикаторами знакопеременно-сдвигового режима разломов являются два типа локализованных в них *инверсионных* структур, которые развиваются в режиме, полярном по отношению к вмещающей эти разломы структуре. Это инверсионные (приразломные) впадины (ИВ) и инверсионные (внутренние) поднятия (ИП). *Инверсионные впадины*, для которых характерен режим растяжения, развиваются в орогенах с доминирующим режимом сжатия. Модель формирования ИВ разработана на примерах впадин Алдано-Станового, Восточно-Буреинского и Сихотэ-Алинского орогенов, локализованных в разломах Монголо-Охотской системы, в Инкоу-Хинганской и Центрально-Сихотэ-Алинской разломных зонах соответственно [6, 7, 13].

Обычно инверсионные впадины появляются на участках осложнения (изгиба) бортов разлома или в структурных узлах. Здесь в них при развитии знакопеременного сдвига (на глубине и в приповерхностной части коры) формируются *открытые полости*. В выходящих на поверхность полостях и развиваются заполняющиеся осадками инверсионные впадины. Флюидо-водонасыщенный, несжимаемый субстрат этих впадин при невысокой скорости смещений бортов вмещающего их разлома обеспечивает им устойчивость развития. Однако в процессе эволюции орогена, при его росте и наращивании в нём сжатия многие локальные структуры ИВ со временем деградируют, выводятся из седиментации и деформируются сдвиговой тектоникой. Примером являются приразломные впадины Байкальско-Удской рифтовой зоны – инверсионные структуры Алдано-Станового орогена. Здесь представлен весь их эволюционный ряд – от находящихся в стадии современной седиментации впадин Хубсугула и Байкала до реликтовых, выведенных из седиментации Тункинской, Верхне-Зейской и других впадин этой зоны.

Инверсионные поднятия развиваются в рифтогене, для которого характерен режим *растяжения*, обычно

в узлах пересечения разломов разного направления. Однако они развиваются как любое другое поднятие в режиме *сжатия*, который обеспечивается знакопеременным сдвигом вмещающего ИП разлома. Под его влиянием породы фундамента рифтогена в этом узле в процессе ЗПС деформируются, местами до полной дезинтеграции. Относительно жесткий блок ИП, сохранивший сплошность в этом неоднородно дезинтегрированном, обводнённом, несжимаемом субстрате, превращается со временем в *бескорневой*. Под действием пульсационных сжимающих усилий ЗПС он выталкивается, «всплывает» из этого субстрата вверх с элементами вращения в горизонтальной плоскости. При этом ИП деформирует осадочный чехол рифтогена, формируя в нём штамповые складки, а нередко и полностью прорывает осадки чехла с выходом на дневную поверхность.

Модель ИП разработана на примере Хабаровско-Хехцирской системы инверсионных поднятий [8]. Её структура послужила для автора одним из полигонов, на которых проводится изучение характера структурирования активной азиатской окраины. Локализована она в центре Средне-Амурской впадины, в узле пересечения широтных разломов Намурхэ-Амурской системы с северо-восточными-субмеридиональными разломами Мишаньской ветви Танлу. Иланьская ветвь отличается от неё, по-видимому, ещё большей насыщенностью инверсионными поднятиями.

Способность волновой, нелинейно развивающейся системы знакопеременного сдвига обеспечить условия подъема инверсионного поднятия дополнительно иллюстрирует результаты выполненного автором довольно простого эксперимента. Полное его описание представлено в работе [10]. Здесь же приведем лишь краткую характеристику. В заполненный водой пластиковый контейнер размером 28×18 см были помещены два утяжелённых деревянных блока сечением 10×10 см с вырезами в центральной части. Они имитируют осложнённую структуру разлома. В исходном положении вырезы блоков были совмещены и заполнены природным гравийным материалом. Под гравий на дно контейнера закладывался более крупный (3–5 см) обломок, имитирующий инверсионное поднятие. Для большей убедительности были использованы обломки разного состава, плотности и формы (стеклянная бляшка, галька кварц-полевошпатового метасоматита, обломок мантийного ксенолита, обломок стальной арматуры). При встречных возвратно-поступательных движениях блоков с частотой до 3-х перемещений в секунду их вырезы смещались друг относительно друга с амплитудой 3,5 см. Обводнённый гравийный субстрат с погружённым в него крупным обломком подвергался боковому (двустороннему) пульсационному сжатию. Под воздействием накапливающихся при сжатии напряжений крупные обломки «всплывали», перемещаясь к поверхности субстрата. Действующий здесь комплекс-

ный барьер (фазовый, плотностной, динамический) снимает накапливающиеся в субстрате напряжения. Время «всплывания» обломков (6–10 секунд) находится в обратной корреляции с плотностью обломка и частотой перемещения блоков. Все «всплывающие» обломки испытывали дополнительное смещение по горизонтали с непредсказуемой траекторией. Смещения сопровождались нерегулярным вращением в разных направлениях, с отклонением от первоначального состояния до 40°.

Разломы Иланьской ветви во многом определили ход структурирования *западной части Амуро-Ханкайского рифтогена* – самой молодой и самой протяжённой рифтогенной системы окраинно-континентальной структуры Востока Азии. Этот рифтоген при ширине до 350 км протягивается с юго-запада на северо-восток более чем на 2000 км. Его структура при этом омолаживается в том же направлении, отражая общую системность развития омолаживающейся к окраине континента структуры востока Азии [6, 7]. Вместе с рифтогеном с омоложением к северо-востоку развивалась и структура Иланьской ветви. На территории КНР, севернее залива Бохайвань, вложенный в Илань *прогиб Танлу* в своей нижней части выполнен *меловыми* осадками. Его заложение соответствует начальной фазе формирования Амуро-Ханкайского рифтогена. Севернее разломы Иланьской ветви определили строение западных краевых зон впадины Саньцзын и Средне-Амурской впадины. Обе впадины и их краевые зоны выполнены осадками уже более молодого *палеоген-голоценового* возраста [2]. Взаимодействующие с Танлу разломы АПП (Намурхэ-Амурская, Наолихэ-Бикинская и др.) вели себя на протяжении всего новейшего этапа, в целом, более активно. Это и определило сохраняющуюся до настоящего времени *доминанту раздвигового режима* обеих впадин.

Ниже покажем специфику внутреннего структурирования российского фрагмента Иланьской ветви на новейшем этапе, с особенностями её знакопеременно-сдвигового взаимодействия с другими разломными системами азиатской окраины и её современной сейсмогеодинамики.

Особенности новейшей структуры Танлу-Курского разлома (ТКР). Структура Танлу-Курского разлома была заложена примерно на границе палеоцен–эоцен. Юго-западный фрагмент ТКР контролирует развитие западной краевой зоны Средне-Амурской впадины. В ходе взаимодействия с разломами Намурхэ-Амурской системы и Эхилканской зоной разломов он был фрагментирован и превращён в мощную (шириной до 25 км) разломную зону сложного внутреннего строения (см. рисунки 1 и 2, А). Здесь она насыщена серией локальных впадин-грабенов и разделяющих их инверсионных поднятий. Размер поднятий варьирует в плане от первых сотен метров до десятков километров. Самые крупные из них – поднятия Большие и Малые Чурки. Морфология этих поднятий подчинена северо-восточной

ориентировке ТКР. Южный фрагмент зоны ТКР – от Амура до Биробиджана – был изучен автором в ходе поисковых работ в 1974–1975 гг. девятью профилями рекогносцировочного бурения с комплексом методов структурной геофизики. Характер внутреннего строения этой части ТКР представлен на рис. 2, В.

Зона ТКР пересечена рекогносцировочным профилем с северо-запада на юго-восток, от сочленения Самаро-Дитурского и Бирофельдского грабенов, до выхода через инверсионное поднятие Большие Чурки за пределы зоны в Башмакский грабен. В центре зоны скважинами профиля вскрыты и другие инверсионные поднятия, не полностью прорвавшие чехол кайнозойских осадков. В рассматриваемом фрагменте на зону ТКР дополнительно воздействует меридиональная структура *Эхилкан-Ханкайского* разлома (ЭХР). Одним из результатов такого тройного взаимодействия (ТКР, ЭХР и широтных разломов Намурхэ-Амурской системы) и стало, по-видимому, расчленение расположенного южнее Лобэйского грабена на Самаро-Дитурский и Бирофельдский грабеновые структуры.

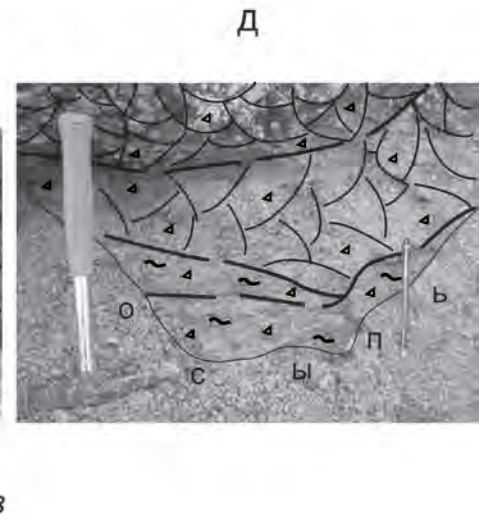
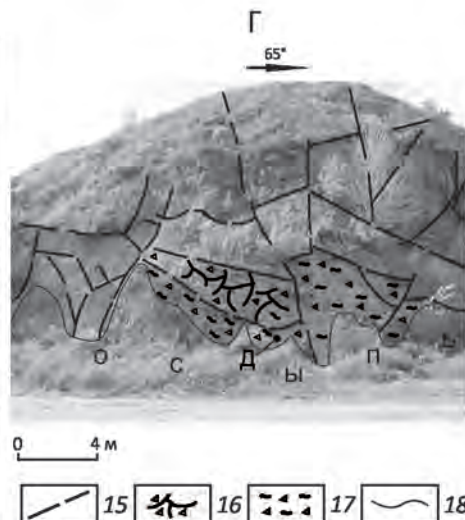
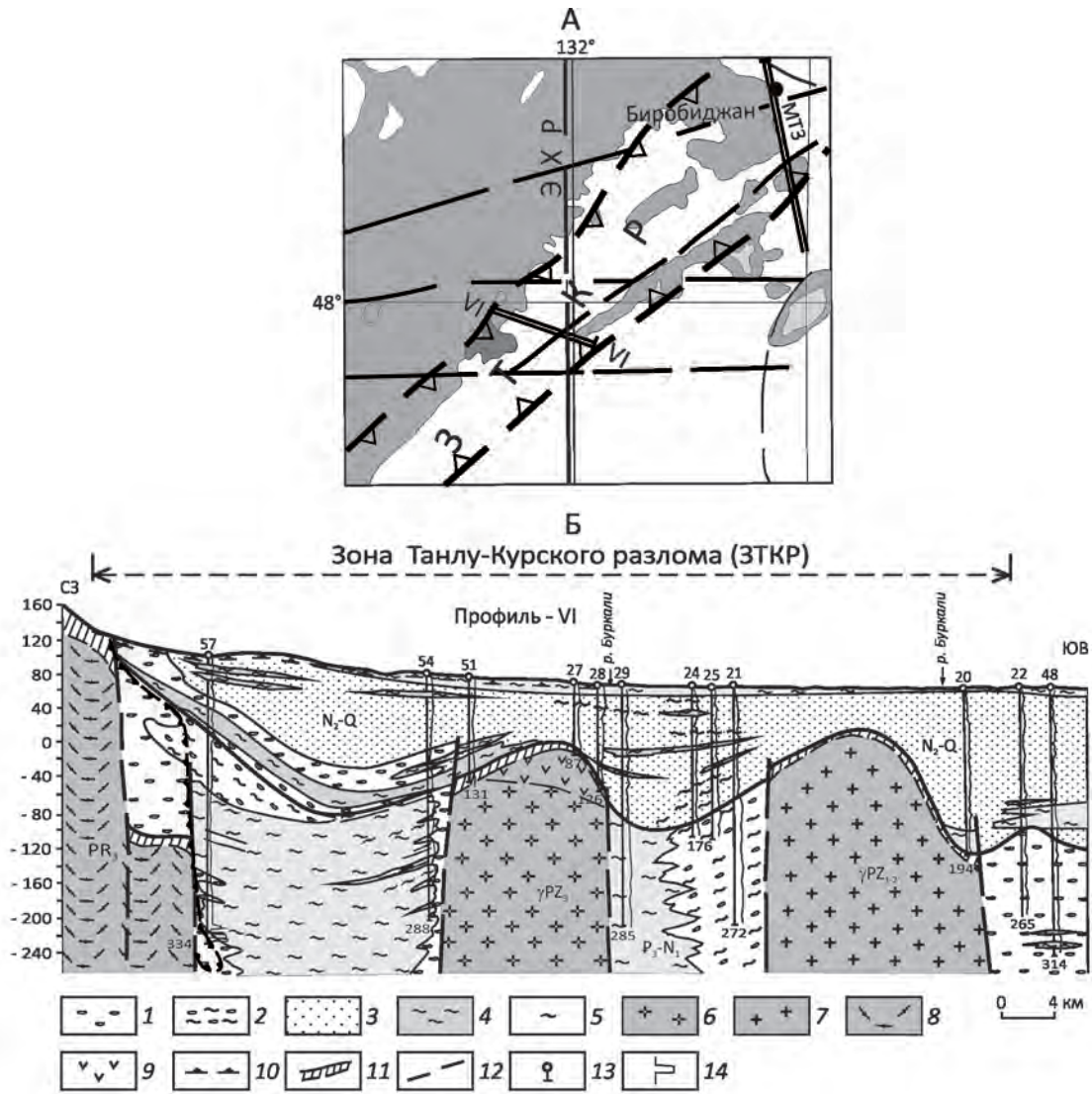
Структура ЭХР прослеживается по линии 132-го меридиана от Япономорской впадины на юге до зоны Пауканского разлома на севере (см. рис. 1). На юге (на территории Приморья) разлом контролировал развитие эоцен-плейстоценовых впадин Приханкайской группы Амура-Ханкайского рифтогена. Здесь ЭХР выглядит как разломная зона высокой активности. Она насыщена плейстоцен-голоценовыми (тектоническими и сейсмогенными) дислокациями, наложенными на породы фундамента рифтогена и на его эоцен-плейстоценовые осадки [10]. К северу от пересечения с ТКР, в пределах Мало-Хинганского блока Буреинского массива зона Эхилкан-Ханкайского разлома вмещает многочисленные радоновые аномалии – индикаторы её современной активности. А ещё севернее взаимодействие ЭХР с разломами Инкоу-Хинганской зоны определило развитие новейшей инверсионной структуры Эхилканской впадины: характер её осадочно-вулканогенного выполнения, наложенных на неё деформаций и процессов низкотемпературной аргиллизации [6, 13].

Прямые геологические наблюдения по контактам вложенных в зону ТКР инверсионных поднятий были получены на небольшой структуре у северо-западной окраины Биробиджана (см. рис. 2, В–Д). Здесь сложенный меловыми вулканитами локальный блок докайнозойского фундамента был выведен на поверхность в неоплейстоцен-голоценовое время, прорвав, в том числе, четвертичные осадки Биробиджанского грабена. Над их плоской поверхностью это ИП возвышается на 50 м. О молодости данного поднятия также свидетельствуют отсутствие на нём коры выветривания и сокращенная (до полного отсутствия) мощность современного почвенного слоя на его вершине. Вскрытые небольшими карьерами борта ИП сорваны по крутым взбросо-сдвиговым нарушениям с элементами надвиговых дисло-

каций. Притертые плоскости этих раскрытых нарушений покрыты зеркалами и бороздами скольжения. На юго-восточном контакте ИП деформированы также и осадки неоплейстоцена (см. рис. 2, Г–Д), в которых развит небольшой чешуйчатый взброс с зонами меланжа и милонитизации. Борт поднятия дополнительно осложнен здесь линейной сейсмодислокацией – структурой голоценового *сейсморва* (см. рис. 2, В).

Глубинная характеристика зоны ТКР представлена на геоэлектрическом разрезе (см. рис. 2, Е), составленном В.Б.Каплуном по данным выполненного им профильного магнито-теллурического зондирования (МТЗ) [5]. Описываемый профиль пересекает зону ТКР с вложенными в неё новейшими осадками Биробиджанского грабена, расположенного южнее Биробиджана. Западный борт грабена, граничащий с Шуки-Поктойским блоком Буреинского массива, выделяется на нём градиентной субвертикальной зоной, прослеживающейся на глубину более 6 км. На юго-востоке зоны профиль пересекает вложенное в ТКР инверсионное поднятие *Малые Чурки*, имеющее на профиле МТЗ выраженные тектонические ограничения. По данным проведённого геологического картирования [3] это поднятие сложено кремнистыми сланцами и вулканогенно-осадочными породами перми и триаса с прорывающими их меловыми гранитами. Верхняя часть разреза характеризуется обычными для этих пород сопротивлениями (200–600 Ом·м). Однако с глубины 2 км сопротивление резко падает до 50–100 Ом·м. В.Б.Капун это явление объяснил предположительно надвигом без расшифровки природы и механизма его образования. Данная ситуация находит, однако, вполне убедительное объяснение в контексте изложенной выше модели инверсионного поднятия. Под жёстким блоком поднятия Малые Чурки находится область дезинтегрированных, флюидо-водонасыщенных пород, для которых именно такие сопротивления и характерны. Это поднятие является отчетливо *бескорневым*. Здесь имеем редкий случай подкрепления охарактеризованной выше модели ИП *натурным экспериментом*, полученным, к тому же из независимого источника. Представляется, что области дезинтегрированных пород под этим и другими, подобными ему, инверсионными поднятиями могут являться потенциальными источниками пресных и (или) минеральных вод с весьма масштабными ресурсами.

Севернее Биробиджанского грабена, на выходе из Средне-Амурской впадины зона Танлу-Курского разлома под воздействием широтных разломов АГПП постепенно теряет свою выразительность. Её структура омолаживается, мощность сокращается, она начинает ветвиться на серию более локальных северо-восточных и меридиональных разломов. В наиболее выраженный восточный шов ТКР вложены инверсионные впадины – Иванковецкий и далее к северо-востоку Курский грабены. По данным В.Г.Варнавского [2], они выполнены осадками *олигоцен-четвертичного* возраста.



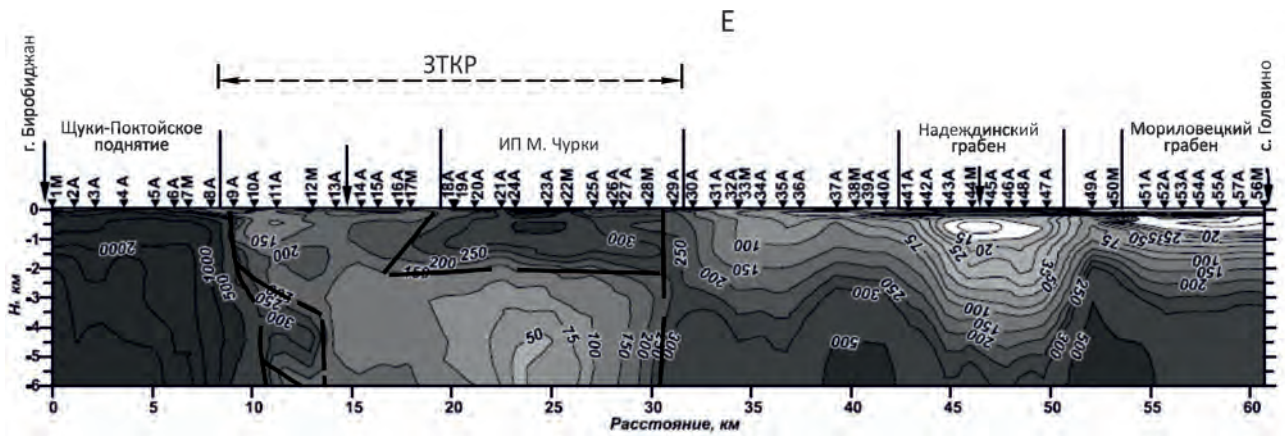


Рис. 2. Внутренняя структура Танлу-Курского разлома в западной краевой части Средне-Амурской впадины. Фото, документация и дополнения А.А.Коковкина:

А – план; Б – разрез по профилю рекогносцировочного бурения VI: 1–5 – новейшие осадки: 1 – гравийно-галечные отложения, 2 – паттумы переменного состава, 3 – пески, 4 – глины, 5 – углистые глины и прослои бурых углей; 6–9 – породы фундамента: 6 – лейкограниты, 7 – гнейсограниты, 8 – метаморфические сланцы, 9 – вулканиты среднего-основного состава; 10 – линии выклинивания поверхностного и пластового окисления; 11 – кора выветривания пород фундамента; 12 – новейшие разломы; 13 – скважины и их номера; 14 – графики гамма-каротажа; В–Д – инверсионное поднятие в зоне Танлу-Курского разлома у северо-западной окраины Биробиджана (вид с юго-востока; на склоне ИП виден сейсморазрыв – линейная сейсмодислокация); Г–Д – взбросо-сдвиговые дислокации в нижней части борта ИП, 50 м севернее ситуации рис. В: Г – общий вид обнажения, Д – детализация: 15 – разрывные нарушения, 16 – зона меланжа, 17 – зона милонитизации с глиной трения, 18 – граница осыпи; Е – геоэлектрический разрез по профилю МТЗ [5]; на плане: VI–VI и МТЗ – линии профилей

Курский грабен с его новейшими осадками и пермско-триасовыми породами фундамента под влиянием сдвиговых систем ТКР и широтных разломов был взброшен в неоплейстоцене–раннем голоцене с амплитудой не менее 100 м, с образованием разновысоких блоков-клавиш. Структура грабена была в это время выведена из седиментации и трансформирована молодой тектоникой и сеймотектоникой. И уже в эту трансформированную структуру была врезана современная долина р. Кур. Характер развитых здесь дислокаций был исследован автором в 2005 г. в ходе 200-километрового водного (сплавного) маршрута, с непрерывными наблюдениями и детальной документацией 50 наиболее представительных обнажений в береговых уступах р. Кур.

На рис. 3, А–В представлены вскрытые уступом р. Кур неоплейстоцен-голоценовые дислокации осадков северо-западного борта грабена и пород его фундамента. Индикатором возраста этих дислокаций является смятый в складки и деформированный разрывными нарушениями прослой плейстоценовых коричнево-серых гумусовых глин, содержащих включения углефицированного растительного детрита. В то же время имеющиеся в них более крупные обломки древесины практически не затронуты углефикацией.

В береговых обнажениях р. Кур широко развиты также и раннеголоценовые сейсмодислокации (СД) – кли-

новидные и выдвиговые, являющиеся разновидностью «бескорневых» (поверхностных) СД, характерных для плейстосейстовых полей всех землетрясений. Здесь они дополнительно подчеркивают высокую современную активность ТКР. На рис. 3, Г–Е представлены клиновидные дислокации, обнажающиеся в левом (юго-восточном) борту р. Кур. Они накладываются на рыхлые песчано-галечные осадки неоплейстоцена-голоцена. Клинья этих сейсмодислокаций, препарированные водным потоком р. Кур, выполнены плотным, перетёртым глинистым материалом (глиной трения). Они контрастно выделяются на рыхлом грубообломочном фоне вмещающих их осадков. Галька у контактов с клиньями СД подвернута до вертикали, подчеркивая их морфологию и, соответственно, характер сформировавшихся этот клин напряжений сжатия с направленным вертикально вниз вектором.

Широко развиты здесь и структуры голоценовых сейсмогенных выдвигов – небольших блоков палеозойского фундамента, внедрившихся из бортов ТКР в современное русло р. Кур с амплитудой до 10–20 м. Наиболее яркую из этих структур иллюстрирует рис. 3, Ж–З. Подобные выдвиги, развивающиеся в активных разломах в береговых уступах рек, характерны для всей окраины Азии. Автор наблюдал их в береговых уступах рек Амур, Хор, Амгунь и Мын, а также на абразионных уступах Шантарских островов, локализованных в узле

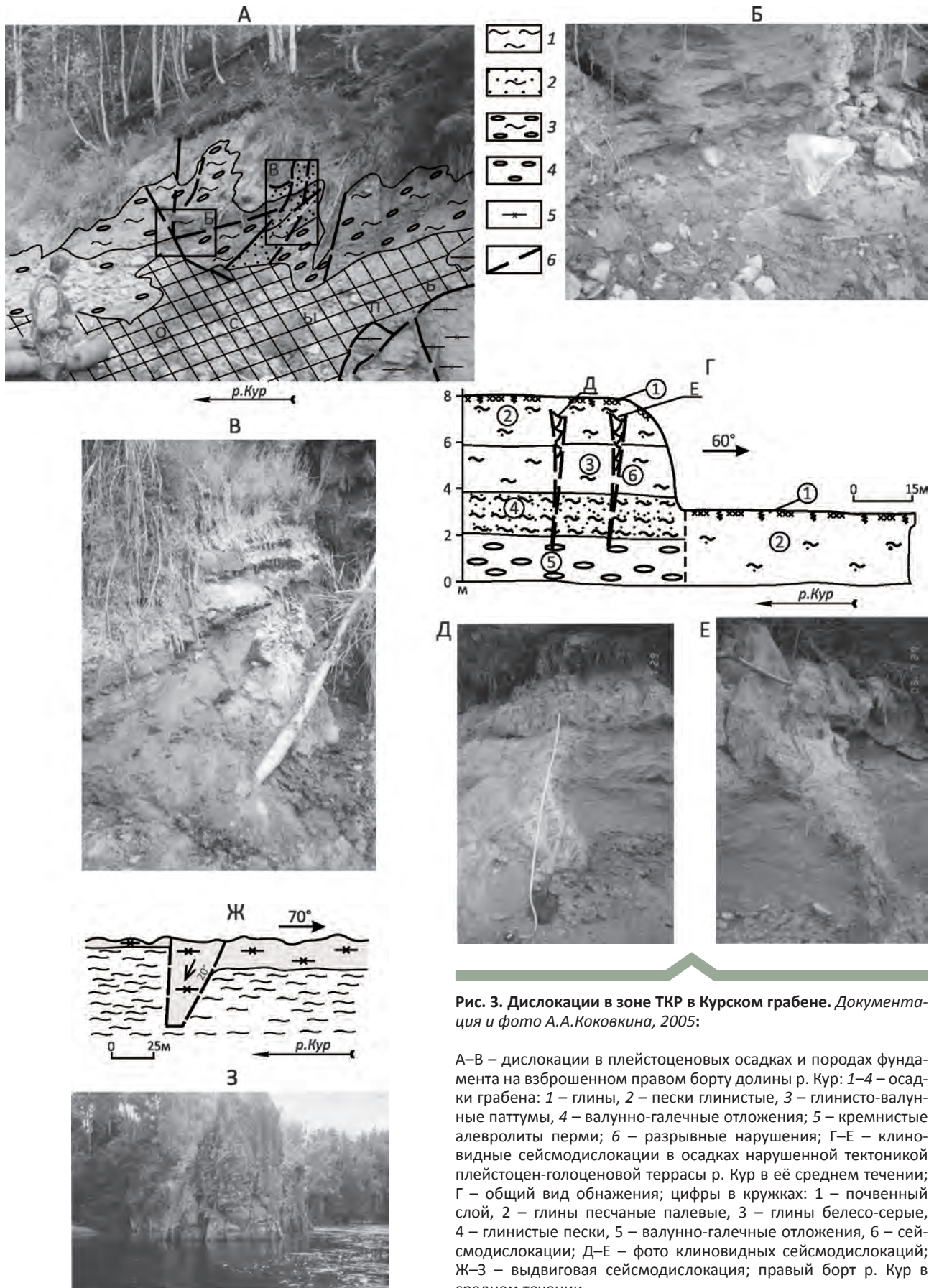


Рис. 3. Дислокации в зоне ТКР в Курском грабене. Документация и фото А.А.Коковкина, 2005:

А-В – дислокации в плейстоценовых осадках и породах фундамента на взброшенном правом борту долины р. Кур: 1-4 – осадки грабена: 1 – глины, 2 – пески глинистые, 3 – глинисто-валунные паттумы, 4 – валунно-галечные отложения; 5 – кремнистые алевролиты перми; 6 – разрывные нарушения; Г-Е – клиновидные сейсмодислокации в осадках нарушенной тектоникой плейстоцен-голоценовой террасы р. Кур в её среднем течении; Г – общий вид обнажения; цифры в кружках: 1 – почвенный слой, 2 – глины песчаные палевые, 3 – глины белесо-серые, 4 – глинистые пески, 5 – валунно-галечные отложения, 6 – сейсмодислокации; Д-Е – фото клиновидных сейсмодислокаций; Ж-З – выдвиговая сейсмодислокация; правый борт р. Кур в среднем течении

пересечения разломов Монголо-Охотской системы с разломами, контролирующими северное продолжение Амуро-Ханкайского рифтогена.

Модель формирования этих сейсмогенных выдвигов представлена в работе [8]. По этой модели в береговых уступах рек, озер и морей, вскрывающих борта активных разломов, действуют контрастные комплексные (плотностные, динамические, фазовые) барьеры, способствующие импульсной разгрузке накапливающихся в этих структурах напряжений сжатия. Одним из вариантов такой разгрузки и становятся «выдвиговые» структуры. Толчком к их формированию может стать любое из сейсмических событий, которыми насыщена активная окраинно-континентальная структура Востока Азии. В соответствии с закономерностями нелинейной геомеханики, заложенными М.А.Садовским и его последователями, «...даже малая амплитуда внешнего воздействия (например, микросейсм) может вызвать скачок деформации такого же порядка величин, что и вызываемые большой «пиковой» нагрузкой» [16, с. 89].

Севернее Биробиджана, к западу от зоны ТКР под влиянием разломов Намурхэ-Амурской системы отделился меридиональный *Тастахский* разлом. Здесь в него вложена современная долина р. Кукан. Далее к северу он взаимодействует с разломами *Инкоу-Хинганской зоны* (ИХР). В результате этого взаимодействия была существенным образом трансформирована вложенная в зону ИХР новейшая инверсионная структура *Верхне-Амгуньской* впадины. Характер развития структуры ИХР был исследован в работе [13].

Зона ИХР с системой её глубинных разломов северо-восточной ориентировки выглядит отчетливо несогласной по отношению к широтным и меридиональным разломным системам Альпийско-Гималайского и Тихоокеанского поясов соответственно. По-видимому, она образовалась в результате взаимодействия их мобильных систем, расколов при этом жёсткую структуру Буреинского массива. Заложена она была, вероятно, ещё в мелу, когда контролировала формирование вулканотектонических структур (ВТС) Сунхуацзян-Баджальской вулканической зоны [4]. ВТС этой зоны (Баджальская, Таланджинская, Каменушинская и др.) выполнены, преимущественно, образованиями поздне-меловой базальт-андези-риолитовой формации.

Моделирование ИХР показало, что в конце плейстоцена юго-западная часть её структуры с вложенной в неё Верхне-Амгуньской впадиной была смещена правосторонним сдвигом по северо-западному нарушению с амплитудой около 10 км. Вместе с ней были смещены и перекрывающие эту часть впадины плиоцен-четвертичные базальты Сулукского плато. Этот сдвиг – один из результатов воздействия Тастахского разлома на Инкоу-Хинганскую зону.

Всё отмеченное, так или иначе, указывает на высокую активность *современной* геодинамики взаимодействующих сдвиговых систем Тастахского и Инкоу-Хинган-

ского разломов. На глубинном уровне эту активность иллюстрируют данные по комплексному геофизическому профилю Свободный–Комсомольск-на-Амуре–мыс Сюркум, заимствованные из работы А.Н.Диденко с соавторами [18]. Этот региональный профиль субширотной ориентировки пересекает узел сочленения Тастахского разлома с зоной ИХР в районе Баджала. На профиле их сочленение выражено контрастным поднятием поверхности Мохо, пониженной плотностью коры и высокими (1080°–1100°С) значениями её изоготерм. Данная ситуация свидетельствует о сквозькором характере этого узла и, одновременно, о высокой активности его современной геодинамики с наличием здесь современного раздвигового режима.

К северу от ИХР Тастахский разлом деформирует восточный борт *Буреинского прогиба*. Проведённые ранее реконструкции [6, 17] показали, что прогиб, выполненный слаболитифицированными юрско-меловыми осадками мелкого моря, представляет собой *реликтовую* структуру – фрагмент крупного поздне-мезозойского окраинно-континентального (задугового) бассейна Тихоокеанской впадины. Она была отчленена от этого бассейна в позднем мелу–палеоцене в результате наращивания континентальной коры на востоке Азии, вызванного активизацией орогенеза. В конце новейшего этапа под влиянием очередной активизации орогенных процессов прогиб был дополнительно деформирован. В центре его, где преобладают тонко-обломочные осадки, была сформирована система линейных и купольных складок в комбинации с флексурами и разрывными нарушениями. Слабая выраженность дислокаций в осадках восточной части прогиба объясняется спецификой их литологии. По данным геологосъёмочных и поисковых работ [6, 15] доминируют слаболитифицированные конгломераты и гравелиты юры, которые наименее компетентны для развития в них необратимых деформаций. В этой грубообломочной среде напряжения сжатия разгружаются «на объём». Однако в прибортовых восточной и юго-восточной частях этой реликтовой структуры имеются ярко выраженные признаки масштабных сдвиг-надвиговых дислокаций. В целом характер современного состояния структуры Буреинского прогиба свидетельствует о воздействии на неё достаточно мощного пресса с востока и юго-востока со стороны новейших сдвиговых систем Тастахского и Инкоу-Хинганского разломов.

Представленные сведения свидетельствуют о высокой активности зон Танлу-Курского и Тастахского разломов на всём новейшем этапе их развития, и в том числе на его завершающей голоценовой стадии. Обе разломные структуры расположены на границе древнего жёсткого блока Буреинского массива с образованиями мобильной мезозойско-кайнозойской Сихотэ-Алинской системы и вложенным в неё новейшим Амуро-Ханкайским рифтогеном. Такие градиентные обстановки представляют собой контрастные



Рис. 4. Распределение эпицентров коровых землетрясений в структуре востока Азии на фрагменте с Танлу-Курским и Тастахским разломами. Из каталога землетрясений России за 2013 г. [20]

барьерные зоны, на которых разгружаются накопленные в коре напряжения сжатия [9]. Эту разгрузку здесь осуществляют разломы Иланьской ветви Танлу, развивающиеся в напряжённом знакопеременно-сдвиговом режиме. В процессе своего развития при взаимодействии с разломами других систем они насыщаются инверсионными структурами и становятся источниками землетрясений.

Последнее подтверждается характером *современной сейсмичности* рассматриваемой территории (рис. 4). Градиентная обстановка, к которой приурочена Иланьская ветвь, насыщена роями гипоцентров землетрясений, приуроченных к узлам сочленения её разломов с другими разломными системами. В пределах Средне-Амурской впадины два таких роя контролируются узлами сочленения зоны ТКР с широтными разломами

Намурхэ-Амурской системы. Севернее очередной рой землетрясений приурочен к Тастахскому разлому. Смещение этих роев относительно разломов Иланьской ветви можно объяснить отклонением от вертикали плоскостей разломов и осей их сочленения с другими разломами. Выраженный контроль роев землетрясений узлами пересечения разломов отражает активность современного состояния их длительного, сложноорганизованного знакопеременно-сдвигового взаимодействия.

Самое крупное за период наблюдений землетрясение интенсивностью около 8 баллов с эпицентром в районе Баджалского хребта в узле сочленения Тастахского и Ингоу-Хинганского разломов произошло в 1888 г. В каталоге И.Мушкетова и А.Орлова оно зафиксировано под номером 2524 лаконичной записью: «В том же (1888) году 11-го (23) августа было землетрясение в Хабаровске и на протяжении 400 в. по течению р. Амура» [14].

В заключение отметим, что приведённые сведения по Иланьской ветви Танлу дают представление о характере её развития на новейшем этапе, с определённым акцентом на завершающую (голоценовую) стадию, о формировании внутренней структуры этой ветви и о взаимодействии её разломов с разломами других систем. При этом обозначено влияние этого взаимодействия на развитие всей окраинно-континентальной структуры востока Азии. В процессе работы над статьёй получена дополнительная информация по механизму знакопеременного сдвига и по его геологическим индикаторам – инверсионным структурам. Разработанная ранее модель инверсионного поднятия была подкреплена новыми доказательствами. Сформулируем основные выводы по проведённым исследованиям:

1. Иланьская ветвь Танлу, представленная на российской территории Танлу-Курским и Тастахским разломами, – это глубинная структура с выраженными признаками мантийного заложения и одна из самых активно развивавшихся на новейшем этапе структур Тихоокеанского подвижного пояса.

2. Иланьская ветвь развивалась в активном знакопеременно-сдвиговом режиме с омоложением к северо-востоку. На российском фрагменте характер её новейшего развития подчеркнут наличием в ней соответствующих по возрасту инверсионных структур, тектонических и сейсмогенных дислокаций.

3. Танлу-Курский разлом при взаимодействии с другими разломными системами определил ход структурирования западной краевой зоны Средне-Амурской впадины.

4. В процессе взаимодействия с Намурхэ-Амурской разломной системой разлом был фрагментирован и превращён в сложно построенную зону, насыщенную инверсионными поднятиями. Бескорневой характер этих поднятий ярко выражен на профиле МТЗ, пересекающем инверсионное поднятие Малые Чурки.

5. Севернее Биробиджана от зоны ТКР под воздействием широтных разломов Намурхэ-Амурской системы отделился Тастахский разлом. Олигоцен-четвертичная инверсионная структура Курского грабена, вложенная в северо-восточное продолжение ТКР, активно ведёт себя и в голоцене. Она была деформирована голоценовой тектоникой и сеймотектоникой.

6. Тастахский разлом, взаимодействуя с разломами Инкоу-Хинганской зоны, трансформировал новейшую структуру Верхне-Амгуньской впадины и позднемезозойскую структуру Буреинского прогиба.

7. Современная активность узлов сочленения разломов Илань с другими разломными системами подчеркнута приуроченностью к этим узлам роев гипоцентров коровых землетрясений.

8. Яркая выраженность структур Танлу-Курского и Тастахского разломов в окраинно-континентальной структуре востока Азии и их доступность выдвигают эти структуры в качестве высокоинформативных междисциплинарных исследовательских полигонов. На них может быть изучен механизм внутреннего структурирования разломов с особенностями взаимодействия разломных систем разной ориентировки.

Автор благодарит за подготовку электронных версий рисунков к статье сотрудников лаборатории «Сейсмологии и сеймотектоники» ИГиГ ДВО РАН О.Н.Колягину и Н.В.Сатонину. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-го проекта № 16-05-00097.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бормотов В.А., Меркулова Т.В.* Кайнозойский этап развития северной ветви Танлу-Охотской рифтовой системы: глубинное строение и сейсмогеодинамика // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. №1. С. 26–41.
2. *Варнавский В.Г., Кириллова Г.Л.* Атлас структурно-литологических карт кайнозойских осадочных бассейнов Востока СССР. – Хабаровск, 1998.
3. *Васькин А.Ф.* Государственная геологическая карта Российской Федерации (третье поколение). Масштаб 1:1000 000. Лист М-53 (Хабаровск). 2006.
4. *Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий.* Масштаб 1: 2 500 000. Объяснительная записка / Л.И.Красный, А.С.Вольский, Пэн-Юньбяо и др. – С-Пб.–Благовещенск–Харбин, 1999.
5. *Каплун В.Б.* Геоэлектрические разрезы северо-западного борта Средне-Амурского осадочного бассейна (Дальний Восток) по данным магнитотеллурического зондирования // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33. № 6. С. 50–62.
6. *Коковкин А.А.* Геодинамическая модель кайнозойского этапа развития континентальной коры юга Дальнего Востока России и уран-полиэлементное рудообразование / Автореф. д-р геол.-минер. наук. – М: РИС ВИМС, 2007. <http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/>. <http://www.dissercat.com/>.

7. *Коковкин А.А.* Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена: эволюционная модель // Региональная геология и металлогения. № 52. 2012. С. 39–48.
8. *Коковкин А.А.* Комплексная эволюционная модель новейшей инверсионной структуры Хабаровско-Хехцирской системы поднятий // Отечественная геология. № 4. 2013. С. 32–41.
9. *Коковкин А.А.* Сейсмогеодинамика новейших структур Востока Азии: волновая модель / Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения: мат-лы всерос. конф., 17–20 сентября 2013, Хабаровск / Отв. ред. А.Н.Диденко, Ю.Ф.Манилов. – Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 404–407.
10. *Коковкин А.А.* Эоцен-голоценовая эволюция Синегорской рудномагматической системы (Южное Приморье) // Региональная геология и металлогения. № 59. 2014. С. 80–88.
11. *Коковкин А.А.* Эволюция новейшей окраинно-континентальной структуры Намибии и структура-антипод Востока Азии. Опыт междисциплинарного исследования на синергетической основе. – Саратов: Приволжская книжная палата, 2014.
12. *Коковкин А.А.* Волновая модель структурирования континентальной коры Востока Азии (на пути к парадигме волновой нелинейной геодинамики) // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ: мат-лы XLVIII тектонического совещания. Т. 1. – М.: ГЕОС, 2016. С. 248–252.
13. *Коковкин А.А.* Особенности новейшего этапа развития зоны Инкоу-Хинганского разлома // Региональная геология и металлогения. № 68. 2016. С. 42–51.
14. *Мушкетов И., Орлов А.* Каталог землетрясений Российской Империи. Записки Императорского русского географического общества. Т. XX-VI. – Санкт-Петербург, 1893.
15. *Путинцев В.К.* Геологическая карта СССР. Лист N-52(53). Зей (Новая серия). Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. – Л., 1985.
16. *Садовский М.А., Писаренко В.Ф.* Сейсмический процесс в блоковой среде. – М.: Наука, 1991.
17. *Сейсмогеодинамика*, активные тектонические структуры и сейсмический процесс на востоке Азии / В.Г.Быков, В.А.Бормотов, А.А.Коковкин и др. // Изменение окружающей среды и климата природные и связанные с ними техногенные катастрофы: в 8 томах. Т. 1. Сейсмические процессы и катастрофы. – М.: ИФЗ РАН, 2008. С. 44–65.
18. *Структура литосферы и мезозойская геодинамика востока Центрально-Азиатского складчатого пояса* / А.Н.Диденко, В.Б.Каплун, Ю.Ф.Мальшев, Б.Ф.Шевченко // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 5. С. 29–47.
19. *Atlas of active faults in China.* Chinese working group of the project 206. Seismological press, 1989.
20. <http://www.wdcb.ru/sep/seismology/seismology.ru.html>

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РИСУНКОВ

Рисунки и другие графические материалы представляются в цветном или черно-белом варианте в электронном виде. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала (170x237 мм). Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: графический редактор Corel Draw, JPEG и TIFF (только для фото), диаграмма Microsoft Excel. Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения. **Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.